

## การผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์หลังคายางธรรมชาติและไม้พีวีซีจากผงซีลี้อยไม้ยางพารา (Production and Development of Natural Rubber Roofs and PVC Wood from Wood Sawdust Particles)

ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติสมภพ, นายจักริน พรหมจรัส, นายเสกสรร อินทร์ฤทธิ์,  
นายเอกชัย วิมลมาลา, นายชัชวาลย์ กันทะลา

กลุ่มวิจัยการผลิตและขึ้นรูปพอลิเมอร์ (P-PROF) สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานและวัสดุ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จังหวัด กรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10140  
โทรศัพท์ 0-2470-8645 โทรสาร 0-2470-8614 Email : [nerongrit.som@kmutt.ac.th](mailto:nerongrit.som@kmutt.ac.th)

### บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ได้มีการนำผงซีลี้อยไม้ยางพารานำมาผสมกับพีวีซีเพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้เทียมและผสมกับยางธรรมชาติเพื่อเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์หลังคายางพารา โดยมีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

สำหรับการนำผงซีลี้อยไม้ยางพารามาใช้ร่วมกับพีวีซีเพื่อผลิตเป็นไม้พีวีซี ทางบริษัท วี.พี.พลาสติก โปรดักส์ (1993) จำกัด ร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีในการทำวิจัยในระยะที่ 2 ของการวิจัยการใช้ซีลี้อยไม้ยางพาราเป็นสารตัวเติมลงใน PVC โดยขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุผสม PVC กับซีลี้อยไม้ยางพารา งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการเพิ่มปริมาณซีลี้อยไม้ยางพาราและเคลือบให้สูงขึ้นถึง 50%wt ในการผสมกับ PVC และทำการปรับปรุงสมบัติความแข็งแรง สมบัติความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุผสม PVC กับเส้นใยธรรมชาติ โดยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) บริษัท วี.พี.พลาสติก โปรดักส์ (1993) จำกัด และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) ผลงานวิจัยในระยะนี้ได้ข้อสรุปว่า การเพิ่มปริมาณซีลี้อยไม้ยางพาราที่ผสมลงใน PVC สามารถทำการเพิ่มปริมาณซีลี้อยไม้ยางพาราจาก 33.33 เป็น 50%wt โดยใช้สารคู่ควบชนิด Silane เพื่อช่วยไม่ให้เกิด Shark skin ในระหว่างการผลิต และพบว่าสารควบคู่ในปริมาณ 0.99-1.48%wt ของซีลี้อยไม้ยางพารา เหมาะสมกับวัสดุผสมพีวีซีที่ 33.33 และ 50%wt ของซีลี้อยไม้ยางพารา โดยต้องใช้ร่วมกับสารหล่อลื่น 0.89%wt เพื่อลดปัญหา Shark skin แกลบเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้เป็นสารตัวเติมในวัสดุผสม PVC ซึ่งให้สมบัติความต้านทานแรงดึงที่ดีกว่า วัสดุผสมพีวีซีกับซีลี้อยไม้ยางพารา การปรับปรุงสมบัติความต้านทานแรงกระแทกของวัสดุผสม PVC กับเส้นใยธรรมชาติ ใช้สารปรับปรุงสมบัติความต้านทานแรงกระแทกชนิด CPE และ Acrylic พบว่า CPE ปริมาณ 7.41%wt เหมาะกับการใช้สำหรับวัสดุผสม PVC ที่ปริมาณซีลี้อยไม้ยางพารา 33.33%wt ถึง 50%wt สำหรับสารปรับปรุงสมบัติความต้านทานแรงกระแทกชนิด Acrylic ปริมาณที่เหมาะสมลดลงเหลือ 3.85%wt สำหรับการเติมสารตัวเติมสมบัติของวัสดุผสมที่ใช้สารปรับปรุงสมบัติความต้านทานแรงกระแทกชนิด Acrylic จะให้สมบัติที่ดีกว่าการใช้ CPE ผลสรุปของงานวิจัยได้สูตรต่างๆ ของวัสดุผสมที่นักวิจัยนำเสนอให้กับทางบริษัท วี.พี.พลาสติก โปรดักส์ (1993) จำกัด โดยในแต่ละสูตรสามารถเลือกไปทำการผลิตได้โดยคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และราคา (ราคาของผลิตภัณฑ์)

