



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการปรับปรุงสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้กา
ไรสารฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยน้ำยางพารา

โดย ผศ.ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ

วันที่ 9 มกราคม 2557

สัญญาเลขที่.....RDG5550060.....

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการปรับปรุงสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้กา
ไรสารฟอรั่มลดีไฮด์ด้วยน้ำยางพารา

ผู้วิจัย

ผศ.ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ

สังกัด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชุดโครงการ

โครงการวิจัยขนาดกลางเรื่องยางพารา (Medium-Size Projects on Rubber; MPR)

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

ชื่อโครงการ(ภาษาไทย) การปรับปรุงสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้กาวไร้สาร
ฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยน้ำยางพารา

(ภาษาอังกฤษ) Water resistance enhancement of particle board using
formaldehyde-free adhesive modified with natural rubber latex

ชื่อหัวหน้าโครงการ หน่วยงานสังกัด และที่อยู่

ชื่อ-สกุล ผศ.ดร.ภัทธา วุฒิมนต์วิเศษ

หน่วยงาน สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ

ทหารลาดกระบัง

ที่อยู่ เลขที่ 1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์/โทรสาร 02-3298400 ต่อ 341/ 02-3298428 E-mail address

kmpathav@kmitl.ac.th

นักศึกษา/ผู้ร่วมวิจัย นายณัฐดนัย อุณเกษม

งบประมาณทั้งโครงการ...340,000.....บาท

ระยะเวลาดำเนินการ.....12.....เดือน ตั้งแต่วันที่...1 สิงหาคม 2555.....ถึงวันที่...31

กรกฎาคม 2556.....

ปัญหาที่ทำงานวิจัยและความสำคัญ(โดยย่อประมาณ 5 บรรทัด)

เนื่องจากกาวในกลุ่มฟอร์มัลดีไฮด์ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์
และในหลายประเทศได้ออกกฎหมายควบคุมปริมาณการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ในไม้ประกอบ
ซึ่งส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมส่งออกไม้ประกอบ ข้อเสนอของงานวิจัยนี้จึงนำเสนอทางเลือก
ของกาวในกลุ่มที่ไม่มีสารฟอร์มัลดีไฮด์ โดยใช้น้ำเป็นตัวกลาง มีองค์ประกอบหลักเป็นพอลิไ
นิลอัลกอฮอล์ น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ น้ำยางพารา สารตัวเติมซิลิกา เพื่อปรับปรุงสมบัติการ
ต้านทานความชื้นและความแข็งแรงเชิงกล

วัตถุประสงค์ (ตามที่ระบุในสัญญาวิทยุ)

ปรับปรุงสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้น้ำยางธรรมชาติเป็น
องค์ประกอบในกาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งธรรมชาติ

ผลการดำเนินงาน (เป็นการย่อวิธีการและผลวิจัย วิเคราะห์ผล เฉพาะประเด็นที่เป็นสาระสำคัญ และ
แสดงให้เห็นความสอดคล้องของผลการวิจัยที่ได้รับกับวัตถุประสงค์และสิ่งที่คาดว่าจะได้รับตามที่
เสนอไว้)

การเตรียมกาวผสมสูตร

ทำการผสมน้ำมันชักแห้ง น้ำยางธรรมชาติและสารละลาย PVA นำกาวที่ได้ไปวัดค่าความหนืด ทำการศึกษาสูตรผสมของกาวโดยมีปัจจัยศึกษาดังนี้

- พิจารณาเลือกใช้ น้ำยางทั่วไป และน้ำยางข้น
- ศึกษาการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำยางธรรมชาติต่อน้ำมันชักแห้ง
- ศึกษาผลของการเติมและไม่เติมสารตัวเติมอนินทรีย์ชนิดซิลิกา

การขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล

คลุกเคล้าขึ้นไม้และกาวให้เข้ากันแล้วโรยใส่แม่พิมพ์ แล้วนำเข้าเครื่อง Compression molding โดยมีปัจจัยศึกษาดังนี้

- อุณหภูมิและระยะเวลาการอัดขึ้นรูปร้อน
- การมีหรือไม่มี ขั้นตอนการ post cure
- ชนิดของไม้ ไม้ไผ่ ไม้ยางพารา
- ขนาด (เบอร์) ของขึ้นไม้ (เบอร์ 1, 2, และ 3)
- ใช้กาวฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม (สำหรับเป็นชิ้นงานเปรียบเทียบ)

ทดสอบสมบัติ ตามมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก. 876

ทดสอบการพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ความหนาแน่น และปริมาณความชื้น

ผลของการวิจัยและวิจารณ์ผล

สูตรกาวที่เหมาะสมคือ อัตราส่วน สารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ต่อ น้ำยางธรรมชาติ/น้ำมันทั้งที่ 85:15 โดยน้ำหนัก โดยมีอัตราส่วนของน้ำยางธรรมชาติต่อน้ำมันทั้งดั่งนี้ R15T0K1, R10T5K1 และ R5T10K1

เสถียรภาพของกาว ทดสอบโดยการตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1-3 สัปดาห์แล้วดูลักษณะของเนื้อกาวที่เปลี่ยนแปลงและค่าความหนืด โดยกาวที่มีเสถียรภาพดี ได้แก่ กาวสูตร R5T10K1, R10T5K1 และ R15T0K1 โดยกาวที่มีการเติมสารซิลิกา มีเสถียรภาพค่อนข้างต่ำ

ผลการทดสอบสมบัติค่าความแข็งแรงดัดโค้งงอ 3 จุด พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ผ่านการ Post cure มีค่าการทดสอบสูงกว่าแผ่นไม้ที่ไม่ได้ผ่านการ Post cure โดยแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้สูตรกาว R5T10K1 ให้ผลการทดสอบสูงกว่ากาวสูตรอื่นๆ ทุกสภาวะการขึ้นรูป ยกเว้นที่สภาวะอุณหภูมิ 150 °C, เวลา 10 นาที อย่างไรก็ตาม แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้สูตรกาว R10T5K1 ให้ผลทดสอบใกล้เคียงกับแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้สูตรกาว R5T10K1 โดยการใส่สูตรกาวทั้ง 2 สูตร ให้ค่าความแข็งแรงดัดโค้งงอ 3 จุด สูงกว่าการใช้กาว UF ผลการทดสอบสมบัติค่าโมดูลัสยืดหยุ่น เมื่อเปรียบเทียบกัน ในสภาวะ Post cure พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลในสูตรกาวที่มีน้ำยางพาราเป็นองค์ประกอบหลัก ให้ค่าผลการทดลองต่ำกว่าสูตรกาวที่มีน้ำมันทั้งและน้ำยางพาราเป็น

องค์ประกอบหลัก โดยแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่มีสูตรทาว R10T5K1 และ R5T10K1 ทุกสภาวะการขึ้นรูปให้ผลการทดสอบสูงกว่าการใช้ทาว UF