สำหรับการนำผงซีลี้อยไม้ยางพาราเป็นตัวเสริมแรงและสารเพิ่มเนื้อใช้ร่วมกับยางธรรมชาติเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลังคายางพารา โดยพบว่าที่ปริมาณผงซีลี้อยไม้ยางพารา 40-80 phr มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้โดยผลิตภัณฑ์ยางที่พัฒนาจะอยู่ในรูปของยางแข็ง (Ebonite Rubber) โดยมีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ที่ 20-30 phr การใช้ผงซีลี้อยไม้ยางพาราเป็นส่วนประกอบในหลังคายางพารา นอกจากจะลดต้นทุนการผลิตแล้ว ยังสามารถเพิ่มความแข็งแรงและความแข็งที่ผิวของผลิตภัณฑ์โดยรวม ซึ่งสมบัติดังกล่าวนี้จะดียิ่งขึ้น หากทำการปรับปรุงผิวของผงซีลี้อยไม้ยางพาราโดยใช้สารคู่ควบ และใช้เทคโนโลยีการทำยางให้เป็นยางแข็ง (Ebonite Rubber) กล่าวโดยสรุป คือ หลังคายางธรรมชาติในรูปของยางแข็ง (Ebonite Rubber) ที่มีส่วนผสมของผงซีลี้อยไม้ยางพารา ที่ได้ผ่านการปรับปรุงผิวทางเคมีแล้ว ประกอบกับการปรับปรุงสูตรยางโดยใช้สารเพิ่มเสถียรภาพต่างๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังคายางพาราที่พัฒนาขึ้น สามารถทนทานต่อแรงกระทำภายนอก (แรงดึง การกระแทก แรงเฉือน ทนต่อการขีดข่วน) และสภาวะแวดล้อมขณะใช้งาน (ความร้อนและแสง UV) ได้เป็นอย่างดี เหมาะสมสำหรับการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์หลังคายางธรรมชาติ ที่สามารถใช้ทดแทนการใช้กระเบื้องหลังคาทั่วไป เพราะผลิตภัณฑ์ยางผสมผงซีลี้อยไม้ยางพาราที่ได้ยังมีสมบัติด้านความเป็นฉนวนความร้อนที่ดีกว่ากระเบื้องทั่วไป



## การประชุมวิชาการ “พื๋นยางไทยให้ยังยืน”

### Abstract

This work involves making use of wood sawdust particles as a filler in PVC and natural rubber compounds for manufacturing PVC wood and natural rubber roofs, respectively, whose details are described below:

The V.P. Plastics Products (1993) Co., Ltd. (as VP) with assistance of King Mongkut's University of Technology Thonburi (as KMUTT) to conduct a second phase of the research work to use the wood sawdust particles as a filler in PVC, this forming PVC-Wood Composite products. This study was aimed to increase the content of the wood sawdust and rice husk particles up to 50%wt in PVC matrix and to improve the strength and impact properties of the composites by introducing chemical coupling agents and impact modifiers in the composites, respectively. This work was financially supported by the Thailand Research Fund (as TRF), V.P. Plastics Products (1993) Co., Ltd. and the King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT). The results suggested that the content of wood sawdust particles added into PVC could be increased from 33.33 to 50.00%wt by introducing various silane coupling agents without sharkskin effect during processing. It was found that the coupling agent at 0.99-1.48% wt of sawdust was suitable for PVC composites with 33.33 and 50.00%wt sawdust particles. The recommended formulation must be accommodated with 0.89% wt lubricant to reduce sharkskin effect. Rice husk was found to be an alternative filler for PVC composites which gave better tensile strength than PVC with sawdust particles for a given concentration. The impact properties of PVC with natural fibers were improved using CPE and acrylic based impact modifiers. It was found that 7.41%wt CPE was suitable for PVC composites having sawdust particles of 33.33-50.00%wt. When the acrylic based impact modifier was used, the content to be added was reduced to 3.85%wt. For a given filler content, the properties of the composites with acrylic based impact modifier was better than those with CPE modifier. To summarize all the work conducted in this project, different composite formulations were offered to the V.P. Plastics Products Co. Ltd, as listed below. Each formulation could be selected for production by taking account into the quality of the products and cost (product price).

For natural rubber-sawdust composite roofs, it was found that the sawdust particle contents of 40-80 phr were suitable for making hard or ebonite natural rubber roofs, the sulphur contents of 20-30 phr being used in this case. Introducing the sawdust particles into the natural rubber compounds not only reduced the production cost, but also increased the stiffness and hardness of the roof products. The stiffness and hardness could be even enhanced through uses of silane coupling agent and rubber ebonite technology. In addition, by including stabilizing agents such as heat and UV stabilizers the rubber-sawdust composites could be used as effective rubber roofs to replace conventional roofs. Finally, it was found that rubber-sawdust composite roofs had better thermal insulation property than the conventional roofs.

### Keywords

**คำสำคัญ** : ยางธรรมชาติ พอลิไวนิลคลอไรด์, ผงขี้เลื่อยไม้ยางพารา, ยางแข็ง, เฟอร์นิเจอร์ไม้

**Keywords** : Natural rubber, PVC, Wood Sawdust, Ebonite Rubber, Rubber roofs, Wood furniture.

### ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ที่มีปริมาณมากในประเทศ และไม่ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์เท่าที่ควร ทางคณะวิจัยฯ จึงมีแนวความคิดที่เพิ่มมูลค่าของเศษวัสดุขี้เลื่อยไม้ยางพารา และลดปริมาณของเหลือใช้ในธรรมชาตินี้ ประกอบกับความคิดที่ต้องการใช้ยางธรรมชาติภายในประเทศ เพิ่มผลิตเป็นวัสดุใหม่ฯ และเพิ่มมูลค่ายางพารา และยังเป็นแนวทางในการช่วยลดปริมาณการใช้วัสดุสังเคราะห์ ดังนั้น จึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุขี้เลื่อยไม้ยางพารามาผสมกับวัสดุพีวีซี และยางธรรมชาติ โดยมีความพยายามที่จะใช้เศษขี้เลื่อยไม้ยางพาราเป็นวัสดุหลัก

ซึ่งในปัจจุบันอุตสาหกรรมบริการไม้ไม่มีเป็นจำนวนมาก และมีความก้าวหน้าเจริญเติบโตทางการค้าอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ภายในอาคารบ้านเรือน เช่น โต๊ะเก้าอี้ กรอบประตู หน้าต่าง เป็นต้น เนื่องจากไม้มีความสวยงามและ

มีความแข็งแรง ถึงแม้ว่าจะมีปัญหาเรื่องการดูดซับน้ำที่มาก และอาจผุกร่อนด้วยปลวกและแมลงต่างๆ และประกอบกับความต้องการในการใช้ไม้ที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีการตัดไม้ทำลายป่ามากขึ้น ส่วนใหญ่ไม้ที่นำมาใช้เป็นวัสดุติดนั้นเป็นประเภทไม้ยางพารา รองลงมาอยู่ในกลุ่มพวกซันฮ้อย ไม้ยูคาลิปตัส ตามลำดับ โดยมีการนำไปผลิตเป็นไม้แผ่นชนิดต่างๆ อาทิเช่น ไม้อัด (Plywood) แผ่นใยไม้อัดแข็ง (Hardboard) แผ่นไม้ปาร์ติเคิล (Particleboard) และแผ่นเอ็มดีเอฟ (Medium Density Fiberboard) ซึ่งพบว่ากำลังการผลิตไม้แผ่นที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์มีมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าได้มีการศึกษาและวิจัยการนำวัสดุอื่นมาทดแทนไม้ หรือที่เรียกว่าไม้เทียม ซึ่งผลิตภัณฑ์ไม้เทียมจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายไม้ แต่มีคุณสมบัติอื่นๆ ที่แตกต่างกันออกไป เช่น มีการต้านทานการดูดซับน้ำมากขึ้น ไม่มีปัญหาเรื่องการผุกร่อนจากปลวกและแมลง ทนทานต่อการแตกหักเมื่อตกตะปู เป็นฉนวนความร้อนที่ดีขึ้น และมีน้ำหนักเบาขึ้น เป็นต้น

ส่วนทางด้านยางธรรมชาติ ในปัจจุบันนี้ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยมีส่วนแบ่งในตลาดโลกประมาณ 30% และมีการส่งออกยางธรรมชาติประมาณ 90% ของผลผลิต ขณะเดียวกันอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง ซึ่งใช้ยางธรรมชาติที่ผลิตได้ประมาณ 10% ของผลผลิต ร่วมกับยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber) ซึ่งนำเข้ามาในรูปของยางชนิดต่างๆ อุตสาหกรรมนี้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อใช้งานในประเทศและการส่งออก ซึ่งจากมูลค่าการส่งออกยางธรรมชาติและการส่งออกผลิตภัณฑ์ยาง และเป็นที่น่าสังเกตว่าการส่งออกเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเพียงบางส่วน คือ ประมาณ 10% ของการผลิตรวม ดังนั้น จึงเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปมีความสำคัญ สามารถเพิ่มมูลค่าให้ยางดิบได้ จึงควรได้รับการผลักดันสนับสนุนการขยายตัวของอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางเป็นอย่างมาก รัฐบาลไทยได้มีนโยบายอย่างชัดเจนในการส่งเสริมให้มีการใช้ยางธรรมชาติเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก ด้วยเหตุจูงใจเหล่านี้ ทางคณะวิจัยฯ จึงมีแนวความคิดที่จะทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมระหว่างยางธรรมชาติและผงซีลี้อย่างพารา เพื่อพัฒนาเป็นวัสดุผสมหลังค้ายางธรรมชาติ (Natural Rubber Roofs) ที่มีสมบัติการใช้งานที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สมบัติด้านความสามารถในการขึ้นรูปสมบัติทางกล และกายภาพ และสมบัติการทนทานต่อสภาวะอากาศน้ำ และแสง รวมถึงสมบัติทางด้านการนำความร้อน นอกจากนี้ ยังมีเป้าหมายที่จะลดต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์โดยการนำเส้นใยธรรมชาติ (ซีลี้อย่างพารา) ที่เหลือจากกระบวนการผลิตและแปรรูปไม่มาใช้ร่วมกับยางธรรมชาติ โดยในขอบเขตของงานวิจัยนี้ จะเน้นถึงการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ (จริง) จากของผสมยางธรรมชาติและซีลี้อย่างพารา

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผงซีลี้อย่างพาราผสมกับพีวีซี เพื่อพัฒนาวัสดุผสมเป็นผลิตภัณฑ์ไม่เทียมพีวีซี และนำมาผสมกับยางธรรมชาติ เพื่อพัฒนาวัสดุผสมเป็นผลิตภัณฑ์หลังค้ายางพารา
2. เพื่อเพิ่มชนิดของผลิตภัณฑ์จากยางพาราและเพิ่มมูลค่ายางพารา และนำผลงานวิจัยมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สู่ภาคเอกชนที่สนใจและต้องการนำไปทดลองผลิตจริง อันจะเป็นแนวทางสนับสนุนการผลิตผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติโดยผ่านกระบวนการวิจัยจากหน่วยงานภาครัฐ
3. เพื่อส่งเสริมนโยบายการนำวัสดุที่ใช้แล้วมาหมุนเวียนใช้ใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดปริมาณการใช้วัสดุสังเคราะห์และเพิ่มปริมาณการใช้วัสดุธรรมชาติ

### วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการวิจัย

#### กรณีการนำผงซีลี้อย่างพารามาผสมในพีวีซีเพื่อผลิตเป็นไม่เทียมพีวีซี

องค์ประกอบของวัสดุผสมที่ใช้ ประกอบด้วย พีวีซี ปริมาณ 100 phr เป็นเรซินแบบแขวนลอย (Suspension resin) ที่เหมาะสำหรับการนำ