ผลการทดสอบสมบัติค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่าผลการทดสอบที่ได้สามารถผ่านเกณฑ์ตามที่มาตรฐาน JIS A 5908 กำหนด ยกเว้น สูตรทาว R15T0K1 บางสภาวะการขึ้นรูป สำหรับค่ามาตรฐาน มอก. 876 ทาวสูตรที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ R5T10K1 และ R10T5K1 ในทุกสภาวะการขึ้นรูป โดยให้ผลการทดสอบสูงกว่าการใช้ทาว UF

ค่าการพองตัวทางความหนาตามมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก.876 พบว่าทุกสูตรทาวค่าที่ได้เกินกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด โดยทาวสูตร R5T10K1 ให้ค่าการบวมตัวที่น้อยสุดในทุกสภาวะการขึ้นรูป และมีค่าต่ำกว่าการใช้ทาว UF ในสภาวะที่ใช้อุณหภูมิขึ้นรูปแผ่นไม้ตั้งแต่ 200 °C ขึ้นไป อย่างไรก็ตามพบว่าทาวทั้ง 3 สูตร ในสภาวะการขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูง ค่าการพองตัวทางความหนามีค่าต่ำกว่าการใช้ทาว UF แสดงถึงประสิทธิภาพของทาวที่ต้านทานน้ำหรือความชื้นได้ดีกว่าทาวเกรดการค้า

สรุปผลการวิจัย (เน้นการสรุปผลที่ได้จากการวิจัยที่มีศักยภาพโดยตรงหรือมีแนวทางต่อยอดเพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ได้ โดยมีข้อมูลบ่งชี้หรือชี้แนะเชิงเศรษฐศาสตร์และการผลิตระดับอุตสาหกรรมด้วย)

สามารถเตรียมทาวที่เมื่อนำไปผสมกับไม้ขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้พาร์ทิเคิลแล้ว ได้สมบัติที่ดีกว่าทาว UF เกรดการค้า ได้แก่สมบัติ ความแข็งแรงดัดโค้งงอ 3 จุด ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและค่าการบวมตัวทางความหนา โดยสูตรทาวที่เหมาะสมได้แก่ สูตร R10T5K1 และ R5T10K1 สำหรับสูตร R15T0K1 พบว่าให้สมบัติของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล ส่วนใหญ่ดีกว่าการใช้ทาว UF แต่ด้อยกว่า 2 สูตรแรก การเติมสารซิลิกาช่วยให้สมบัติด้านความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่ทำให้เสถียรภาพของทาวไม่ดี สภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมในการทดสอบนี้อยู่ที่ 200-250 °C เวลาในการขึ้นรูป 5-15 นาที

สำหรับต้นทุนทาวเฉพาะส่วนวัตถุดิบ (ไม่รวมน้ำ) อยู่ในช่วง 16.9-21.8 บาทต่อกิโลกรัม ขึ้นกับสูตรทาว โดยราคาทาว E0 ในตลาด อยู่ที่ประมาณ 25-30 บาทต่อกิโลกรัม

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าควรวิจัยเพิ่มเติม และวิธีการที่ควรพัฒนาต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง (โดยย่อ ประมาณครึ่งหน้ากระดาษ A4)

นำทาวที่ได้ไปทดลองขึ้นรูปในสภาวะการใช้งานจริง เนื่องจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการมีข้อจำกัดหลายอย่าง ซึ่งจะช่วยให้สามารถควบคุมสภาวะต่างๆ ได้ดีขึ้น ได้แก่

1. ประสิทธิภาพของเครื่องอัดรีดระดับอุตสาหกรรมที่มีแรงกดอัดสูงกว่า และมีระบบการให้ความร้อนที่ดีกว่า เป็นระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง

2. การควบคุมความชื้นของไม้ผสมกาวก่อนการกดอัด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อระยะเวลาในการกดอัด เนื่องจากความชื้นที่มากเกินไปทำให้ชื้นไม้ที่อัดแล้ว พองตัวและเสียสภาพได้
3. ประสิทธิภาพในการควบคุมทิศทางของชื้นไม้ก่อนขึ้นรูป มีผลต่อค่าความแข็งแรงดัดโค้งของชิ้นงาน

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

อาจนำไปสู่การจดสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตรหรือความลับทางการค้าได้

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมกาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์สำหรับแผ่นไม้พาร์ทิเคิล ที่มีสมบัติการต้านทานน้ำ โดยใช้วัตถุดิบหลักเป็นพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ น้ำยางธรรมชาติและน้ำมันทั้ง มีสารโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตทำหน้าที่เป็นสารริเริ่มปฏิกิริยา และศึกษาผลของการเติมสารนาโน ซิลิกาเป็นสารเสริมแรงในอัตราส่วน 0, 1 และ 3 % โดยน้ำหนัก กาวที่เตรียมได้นำไปทดสอบ สมบัติของกาว ได้แก่ ความหนืด ปริมาณของแข็ง และเสถียรภาพของกาว และนำกาวมาเตรียมเป็น แผ่นฟิล์มเพื่อสมบัติด้านความแข็งแรง ได้แก่ ความแข็งแรงดึง โมดูลัสยืดหยุ่น และเปอร์เซ็นต์การ ดึงยืด ณ จุดขาด และตรวจสอบสมบัติการต้านทานน้ำ จากนั้นนำกาวที่เตรียมได้มาขึ้นรูปแผ่นไม้ พาร์ทิเคิล โดยใช้ไม้ยางพาราขนาดเบอร์ 1 (1.0-1.6 มม.) เบอร์ 3 (0.5-0.6 มม.) และไม้ 3 ชั้น (อัตราส่วนไม้เบอร์ 1 ต่อ ไม้เบอร์ 3 เท่ากับ 40 : 60 โดยน้ำหนัก) ใช้ปริมาณกาวต่อไม้ที่ 30% โดย น้ำหนัก ที่สภาวะการขึ้นรูปต่างกัน ได้แก่ อุณหภูมิและเวลา แผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้นำไปทดสอบค่า การพองตัวทางความหนา ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ตามมาตรฐาน มอก. 876 และ มาตรฐาน JIS A5908 ของแผ่นพาร์ทิเคิล และทดสอบความต้านทานแรงดัด โมดูลัสโค้งงอ โดย เปรียบเทียบผลการทดสอบกับแผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ (UF) เกรดการค้า โดย อัตราส่วนที่ให้ผลทดสอบทุกการทดสอบสูงกว่าการใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เกรดการค้า คือ อัตราส่วนของสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ : น้ำยางธรรมชาติ : น้ำมันทั้ง เป็น 85: 10 :5 และ 85 : 5 : 10 โดยน้ำหนัก (สูตร R10T5K1 และ R5T10K1) สภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมควรใช้ อุณหภูมิในการขึ้นรูป 200-250 °C เวลา 5-15 นาที การเติมสารตัวเติมซิลิกาในสูตรกาวส่งผลให้ สมบัติด้านความแข็งแรงของแผ่นพาร์ทิเคิลสูงขึ้นแต่สมบัติด้านการต้านทานน้ำไม่เปลี่ยนแปลง อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังทำให้กาวมีความหนืดสูงขึ้นและเสถียรภาพของกาวด้อยลง