มาผลิตกรอบหรือบานประตูหน้าต่าง ผงซีลี้อย่างพาราปริมาณ 70-100 phr โดยขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วงประมาณ 200-300 ไมครอน โดยควบคุมความชื้นไม่เกิน 5% โดยน้ำหนัก สารเพิ่มความเหนียว PVC เช่น Emulsion PVC ทำหน้าที่เป็นสารช่วยเพิ่มความทนแรงกระแทก (Impact modifier) สารเพิ่มความเสถียรทางความร้อนที่ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความเสถียรทางความร้อน สารหล่อลื่นที่ทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่นภายนอก แคลเซียมคาร์บอเนตชนิดปรับปรุงผิวที่เติมลงไปเพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความคงทนต่อการสลายตัวของ PVC ขณะขึ้นรูป สารช่วยผลิต (Processing aids) ทำให้มีการหลอมตัวและมีความเป็นเนื้อเดียวกันเร็วขึ้น สารคู่ควบ (Coupling agent) เป็นสารประเภท Silane Coupling agent ทำหน้าที่เป็นสารช่วยยึดเกาะระหว่างพีวีซีกับเส้นใยธรรมชาติ ช่วยให้สามารถทำการผลิตวัสดุผสมที่มีการเติมเส้นใยธรรมชาติในปริมาณมากๆ ได้ และสารปรับปรุงสมบัติความต้านทานแรงกระแทกที่ทำหน้าที่เพิ่มสมบัติการรับแรงกระแทก และเพิ่มความเหนียวไม่ให้เกิดผลิตภัณฑ์แตกหักง่าย

การผลิตเริ่มต้นจาก การนำส่วนผสมนี้ไปผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมความเร็วรอบสูง จนทำให้มีการกระจายตัวเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำส่วนผสมนี้ไปเข้าสู่เครื่องอัดรีดแบบเกลียวนอนนคู่ โดยใช้อุณหภูมิในช่วงใกล้ Hopper (โซนที่ 1) 145-150 องศาเซลเซียส โซนที่ 2 ที่ 150-155 องศาเซลเซียส โซนที่ 3 ที่ 155-160 องศาเซลเซียส โซนที่ 4 ที่ 160-165 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบของสกรู 60-65 rpm เครื่องอัดรีดที่ใช้ควรมีระบบการระบายอากาศที่ดีด้วย เนื่องจากส่วนประกอบของวัสดุผสมที่นำมาใช้ขึ้นรูปนั้น อาจมีความชื้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการทำให้วัสดุผสมถูกอัดรีดออกมาไม่สม่ำเสมอ และอาจทำให้เกิดการไหม้ของพีวีซีในเครื่องอัดรีดด้วย สำหรับวัสดุผสมพีวีซีกับเส้นใยธรรมชาติที่อัดรีดออกมาจะถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องปรับขนาดและรูปร่าง (Sizing) และทำให้คงรูปด้วยน้ำหล่อเย็น

#### กรณีการนำผงซีลี้อย่างพารามาผสมในยางธรรมชาติเพื่อผลิตเป็นหลังค้ายางพารา

องค์ประกอบของวัสดุผสมที่ใช้ ประกอบด้วยยางธรรมชาติปริมาณ 100 phr ในงานวิจัยใช้เกรด STR 5L และผงซีลี้อย่างพาราที่ปริมาณ 40-80 phr โดยขนาดของอนุภาคและการควบคุมความชื้นใช้สภาวะเหมือนกับงานวิจัยไม่เทียมพีวีซี การใส่ผงซีลี้อย่างพาราเพื่อเพิ่มสมบัติด้านความแข็งแรงและเพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ให้เพิ่มมากขึ้น และยังสามารเพิ่มเนื้อของผลิตภัณฑ์ด้วย เป็นการลดปริมาณการใช้ยางธรรมชาติที่มีราคาสูงกว่า (ผงซีลี้อย่างพารา) ตลอดจนยังมีสารเติมแต่ง (Additive) ต่างๆ อาทิเช่น สารตัวเร่ง ตัวกระตุ้น สารคงรูป สารตัวเติม เพื่อเพิ่มความแข็งแรง สารตัวเติมเพื่อปรับปรุงเสถียรภาพของยาง เป็นต้น สารคู่ควบ (Coupling agent) เป็นสารประเภท Silane Coupling agent ทำหน้าที่เป็นสารช่วยยึดเกาะระหว่างยางธรรมชาติกับเส้นใยธรรมชาติ และยังสามารเพิ่มสมบัติทางด้านความแข็งแรงและความแข็งแรงที่ผิวให้ดีขึ้น

การผลิตเริ่มต้นจาก การเตรียมยางธรรมชาติ และ Additive ที่สัดส่วนต่างๆ โดยเริ่มจากนำยางธรรมชาติบดโดยเครื่องบดผสมลูกกลิ้งคู่