คำสำคัญ : กาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์, น้ำยางพาราธรรมชาติ, น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ, พอลิไวนิลอัลกอฮอล์

Abstract

This research studied on the preparation of formaldehyde-free adhesives for particle board in order to enhance the water resistance property. The main ingredients consist of poly(vinyl alcohol), natural rubber latex and Tung oil in the presence of potassium persulfate as an initiator. The effect of nanosilica on the properties of particle board was also studied by adding in the various amounts of 0, 1 and 3 %wt. The prepared adhesives were tested for their viscosity, solid content and stability. The adhesives were then casted and heat cured to form films and tested for mechanical properties, i.e. tensile strength, tensile modulus and % elongation at break, and water resistance property. The chosen adhesives were then applied on the rubber tree wood flake with size no. 1 (1.0-1.6 mm), size no. 3 (0.5-0.6 mm) and three layers (size 1 : size 3 = 40: 60 by wt.), with the ratio of adhesive to wood flake at 30%wt using the various processing temperatures and times to produce the particle boards. The particle boards were tested for thickness swelling and internal bond followed the standard test methods TIS 876 and JIS A5908 for particle board. The bending strength and bending modulus were also tested in the comparison with the particle board prepared by using UF adhesive. The results suggested that the potential adhesive formula were R10T5K1 and R5T10K1. The processing conditions were recommended at 200-250 °C for 5-15 min. In addition, the presence of silica in the adhesive could increase the mechanical properties of particle board but not effect on the water resistant property. Moreover, it increased the viscosity and showed less stability of adhesive.

Keyword : Formaldehyde-free adhesive, Natural rubber latex, Natural drying oil, Poly(vinyl alcohol)

1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

กาวสำหรับงานไม้เฟอร์นิเจอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มไม้ประกอบ เช่น แผ่นพาร์ทิเคิลบอร์ด แผ่น MDF ที่ใช้ในประเทศไทยส่วนมากมีฟอร์มาลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบหลัก เนื่องจากมีราคาถูก กาวประเภทนี้มีการปลดปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์ออกมาในระหว่างกระบวนการผลิตและในระหว่างอายุการใช้งาน โดยสารฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารก่อภูมิแพ้ เมื่อสูดดมไอรระเหยเข้าไปเกิน 0.1 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อเมือกในดวงตา จมูก และลำคอ นำไปสู่โรคภูมิแพ้ โรคหอบหืด โรคที่เกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจอื่นๆ และอาจนำไปสู่โรคมะเร็งในระบบทางเดินหายใจ มีข้อมูลรายงานว่าถ้าสูดดมไอรระเหยเกิน 100 ppm อาจทำให้เสียชีวิตได้ เป็นผลให้ในต่างประเทศมีการตั้งข้อกำหนดเพื่อกีดกันสินค้าที่มีการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ในกาวสำหรับอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ เช่น ประเทศในกลุ่มยุโรป กำหนดเกณฑ์จำแนกไม้อัดตามปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ตกค้าง คือ super E0 และ E0-E5 โดยที่ E0 หมายถึงมีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์เพียง 0.07 ppm ขณะที่ E5 หมายถึงมีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์อยู่มาก ประเทศญี่ปุ่นกำหนดมาตรฐาน F*** (F star) และมาตรฐาน CARB ในประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น โดยกฎเกณฑ์เหล่านี้เริ่มมีผลบังคับใช้แล้ว และเพิ่มความเข้มงวดมากขึ้น

ประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์ไม้ประกอบไปจำหน่ายในต่างประเทศเป็นมูลค่ามหาศาล ดังนั้นกฎระเบียบเหล่านี้จึงมีผลกระทบต่อ การส่งออกไปยังประเทศดังกล่าวอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนมาใช้แผ่นพาร์ทิเคิลที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์ทำให้ต้นทุนสูงขึ้น เนื่องจากกาวที่ปลอดสารฟอร์มาลดีไฮด์เช่นกาวยูรีเทน และกาวอีพอกซี มีราคาแพงกว่ากาวที่ใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ประมาณ 10-20 เท่า ทำให้เฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้พาร์ทิเคิลที่ปราศจากสารฟอร์มาลดีไฮด์มีราคาสูงขึ้น

คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาสูตรกาวปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์จากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งธรรมชาติที่ให้ฟิล์มกาวที่มีความแข็งแรง เพื่อทดแทนกาวกลุ่มฟอร์มาลดีไฮด์ โดยมีระดับราคาที่น่าจะยอมรับได้เมื่อเทียบกับกาวกลุ่มฟอร์มาลดีไฮด์และมีราคาถูกกว่ากาวที่ปลอดสารฟอร์มาลดีไฮด์ชนิดอื่นๆ มาก โดยส่วนหนึ่งของงานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจาก สกว ทุนวิจัย MAG WI รหัสโครงการ MRG-WI515S129 โดยการพัฒนาการคิดไม้โดยศึกษาความแข็งแรงดึงเลื่อนตามมาตรฐาน DIN EN 204-1991 ในสภาวะปกติและสภาวะที่ชื้นงานผ่านการแช่น้ำเพื่อศึกษาถึงความต้านทานน้ำของกาวที่พัฒนาขึ้น ซึ่งพบว่าสามารถพัฒนากาวให้ผ่านมาตรฐาน DIN EN 204-1991 สำหรับการใช้งานในร่มได้ งานวิจัยนี้ได้รับความสนใจในการนำไปเป็นโจทย์ในการวางแผนธุรกิจ โดยชุดโครงการทุนพัฒนาแผนธุรกิจนวัตกรรม (IBPG) ในการนำไปพัฒนาต่อยอดทางธุรกิจ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยต่อยอดจาก สกว ทุนวิจัย MRG-WI รหัสโครงการ MRG-WI535S091 โดยเป็นการพัฒนาสูตรกาวสำหรับขึ้นแผ่นพาร์ทิเคิล จากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ปรับปรุงด้วยน้ำมันทั้งและน้ำมันลินสีด และใช้สารตัวเติมเสริมแรงซิลิกา โดยทำการ

ทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A5908 โดยสามารถผ่านการทดสอบในส่วนของความแข็งแรงทั้งหมด แต่ผลการต้านทานการพองตัวทางความหนา (การบวมตัวของชิ้นงาน) ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ โดยสูตรกาวนี้ได้ยื่นจดสิทธิบัตรกับกรมทรัพย์สินทางปัญญา คำขอเลขที่ 1101002357

สำหรับในงานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาปรับปรุงกาว โดยใช้พื้นฐานจากสูตรกาวดังกล่าวข้างต้น เพื่อให้กาวมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยนำ น้ำยางพารา ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญที่ผลิตได้ในประเทศ มาเป็นส่วนประกอบในกาวไม้สูตรไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์

2 วัตถุประสงค์

ปรับปรุงสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นองค์ประกอบในกาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์จากพอลิไวนิลอัลกอฮอล์กับน้ำมันชักแห้งธรรมชาติ

3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากกาวในกลุ่มฟอร์มัลดีไฮด์ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์และในหลายประเทศได้ออกกฎหมายควบคุมปริมาณการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์ในไม้ประกอบ ซึ่งส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการส่งออกไม้ประกอบ ดังได้กล่าวมาแล้ว ข้อเสนอของงานวิจัยนี้จึงนำเสนอทางเลือกของกาวในกลุ่มที่ไม่มีสารฟอร์มัลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบในกาว โดยเลือกใช้กาวกลุ่มที่ใช้ น้ำเป็นตัวกลาง โดยมีองค์ประกอบของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ น้ำยางพารา น้ำมันชักแห้งธรรมชาติ สารตัวเติมซิลิกา และแป้งดัดแปร โดยได้มีการทบทวนรายงานจากงานวิจัยก่อนแสดงถึงการใช้และ/หรือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของส่วนผสมที่เลือกใช้ ดังจะกล่าวถึงดังนี้

Z.O. Oyman และคณะ [1] ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของน้ำมันแห้งเร็วที่เป็นระบบ non-conjugated (น้ำมันลินสีด) และระบบ conjugated (น้ำมันทัง) โดยใช้ Co(II)-2-ethylhexanoate (Co-EH) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยน้ำมัน 2 ชนิดนี้จะมีกลไกของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ที่แตกต่างกัน สำหรับน้ำมันลินสีดซึ่งเป็นระบบ non-conjugated การแตกออกของไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นผ่านอัลไลลิกไฮโดรเจนอะตอม ออกซิเจนทำให้เกิด hydroperoxide ซึ่งสามารถสลายกลายเป็นอนุมูลอิสระของ alkoxy และ peroxy โดยทำให้เกิดการเชื่อมโยง และผลิตภัณฑ์ร่วม น้ำมันทังที่มีระบบ conjugated เป็นหลัก เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเริ่มจากการแตกออกของไฮโดรเจนจาก monoallylic โดยเมื่อเทียบกับน้ำมันลินสีดจะใช้ปริมาณออกซิเจนที่น้อยกว่า และเกิด hydroperoxide รวมทั้งได้ผลิตภัณฑ์ร่วมมากกว่าเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอนุมูลอิสระ ชอบเข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ที่เป็นระบบ conjugate มากกว่า โดยจะแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมของ monoallylic

Gui-zhuan XU และคณะ [2] ศึกษาสภาวะการเกิดปฏิกิริยา transesterification ของน้ำมันทัง และเมทานอล โดยใช้ immobilize lipase NOVO435 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยสภาวะเหมาะสมที่ใช้คือ

อัตราส่วนระหว่างเมทานอลกับน้ำมันเป็น 2.2/1 อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาคือ 43°C และใช้ตัวเร่ง 14% ของน้ำหนักน้ำมันที่ใช้ หลังจากเกิดปฏิกิริยา 18 ชั่วโมงพบว่า 67.5% ของน้ำมันถูกเปลี่ยนไปเป็นเมทิลเอสเทอร์

US Patent no.3033808 [3] พัฒนาศารเคลือบผิวโดยใช้พอลิไวนิลอะซิเตทในรูปอิมัลชันเป็นส่วนผสมหลักประมาณ 50 % โดยใช้น้ำมันทั้งทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ สำหรับงานเคลือบผิว พิล์มแห้งที่ได้มีความแข็งแรง มีความต้านทานต่อต่าง สารซักล้างและสบู่ การเพิ่มปริมาณน้ำมันทั้งในสารเคลือบผิวมีผลต่อการยึดเกาะแบบ dry adhesion และ wet adhesion ดีขึ้น

US Patent no.3214398 [4] พัฒนาสูตรสีย้อมไม้อิมัลชัน red cedar และ redwood โดยมีพอลิไวนิลอะซิเตทและพอลิเมอร์ร่วมระหว่างพอลิไวนิลอะซิเตทกับไดบิวทิลมาลิเอทในรูปอิมัลชันเป็นส่วนผสมหลักโดยมีสาร lead silicate ซิลิกา และน้ำมันทั้งเป็นส่วนผสมรอง โดยมีส่วนผสมของน้ำมันทั้งในอัตราส่วนระหว่าง 10-30 % โดยปริมาตร

ณัฐชา ปานกุล [5] ศึกษาการปรับปรุงสมบัติเชิงกลและการต้านทานน้ำของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนด้วยน้ำมันลินสีด ในขั้นแรกเป็นการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตกับน้ำมันลินสีดด้วยการใช้เทคนิคพอลิเมอไรเซชันแบบสารละลาย โดยปรับ เปลี่ยนปริมาณของน้ำมันลินสีด เพื่อศึกษาถึงผลของปริมาณน้ำมันลินสีดต่อสมบัติต่างๆของกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน ในขั้นที่ 2 เป็นการเตรียมกาว โดยนำพอลิเมอร์ร่วมอะครีเลตที่เตรียมได้มาทำปฏิกิริยากับไดไอโซไซยานตเป็นกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทน จากนั้นศึกษาผลของไดไอโซไซไซยานตที่แตกต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ โทลูอินไดไอโซไซไซยานต (TDI) และเมทิลินไดไอโซไซไซยานต (MDI) โดยทำการปรับอัตราส่วนโดยโมลของหมู่ไอโซไซไซยานตกับหมู่ไฮดรอกซิลที่อัตราส่วนต่างๆ จากการทดสอบพบว่ากาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่มีน้ำมันลินสีดเป็นองค์ประกอบมีค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและสมบัติความต้านทานน้ำสูงกว่ากาวที่ไม่ใช้น้ำมันลินสีด โดยกาวอะครีเลตพอลิยูรีเทนที่มีปริมาณของน้ำมันลินสีด 15% โดยน้ำหนัก ให้ค่าความแข็งแรงดึงแบบเฉือนและการต้านทานน้ำสูงที่สุด

H. Imam และคณะ [6] ศึกษาการติดไม้ที่เตรียมจากปฏิกิริยาระหว่างพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ผสมแป้ง และ Cymel 323 (hexamethoxymethylmelamine) โดยใช้กรดซิตริก (Citric acid) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงจากปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนหมู่เอสเทอร์ (Transesterification) ของหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ที่อยู่ในโมเลกุลแป้ง PVA และไม้ กับหมู่เมทอกซี (methoxy) ของ Cymel 323 จากนั้นนำกาวไปทาบบนไม้สน โดยใช้ไม้สน 3 ชิ้นประกบกัน ใช้กาว 130 กรัม/ตารางเมตร ทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นนำไปอัดที่ความดัน 1.6 MPa ที่อุณหภูมิ 125 – 175°C นาน 15 นาที และเก็บในห้องควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 50% RH เมื่อทดสอบค่าความแข็งแรงเฉือนตามมาตรฐาน ASTM D-906-64 พบว่าค่าความแข็งแรงเฉือนและ %Veneer Failure สูงกว่าการใช้กาวสูตรที่ไม่เชื่อมโยงด้วย Cymel 323 และทดสอบการต้านทานความชื้น (Moisture Resistance,%RH) ยังพบว่ามีความต้านทานความชื้นสูงขึ้น