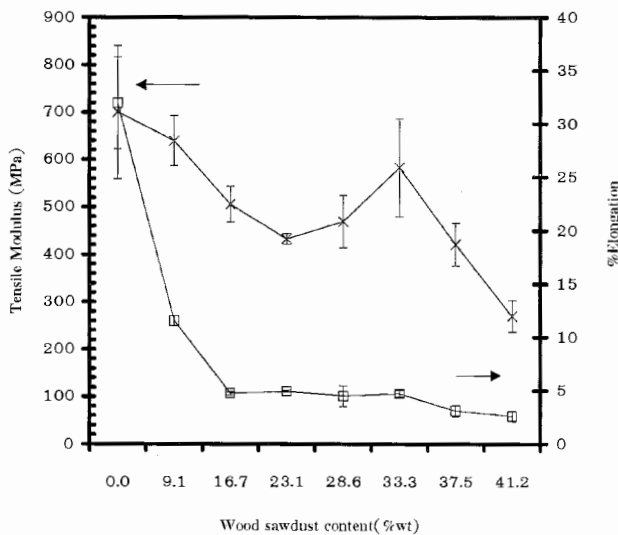


# การประชุมวิชาการ “พืชนยางไทยให้ยั่งยืน”

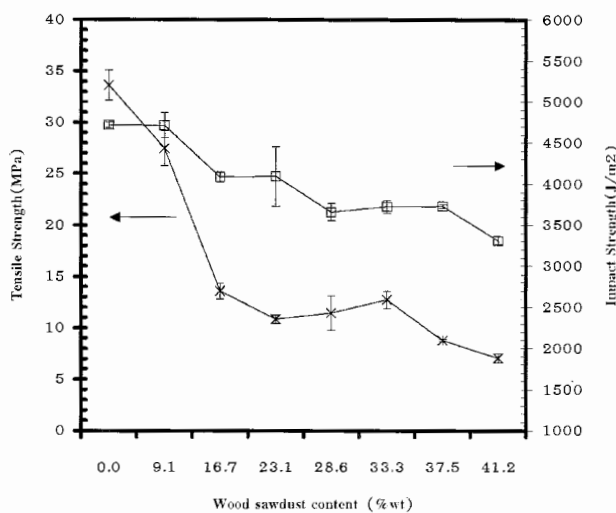
(Two roll mill) เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้โมเลกุลของยางสั้นลง ทำให้ง่าย มีความนิ่ม เพื่อที่จะใส่สารเติมแต่งได้ง่ายขึ้น และทำการเติม Additive และสารเสริมแรงต่างๆ ลงในยาง โดยใช้เวลาในการผสม 40 นาที และนำยางที่บดผสมแล้วมาหาเวลาคงรูป และอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยใช้เครื่อง ODR (Oscillating Die Rheometer) และนำไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงาน โดยเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน (Compression Moulding) ที่อุณหภูมิขึ้นรูป 160°C และนำชิ้นงานทดสอบไปทดสอบสมบัติด้านต่างๆ อาทิ เช่น ทนแรงดึง ทนการกระแทก ทนต่อแรงเฉือน ทนต่อการขีดข่วน และสภาวะแวดล้อมขณะใช้งาน (ความร้อนและแสงUV) ตามมาตรฐานทดสอบต่างๆ

## สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย

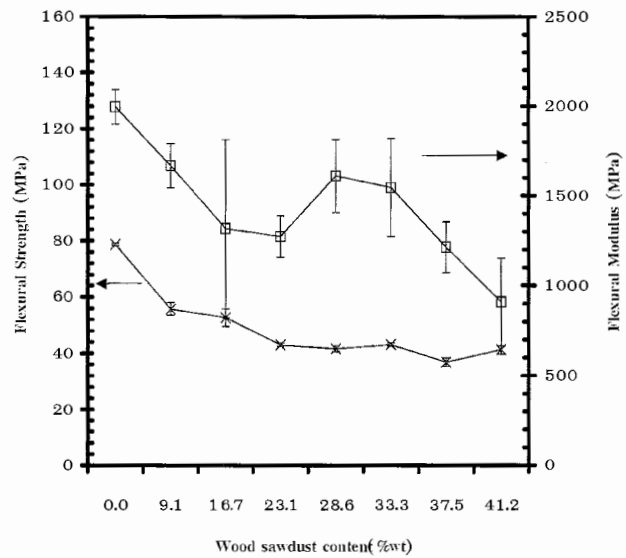
### ผลการทดลองวัสดุผสมพีวีซีกับซีลี้อยไม้ยางพารา



รูปที่ 1 โมดูลัสแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืดตัวกับปริมาณซีลี้อยที่เติมลงในพีวีซี



รูปที่ 2 ความต้านทานแรงดึงและความต้านทานแรงกระแทกกับปริมาณซีลี้อยที่เติมลงในพีวีซี



รูปที่ 3 ความต้านทานโค้งงอและโมดูลัสโค้งงอกับปริมาณซีลี้อยที่เติมลงในพีวีซี

### ประเภทและมาตรฐานการทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์

สำหรับการนำไปใช้งานของผลิตภัณฑ์พีวีซีกับซีลี้อยไม้ยางพารา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ไม้ การทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานดังนี้

- ▣ ทดสอบการทนต่อแรงดึงเอาวัสดุ เช่น ตะปู (ตามมาตรฐาน ASTM D6117-97)
- ▣ ทดสอบการทนต่อแรงกด (ตามมาตรฐาน ASTM D6108-97)
- ▣ ทดสอบการทนต่อการโค้งงอของพลาสติกที่เสริมแรงและไม่ได้เสริมแรง (ตามมาตรฐาน ASTM D6109-97)
- ▣ ทดสอบ Bulk density และ Specific Gravity (ตามมาตรฐาน ASTM D6111-97)