ศุภกานต์ และ จิราภรณ์ [7] ศึกษาการเตรียมกาวติดไม้ที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยการปรับปรุงโดยใช้กรดไขมัน ได้แก่ oleic acid และ linoleic acid ร่วมกับน้ำมันลินสีด เป็นสารเชื่อมโยง สภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกาวติดไม้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์คือ อัตราส่วนน้ำหนักของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ : oleic acid : linoleic acid เป็น 90:5:5 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าความต้านทานน้ำสำหรับ ไม้มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยา esterification ระหว่างหมู่ carboxylic acid ของกรดไขมันกับหมู่ hydroxyl ของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์และเกิดปฏิกิริยาเชื่อมโยงที่ตำแหน่งพันธะคู่ใน oleic acid และ linoleic acid ค่าความแข็งแรงเฉือนมีค่าเพิ่มมากขึ้น เป็น 12.52 MPa

ณัฐวดี และ ภักพล [8] ศึกษาการเตรียมกาวที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์โดยเตรียมจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ทำการปรับปรุงสมบัติโดยใช้น้ำมันลินสีด ที่มีอัตราส่วนต่างๆกันคือ 10%, 15% และ 20% จากนั้นนำกาวที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นแผ่นพาร์ทิเคิล โดยใช้ไม้อูคาลิปตัส 4 ชนิดด้วยกัน ซึ่งมีลักษณะของขึ้นไม้ที่แตกต่างกันดังนี้ ชนิดที่ 1 หยาบและสัน มีความชื้น 9% ชนิดที่ 2 หยาบและยาว ความชื้น 9% ชนิดที่ 3 หยาบและยาว ความชื้น 4% และชนิดที่ 4 ละเอียดและสัน มีความชื้น 9% จากการทดสอบพบว่าน้ำมันลินสีดช่วยเพิ่มความแข็งแรงคดโค้ง (bending strength) แต่จะลดความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่น (internal bonding) โดยแผ่นพาร์ทิเคิลที่ผลิตจากไม้ชนิดที่ 4 จะให้ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่นสูงสุด ความแข็งแรงโค้งงอสูงสุด ความหนาแน่นต่ำสุด การดูดซับความชื้นต่ำสุด และการบวมตัวต่ำสุดเช่นกัน ซึ่งค่าเฉลี่ยของไม้ชนิดที่ 4 สามารถทดสอบผ่านมาตรฐาน JIS A5908 ทั้งหมด ยกเว้นการบวมตัวเมื่อแช่น้ำ (swelling test)

นพรัตน์ และคณะ [9] พัฒนากาวที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์โดยเตรียมจากพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปรับปรุงสมบัติโดยใช้น้ำมันทั้ง ขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้ไม้อูคาลิปตัส และทดสอบตามมาตรฐาน JIS A5908 พบว่า สมบัติเชิงกล ได้แก่ ความแข็งแรงคดโค้ง (bending strength) และความแข็งแรงยึดเหนี่ยวภายในแผ่น (internal bonding) มีค่าสูงกว่า งานวิจัยอ้างอิงที่ [8] โดยสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้มากขึ้น และการบวมตัวเมื่อแช่น้ำ (swelling test) มีค่าต่ำลง แต่ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ภักธาวุธ และคณะ [10] พัฒนากาวที่ปราศจากฟอร์มาลดีไฮด์ต่อยอดจากงานวิจัย ที่ [8] และ [9] ขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้ไม้อูคาลิปตัส และไม้อย่างพารา โดยศึกษาการใช้น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันลินสีดและน้ำมันทั้ง เนื่องจากน้ำมันทั้งมีต้นทุนที่สูงกว่าน้ำมันลินสีด แม้ว่าจะให้ค่าสมบัติเชิงกลที่ดีกว่า แต่มีเสถียรภาพของกาว (อายุการจัดเก็บ) สั้นกว่า และเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้งานทดแทนกันของน้ำมันทั้งสองชนิด และยังปรับปรุงสมบัติด้านความแข็งแรง และการต้านทานน้ำ โดยเติมสารตัวเติมซิลิกา ในอัตราส่วน 1-5% โดยน้ำหนัก พบว่าการเติมสารตัวเติมซิลิกาปริมาณ 3 % ช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลได้สูงสุด แผ่นพาร์ทิเคิลจากไม้อย่างพารามีค่าสมบัติเชิงกลดีกว่าไม้อูคา

ลิปต์ส อย่างไรก็ตามการบวมตัวเมื่อแช่น้ำ (swelling test) ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีค่าต่ำสุดที่ 20% โดยค่ามาตรฐานอยู่ที่ ไม่เกิน 12%

Gilbert และคณะ [11] พัฒนาวัสดุประกอบโดยมีองค์ประกอบของแป้งและน้ำยางธรรมชาติ พบว่าทำให้วัสดุประกอบมีความไม่ชอบน้ำมากขึ้น นั่นคือ วัสดุประกอบมีความต้านทานน้ำมากขึ้น

Shey และคณะ [12] ได้ปรับปรุงสมบัติการต้านทานน้ำของโฟมแป้งโดยมีน้ำยางธรรมชาติเป็นส่วนประกอบ พบว่า มีสมบัติการต้านทานน้ำสูงขึ้น นอกจากนี้โฟมที่มีส่วนผสมของน้ำยางธรรมชาติยังช่วยเพิ่มสมบัติความยืดหยุ่นของโฟมด้วย

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำยางพารามาปรับปรุงสมบัติการต้านทานน้ำ ในงานวิจัยที่ 11 และ 12 พบว่าสามารถต้านทานน้ำได้ดี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำน้ำยางพารามาเป็นองค์ประกอบในกาวยไม้เพื่อเพิ่มสมบัติการต้านทานน้ำ

4 การดำเนินงานวิจัย

4.1 สารเคมี

1. Poly (vinyl alcohol) ชื่อทางการค้า GOSENLON เกรด GL-05
ชนิดของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ Partially saponified type
น้ำหนักโมเลกุล $29,600 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
2. น้ำมันทัง (Tung oil) เกรดการค้า
3. น้ำยางข้น เกรด high ammonia
4. ละอองซิลิกา (Fume silica) ซึ่งมีสมบัติต่างๆ ดังตาราง

| Items | HL-200 |
|---|----------------------------------|
| Specific surface area (BET) | $200\pm 20 \text{ m}^2/\text{g}$ |
| pH value in 4% dispersion | 3.7-4.5 |
| Loss on drying (2h, 105°C) | $\leq 2.0\%$ |
| Loss on ignition (2h 1000°C , based on material dried for 2h, 105°C) | $\leq 2.0\%$ |
| Sieve residue (45um) | $\leq 0.04\%$ |
| Silica content (based on ignited material) | $\geq 99.8\%$ |
| Tamped density (based on material dried for 2h, 105°C) | 40-60g/L |
| Carbon content (based on material dried for 2h, 105°C) | $\leq 0.15\%$ |