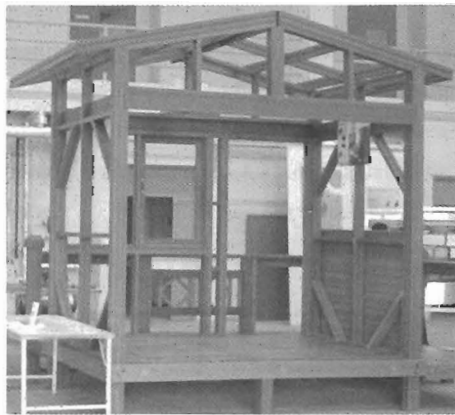
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบทางกลของผลิตภัณฑ์พีวีซีกับซีลี้อยไม้ยางพารา

| สมบัติและมาตรฐานการทดสอบ   | ผลการทดสอบ              |
|--|-------------------------|
| การทนต่อแรงดึงเอาวัสดุ เช่น ตะปู (ตามมาตรฐาน ASTM D6117-97)      |                         |
| ▣ การดึงตะปู   | 1440 N                  |
| ▣ การดึงตะปูเกลียว   | 1070 N                  |
| การทนต่อแรงกด (ตามมาตรฐาน ASTM D 6108-97)                        | 9 MPa                   |
| การทนต่อการโค้งงอของพลาสติก (ตามมาตรฐาน ASTM D6109-97)           | 1 MPa                   |
| ค่า Bulk density และ Specific Gravity (ตามมาตรฐาน ASTM D6111-97) |                         |
| ▣ Bulk density   | 1.166 g/cm <sup>3</sup> |
| ▣ Specific Gravity   | 1.169                   |

การใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวัสดุผสมพีวีซีกับซีลี้อยไม้ยางพารา



รูปที่ 4 ผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมพีวีซีกับซีลี้อยไม้ยางพาราเป็นวัสดุตกแต่งสวนหย่อม



รูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมพีวีซีกับซีลี้อยไม้ยางพาราเป็นโครงสร้างบ้านไม้เทียม (เสาไม้, คานไม้, วงกบประตู, วงกบหน้าต่าง, พื้นไม้, ไม้ฝา ฯลฯ)



รูปที่ 6 ผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมพีวีซีกับซีลี้อยไม้ยางพาราเป็นศาลาพักผ่อนในสวนหน้าบ้าน



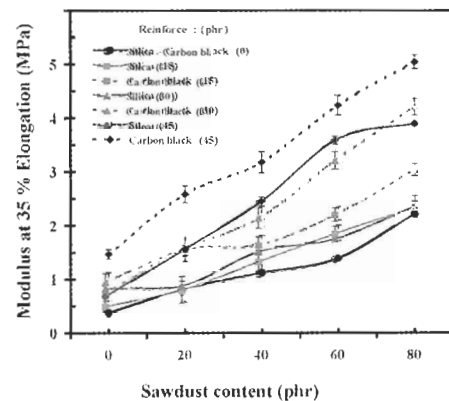
รูปที่ 7 ผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมพีวีซีกับซีลี้อยไม้ยางพาราเป็นโต๊ะสำหรับทานอาหาร



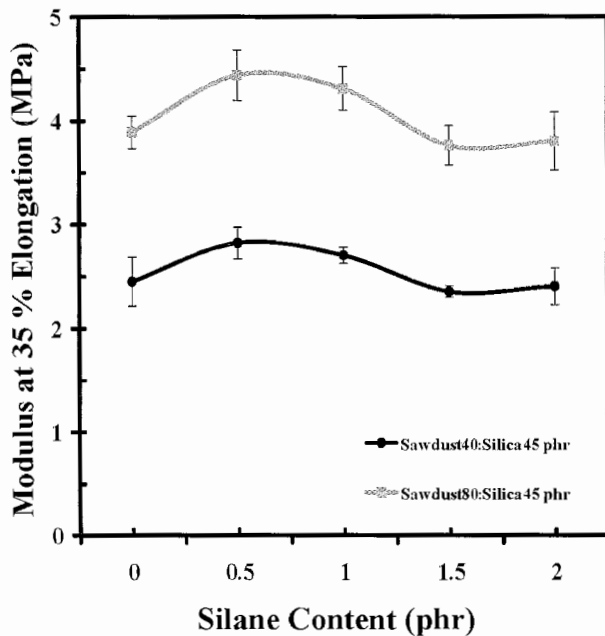
รูปที่ 8 ผลิตภัณฑ์จากวัสดุผสมพีวีซีกับซีลี้อยไม้ยางพาราเป็นที่วางกระถางต้นไม้

ผลการทดลองวัสดุผสมยางธรรมชาติกับซีลี้อยไม้ยางพารา

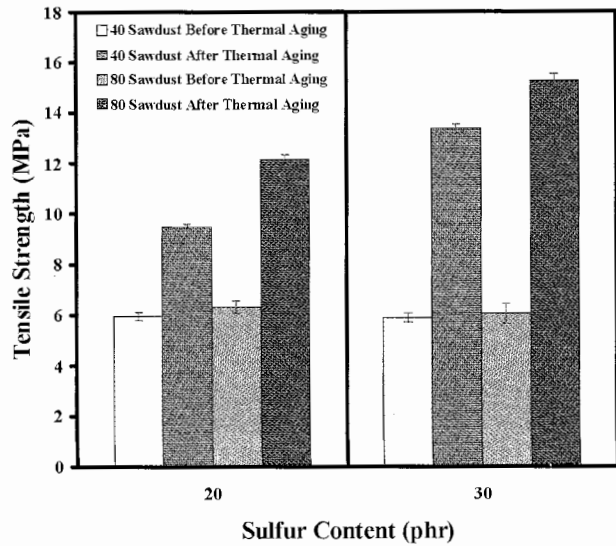
จากการวิจัย ได้นำสูตรงานวิจัยหลังคายางพาราไปผสมและขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลังคายางพารา ซึ่งผลิตภัณฑ์หลังคายางพาราอยู่ในช่วงการดำเนินงานทดสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์ด้านต่างๆ ภายใต้สภาวะในการนำไปใช้งานจริง และได้เพิ่มสมบัติทางด้านความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ โดยทำวิจัยเป็นสูตรยางแข็ง (Ebonite Rubber)