5. Potassium persulfate ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) ยี่ห้อ RANKEM เกรดวิเคราะห์
6. ซีนไม่ยางพารา เบอร์ 1 และ 3

4.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่จัดซื้อและสั่งทำ

1. อุปกรณ์พ่นกาว (รูปที่ 4.1)
2. เครื่องผสมชิ้นไม้กับกาว (รูปที่ 4.2)
3. เครื่องตัดแผ่นพาร์ทิเคิล (รูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.1 อุปกรณ์พ่นกาว



รูปที่ 4.2 เครื่องผสมชิ้นไม้กับกาว



รูปที่ 4.3 เครื่องตัดแผ่นพาร์ทิเคิล

4.2 การเตรียมสารละลาย PVA

ละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ในน้ำกลั่น ปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 500 รอบ/นาทีจนกระทั่งพอลิไวนิลอัลกอฮอล์กระจายตัวในน้ำกลั่น หลังจากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C จนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน และนำสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่ได้ไปวัดค่าความหนืดโดยปรับค่าความหนืดของสารละลายให้อยู่ในช่วง 40-60 เซนติพอยส์

4.3 การเตรียมกาวไม้

ซึ่งสารผสมตามอัตราส่วนดังตารางที่ 4.1 เข้าด้วยกันโดยใช้ Homogenizer ด้วยความเร็วรอบ 9000 รอบ/นาที โดยผสมละอองซิลิกาลงในสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ แล้วค่อยๆ เติมน้ำมันทั้งและน้ำยางชันลงไปตามลำดับ จากนั้นใส่โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต 1% โดยน้ำหนักและทำการผสมต่อเป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืนแล้วนำกาวที่ได้ไปวัดค่าความหนืด

โดยมีปัจจัยศึกษาได้แก่

- อัตราส่วนของสารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ต่อน้ำยางชัน
- การเติมและไม่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา KPS
- อัตราส่วนของน้ำยางชันต่อน้ำมันทั้ง
- การเติมและไม่เติมสารตัวเติมซิลิกา
- ปริมาณของสารตัวเติมซิลิกา

ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนผสมของกาว

| สูตรกาว | สารละลาย PVA (g) | ปริมาณน้ำมันทั้ง (g) | ปริมาณน้ำยางชั้น (g) | ปริมาณ KPS (g) | ปริมาณซิลิกา (g) |
|------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
| R20T0 | 80 | - | 20 | - | - |
| R15T0 | 85 | - | 15 | - | - |
| R10T0 | 90 | - | 10 | - | - |
| R20T0K1 | 85 | - | 20 | 1 | - |
| R15T0K1 | 85 | - | 15 | 1 | - |
| R10T0K1 | 85 | - | 10 | 1 | - |
| R20T0K1Si3 | 85 | - | 20 | 1 | 3 |
| R15T0K1Si3 | 85 | - | 15 | 1 | 3 |
| R10T0K1Si3 | 85 | - | 10 | 1 | 3 |
| R10T5K1 | 85 | 5 | 10 | 1 | - |
| R5T10K1 | 85 | 10 | 5 | 1 | - |
| R15T0K1Si1 | 85 | - | 15 | 1 | 1 |
| R10T5K1Si1 | 85 | 5 | 10 | 1 | 1 |
| R5T10K1Si1 | 85 | 10 | 5 | 1 | 1 |
| R10T5K1Si3 | 85 | 5 | 10 | 1 | 3 |
| R5T10K1Si3 | 85 | 10 | 5 | 1 | 3 |

4.5 การขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล

ในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้ซินไ้ยู่คาบิปตัสหรือไ้ยู่ยงพาราที่มีลักษณะละเอียดเบอร์ 1 และ 3 แล้วแต่กรณี ที่มีความชื้น 3-5%

- วัดความชื้นของซินไ้ยู่ เพื่อทำการคำนวณหาอัตราส่วนซินไ้ยู่ต่อกาว ที่ใช้สำหรับแผ่นพาร์ทิเคิล 1 แผ่นโดยใช้กาว 30 % ซึ่งคำนวณได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ความหนาแน่นของวัสดุ 0.8 g/cm^3 (กำหนดโดยอ้างอิง

จาก ค่ามาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A 5908)

วัสดุขนาด $15 \times 15 \text{ cm}$

ความหนา 1 cm

ใช้ปริมาณน้ำหนักกาวติดวัสดุ 30% ของน้ำหนักรวัสดุแห้ง

วัสดุมีความชื้น 4.00%

จาก $D = m/V$

จะได้ว่า มวล (วัสดุ + กาว) = ปริมาตร x ความหนาแน่น

$$= (15 \times 15 \times 1) \times 0.8 \quad \text{g}$$

$$= 180 \quad \text{g}$$

แผ่นประกอบมวล 100 g ใช้วัสดุมวล 70 g มาจากใน 100 ใช้กาว 30% มีเนื้อไม้ 70%

แผ่นประกอบมวล 180 g ใช้วัสดุมวล $(70 \times 180) / 100 = 126$

ดังนั้น ใช้วัสดุมวลแห้ง 126 g

แผ่นประกอบมวล 100 g ใช้กาว 30 g

แผ่นประกอบมวล 180 g ใช้กาว $(30 \times 180) / 100 = 54 \quad \text{g}$

ดังนั้น ใช้เนื้อกาวมวล 54 g

ปริมาณวัสดุที่ใช้ $126 \times 1.04 = 131.04 \quad \text{g}$

เพิ่ม 10% เป็น $416.00 \times 1.1 = 144.14 \quad \text{g}$ -----(สมการที่ 1)

ปริมาณกาวที่ใช้ 54 g

เพิ่ม 10 % เป็น $54 \times 1.1 = 59.4 \quad \text{g}$ -----(สมการที่ 2)

ดังนั้น ในการเตรียมก่อนอัดต้องใช้วัสดุที่ผสมกับกาวแล้ว $= 144.14 + 59.4 = 203.54 \quad \text{g}$

หมายเหตุ 1.04 คือ มวลกับวัสดุรวมซึ่งมีความชื้น 4 %

2. ชั่งน้ำหนักของชิ้นไม้และกาวที่จะใช้

3. ตั้งสภาวะของเครื่อง Compression molding ดังนี้

ความดัน = 150 kg/cm^2

อุณหภูมิ = $120 \text{ }^\circ\text{C}$

เวลา = 25 นาที

4. ทำการคลุกเคล้าชิ้นไม้และกาวให้เข้ากัน

5. นำชิ้นไม้และกาวที่ผสมกันแล้วโรยใส่แม่พิมพ์ และนำแม่พิมพ์เข้าเครื่องอัดรีด

6. เมื่อครบเวลาจึงนำแม่พิมพ์ออกมา แล้วนำแผ่นพาร์ทิเคิลออกมา

7. นำแผ่นพาร์ทิเคิลอบในตู้อบที่อุณหภูมิ $100 \text{ }^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



เตรียมกาวผสมสูตร



ชั่งน้ำหนักชิ้นไม้ตามสูตรคำนวณ



นำมาโรยใส่แม่พิมพ์



อบที่อุณหภูมิ 100°C เวลา 24 ชม.