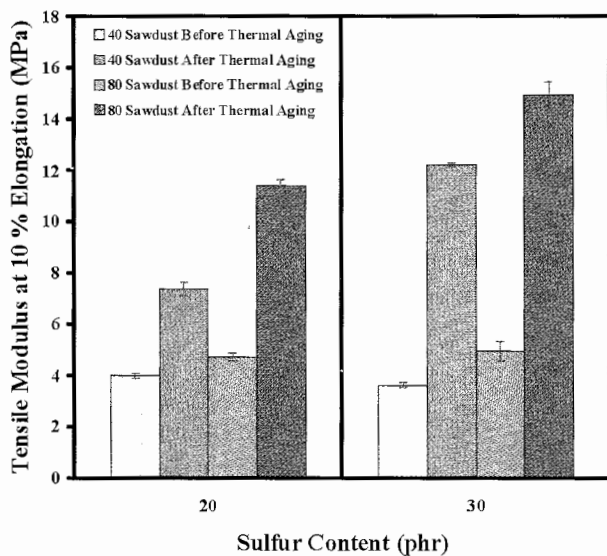
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ของปริมาณซีลี้อยไม้ยางพารา และปริมาณ Reinforce ต่างๆ ที่มีต่อ Tensile Modulus ของวัสดุผสมยางธรรมชาติกับซีลี้อยไม้ยางพารา



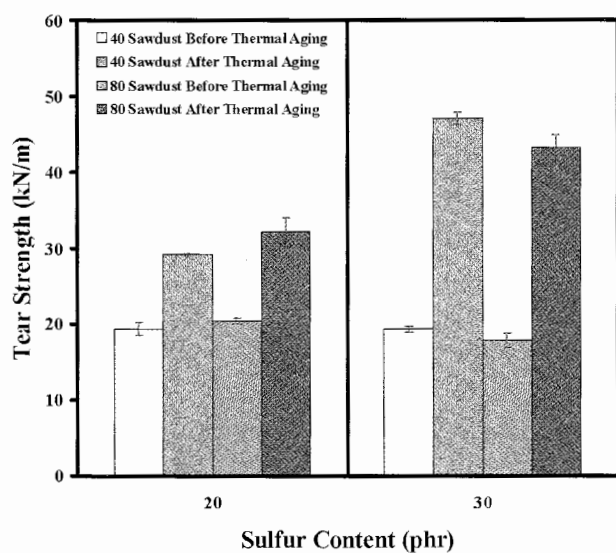
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ของปริมาณซีลี้อยไม้ยางพาราที่สัดส่วน 40 และ 80 phr ที่ผ่านการปรับปรุงผิวแล้วด้วยสารคู่ควบที่ปริมาณต่างๆ ที่มีต่อ Tensile Modulus ของวัสดุผสมยางธรรมชาติกับซีลี้อยไม้ยางพารา



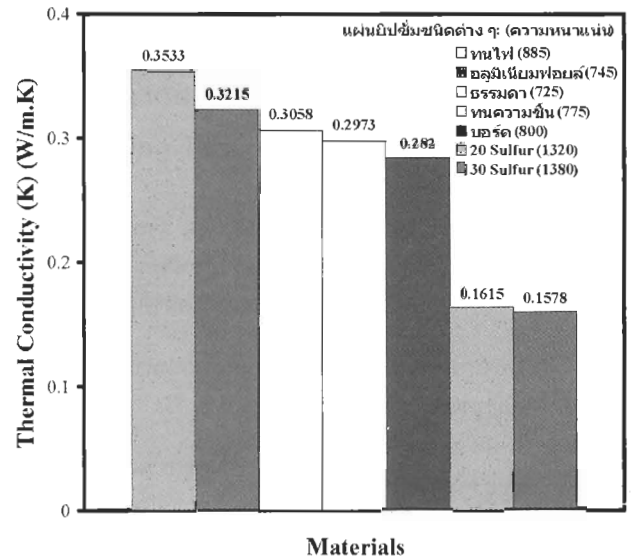
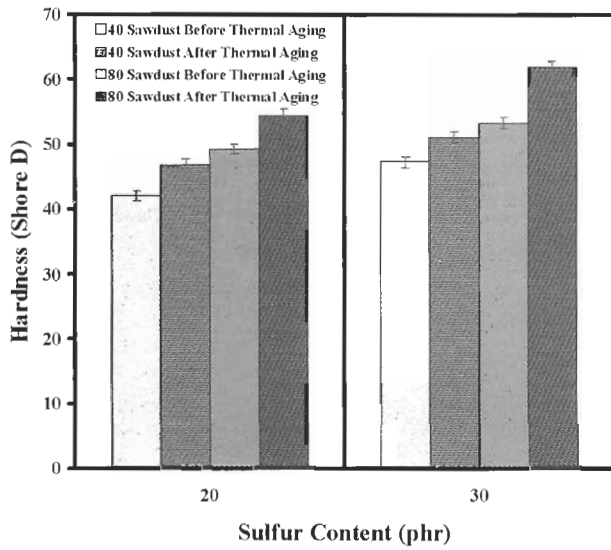
รูปที่ 12 ผลการทดสอบ Thermal Aging ของชิ้นงานสูตรยางแข็ง (Ebonite Rubber) ที่มีต่อ Tensile Strength ของวัสดุผสมยางธรรมชาติกับซีลี้อยไม้ยางพารา (ใช้ปริมาณ Sulfur 20 และ 30 phr และปริมาณซีลี้อยไม้ยางพารา 40 และ 80 phr และ Cure time 15 นาที)



รูปที่ 11 แสดงผลการทดสอบ Thermal Aging ของชิ้นงานสูตรยางแข็ง (Ebonite Rubber) ที่มีต่อ Tensile Modulus ของวัสดุผสมยางธรรมชาติกับซีลี้อยไม้ยางพารา (ใช้ปริมาณ Sulfur 20 และ 30 phr และปริมาณซีลี้อยไม้ยางพารา 40 และ 80 phr และ Cure time 15 นาที)

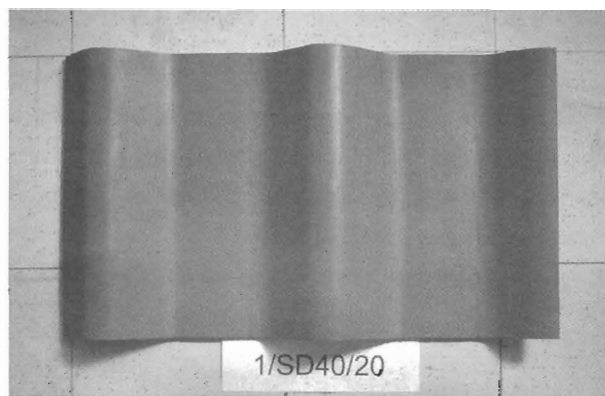


รูปที่ 13 ผลการทดสอบ Thermal Aging ของชิ้นงานสูตรยางแข็ง (Ebonite Rubber) ที่มีต่อ Tear Strength ของวัสดุผสมยางธรรมชาติกับซีลี้อยไม้ยางพารา (ใช้ปริมาณ Sulfur 20 และ 30 phr และปริมาณซีลี้อยไม้ยางพารา 40 และ 80 phr และ Cure time 15 นาที)



รูปที่ 14 แสดงผลการทดสอบ Thermal Aging ของชิ้นงานสูตรยางแข็ง (Ebonite Rubber) ที่มีต่อ Hardness Shore D ของวัสดุผสมยางธรรมชาติกับซีลี้อยไม้ยางพารา (ใช้ปริมาณ Sulfur 20 และ 30 phr และปริมาณซีลี้อยไม้ยางพารา 40 และ 80 phr และ Cure time 15 นาที)

รูปที่ 15 ผลเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของวัสดุผสมยางธรรมชาติกับซีลี้อยไม้ยางพารา (Ebonite Rubber) กับผลิตภัณฑ์แผ่นยิบซัมชนิดต่างๆ



รูปที่ 16 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์วัสดุผสมยางธรรมชาติกับซีลี้อยไม้ยางพาราที่ขึ้นรูปจริงเป็นผลิตภัณฑ์หลังคายาง

**เอกสารอ้างอิง**

- เอกสารรายงานฉบับสมบูรณ์ของ โครงการ “การพัฒนาวัสดุผสมระหว่างพีวีซีและเส้นใยธรรมชาติในกระบวนการอัดรีด” สัญญาโครงการวิจัยเลขที่ RDG 4650014  
 (ร่าง) เอกสารรายงานฉบับสมบูรณ์ของ “การผลิตและทดสอบหลังคายางพาราจากวัสดุผสมยางธรรมชาติกับซีลี้อย” สัญญาโครงการวิจัยเลขที่ RDG 4650054

ผลงานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากภาคเอกชน

1. โครงการ “การพัฒนาวัสดุผสมระหว่างพีวีซีและเส้นใยธรรมชาติในกระบวนการอัดรีด”  
สัญญาเลขที่ RDG 4650014  
บริษัท วี.พี. วู๊ด จำกัด  
ที่อยู่ คุณวิทย์ โรซาร์พิทักษ์  
25/5 หมู่ 4 ซ. สุขสวัสดิ์ 66 ถ. สุขสวัสดิ์  
แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140  
โทรศัพท์ (02) 817-2162-4 โทรสาร (02) 817-0990
2. โครงการ “การผลิตและทดสอบหลังค้ายางพาราจากวัสดุผสมยางธรรมชาติกับซีลีย”  
สัญญาเลขที่ RDG 4650054  
บริษัท สยามยูไนเต็ด รับเบอร์ จำกัด  
ที่อยู่ คุณสุวิทย์ แซ่กิม  
528/1 หมู่ 10 ซอย วัดม่วง ถนนเพชรเกษม 63  
แขวงบางแค เขตบางแค กรุงเทพมหานคร 10160  
โทรศัพท์ (02) 801-3300 โทรสาร (02) 455-5015  
Email: [contact@siamunitedrubber.com](mailto:contact@siamunitedrubber.com)