แผ่นพาร์ทิเคิล



เครื่อง Compression molding

รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการเตรียมแผ่นพาร์ทิเคิล

4.6 การทดสอบ

4.6.1 การทดสอบสมบัติของกาว

4.6.1.1 การหาค่าความหนืด

1. เทตัวอย่างกาวลงในบีกเกอร์
2. จุ่มโรเตอร์ที่ใช้ลงในกาว แล้วหมุนสกรูต่อเชื่อมเข้ากับเครื่อง viscometer จากนั้น เลื่อนโรเตอร์ลงมาจนถึงตำแหน่งที่กำหนดไว้
3. ตั้งรอบ (rpm) ที่ต้องการใช้ เปิดสวิทซ์ให้มอเตอร์หมุนเป็นเวลา 3 นาที อ่านค่าและจดบันทึกเป็นทศนิยมตำแหน่งเดียว

4.6.1.2 การหาค่า %solid content

1. ชั่งน้ำหนักงานเพาะเชื้อ และบันทึกน้ำหนัก
2. ชั่งน้ำหนักกาว 10 กรัม ลงในงานเพาะเชื้อที่ทราบน้ำหนักแน่นอน โดยให้กาวกระจายอยู่ทั่วทั้งงานเพาะเชื้อ บันทึกน้ำหนัก
3. เตรียมกาวตัวอย่างสูตรละ 3 งานเพาะเชื้อ
4. นำกาวที่ชั่งน้ำหนักแล้วใส่ในตู้อบ โดยใช้อุณหภูมิ 120°C อบจนกระทั่งมวลคงที่
5. นำกาวออกจากตู้อบ ชั่งน้ำหนัก

6. คำนวณหาค่า %solid content จาก

$$\%solid\ content = 100 - \frac{[\text{น้ำหนักกากกับงานเพาะเชื้อก่อนอบ} - \text{น้ำหนักกากกับงานเพาะเชื้อหลังอบ}] \times 100}{\text{น้ำหนักกากก่อนเข้าสู่ตู้อบ}}$$

4.6.1.3 การหาค่าการทนน้ำของฟิล์มกาว

1. เตรียมกาวสูตรต่างๆ ตามอัตราส่วนที่กำหนด
2. ชั่งน้ำหนักงานเพาะเชื้อ
3. ชั่งกาวลงบนงานเพาะเชื้อ โดยควบคุมน้ำหนักกาวให้เท่ากัน
4. ทำการอบกาวทุกสูตรที่อุณหภูมิต่างๆ ได้แก่ 40, 50, 60, 70 และ 80°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. ลอกฟิล์มกาวออกจากงานเพาะเชื้อ ตัดฟิล์มกาวขนาด 1.5x2.0 cm โดยควบคุมความหนาให้ใกล้เคียงกัน ชั่งน้ำหนักชิ้นงานฟิล์มกาวที่เตรียมได้
6. นำชิ้นงานฟิล์มกาวแต่ละสูตรแช่น้ำเป็นเวลา 1 และ 24 ชั่วโมงแล้วนำของแข็งที่คงเหลือเข้าสู่ตู้อบ โดยใช้อุณหภูมิ 100°C อบจนกระทั่งมวลคงที่
7. นำกาวออกจากตู้อบ ชั่งน้ำหนัก
8. คำนวณหาค่า %Remain จาก

$$\%Remain = \frac{(\text{น้ำหนักฟิล์มกาวหลังจากอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักฟิล์มกาวก่อนแช่น้ำ}}$$

4.6.1.4 การทดสอบความแข็งแรงและมอดูลัสของฟิล์มกาว

1. ตัดชิ้นตัวอย่างฟิล์มกาวเป็นรูปดัมเบลสำหรับทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D-412
2. วัดความกว้าง และความหนา
3. จากนั้นนำมาทดสอบโดยเครื่อง universal testing machine ตามสภาวะดังนี้

| | | | | |
|-------|--------------|---|--------|--------|
| กำหนด | Speed | = | 500.00 | mm/min |
| | Gauge length | = | 20.00 | mm |

4.6.2 การทดสอบสมบัติของแผ่นพาร์ทิเคิล ตามมาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก. 876

นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้ไปทดสอบหาค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น การพองตัวตามความหนา ความต้านแรงคัต และมอดูลัสยืดหยุ่น ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

4.6.2.1 ความหนาแน่น (Density)

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด 5x5 cm² สำหรับทดสอบมาตรฐาน มอก. 876 และ 10x10 cm² สำหรับทดสอบมาตรฐาน JIS A 5908
2. วัดความยาว ความกว้าง และความหนา
3. ชั่งน้ำหนักแผ่นพาร์ทิเคิลและคำนวณความหนาแน่นจากสูตร

$$\text{Density (g/cm}^3\text{)} = \frac{m}{V}$$

เมื่อ m คือ มวลของชิ้นทดสอบ (g)

V คือ ปริมาตรของชิ้นทดสอบ (cm³)

4.6.2.2 การทดสอบหาความชื้น (Moisture content)

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด 5x5 cm² สำหรับทดสอบมาตรฐาน มอก. 876 และ 10x10 cm² สำหรับทดสอบมาตรฐาน JIS A 5908
2. ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนนำไปอบ
3. นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103±2°C จนได้มวลคงที่จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก
4. คำนวณค่าปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\% \text{ ปริมาณความชื้น} = \frac{(m_1 - m_2) \times 100}{m_2}$$

เมื่อ m₁ คือ มวลของชิ้นทดสอบก่อนอบแห้ง (g)

m₂ คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังอบแห้ง (g)

4.6.2.3 การทดสอบการพองตัวของความหนา (Swelling test)

1. ตัดชิ้นงานตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด 5x5 cm²
2. ทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดความหนา วัดความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ
3. แช่ชิ้นทดสอบในน้ำสะอาด โดยนำชิ้นงานตัวอย่างมาวัดความหนาภายหลังแช่น้ำ 1 ชั่วโมงสำหรับการทดสอบมาตรฐาน มอก.876 และ 24 ชั่วโมงสำหรับมาตรฐาน JIS A 5908 โดยริบนำชิ้นทดสอบขึ้นมาซับน้ำที่ผิวออกให้หมดด้วยผ้าหมาด ปล่อยให้ที่อุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นทดสอบขึ้นมาวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม เป็นความหนาหลังแช่น้ำ

4. คำนวณการพองตัวของความหนาภายหลังแช่น้ำโดย

$$\% \text{ การพองตัวของความหนาภายหลังแช่น้ำ} = \frac{(t_2 - t_1) \times 100}{t_1}$$

เมื่อ t_1 คือ ความหนาของชิ้นตัวอย่างก่อนแช่น้ำ (mm)

t_2 คือ ความหนาของชิ้นตัวอย่างภายหลังแช่น้ำ (mm)

4.6.2.4 การทดสอบความแข็งแรงตัดและมอดูลัสยืดหยุ่น

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด $5 \times 15 \text{ cm}^2$ การทดสอบเทียบเคียงมาตรฐานมอก. 876 และมาตรฐาน JIS A 5908
2. วัดความกว้าง และความหนา
3. จากนั้นนำมาทดสอบความแข็งแรงตัดและมอดูลัสยืดหยุ่น โดยเครื่อง universal testing machine ตามสภาวะดังนี้

| | | | | |
|-------|-------------|---|--------|--------|
| กำหนด | Speed | = | 10.00 | mm/min |
| | Span length | = | 150.00 | mm |
| | Width | = | 50.00 | mm |
| | Thickness | = | 10.00 | mm |



รูปที่ 4.5 การทดสอบความแข็งแรงตัดและมอดูลัสยืดหยุ่น

4.6.2.5 การทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (Internal bond)

1. ตัดชิ้นตัวอย่างแผ่นพาร์ทิเคิลขนาด $5 \times 5 \text{ cm}^2$ สำหรับทดสอบมาตรฐาน มอก.876 และมาตรฐาน JIS A 5908 วัดความยาว ความกว้าง และความหนาหลังจากนั้นติดผิวหน้าทั้งสองของชิ้นทดสอบกับแผ่นดิ่ง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้แรงยึดระหว่างชิ้นทดสอบกับแผ่นดิ่งได้มากกว่าแรงยึดตัวในชิ้นทดสอบด้วยกาว Hot melt



รูปที่ 4.6 การทดสอบแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

2. นำชิ้นทดสอบที่เตรียมได้ไปทำการทดสอบด้วยเครื่อง Universal testing machine โดยดึงให้ชิ้นทดสอบแยกออกจากกันใช้ความเร็วในการดึง 2 mm/min และคำนวณค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าจาก

$$\text{ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (MPa)} = \frac{P}{bL}$$

เมื่อ P คือ แรงดึงสูงสุด (N)

b คือ ความกว้างของชิ้นงาน (mm)

L คือ ความยาวของชิ้นงาน (mm)

โดยแต่ละการทดสอบใช้ตัวอย่าง 5-10 ตัวอย่าง โดยแสดงค่าเบี่ยงเบนเป็น error bar บนแท่งกราฟ

5 ผลการดำเนินงานวิจัย

5.1 สูตรกาวและสมบัติของกาว

ผสมกาวสูตรต่างๆ โดยศึกษาตัวแปรดังนี้

- ปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของสารละลายพอลิไวนิลแอลกอฮอล์กับ น้ำยางธรรมชาติ ในอัตราส่วนต่างๆ (R20T10, R15T0 และ R10T0)

- เติมสารริเริ่มปฏิกิริยาโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (R20T0K1, R15T0K1 และ R10T0K1)
- อัตราส่วนของน้ำยางธรรมชาติต่อน้ำมันทั้ง (R15T0K1, R10T5K1 และ R5T10K1) และ
- การเติมสารตัวเติมซิลิกา (R20T0K1Si3, R15T0K1Si3, R10T0K1Si3, R10T5K1Si1, R5T10K1Si1, R10T5K1Si3 และ R5T10K1Si3)

ตารางที่ 5.1 ค่าความหนืดและ % Solid content ของกาว

| Formula | PVA/ Rubber latex/ Tung oil | Silica | KPS | pH | Viscosity (cp) | Solid content (%w/v) | Solid content [cal] (%w/v) |
|--------------|-----------------------------|--------|-----|----|----------------|----------------------|----------------------------|
| Rubber latex | 0:100:0 | - | - | 14 | 320 | 60.0 | 60.0 |
| PVA | 100:0:0 | - | - | 6 | 175 | 14.9 | 15.0 |
| R20T0 | 80:20:0 | - | - | 12 | 160 | 23.1 | 24.0 |
| R15T0 | 85:15:0 | - | - | 12 | 140 | 21.0 | 21.8 |
| R10T0 | 90:10:0 | - | - | 12 | 140 | 18.5 | 19.5 |
| R20T0K1 | 80:20:0 | - | 1 | 10 | กาวแยกชั้น | | |
| R10T0K1 | 90:10:0 | - | 1 | 10 | 160 | 20.4 | 20.5 |
| R15T0K1 | 85:15:0 | - | 1 | 10 | 160 | 22.0 | 22.8 |
| R10T5K1 | 85:10:5 | - | 1 | 10 | 120 | 25.5 | 24.8 |
| R5T10K1 | 85:5:10 | - | 1 | 10 | 180 | 26.4 | 26.8 |
| R20T0K1Si3 | 80:20:0 | 3 | 1 | 12 | 3600 | 25.5 | 27.0 |
| R15T0K1Si3 | 85:15:0 | 3 | 1 | 12 | 2800 | 23.5 | 24.8 |
| R10T0K1Si3 | 90:10:0 | 3 | 1 | 12 | 1100 | 21.2 | 22.5 |
| R15T0K1Si1 | 85:15:0 | 1 | 1 | 8 | 750 | 22.8 | 23.8 |
| R10T5K1Si1 | 85:10:5 | 1 | 1 | 8 | 830 | 24.4 | 25.8 |
| R5T10K1Si1 | 85:5:10 | 1 | 1 | 8 | 880 | 26.9 | 27.8 |
| R10T5K1Si3 | 85:10:5 | 3 | 1 | 8 | 5400 | 27.5 | 27.8 |
| R5T10K1Si3 | 85:5:10 | 3 | 1 | 8 | 6000 | 29.3 | 29.8 |

ข้อมูลจากการทดสอบแสดงดังตารางที่ 5.1 พบว่าปริมาณน้ำยางพาราที่ 20 ส่วน บางสูตร ส่งผลให้เกิดการแยกชั้นของเนื้อกาว และปริมาณสารตัวเติมซิลิกาที่มากขึ้น (3 %) ส่งผลให้ความหนืดของกาวสูงขึ้น ดังนั้นการพิจารณาเลือกสัดส่วนของน้ำยางพาราในสูตรกาวเพื่อทำการวิจัยต่อไปจึงเลือกที่อัตราส่วน สารละลายพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ต่อ น้ำยางธรรมชาติ/น้ำมันทั้งที่ 85:15 โดยน้ำหนัก

เสถียรภาพของกาว

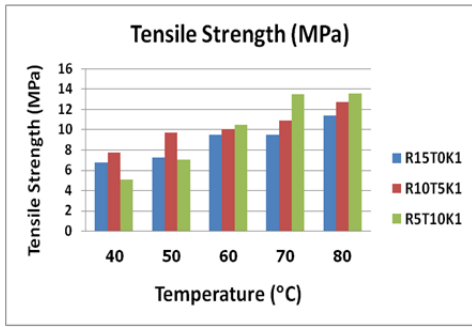
เสถียรภาพของกาว ทดสอบโดยการตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1, 2 และ 3 สัปดาห์แล้วดูลักษณะของเนื้อกาวที่เปลี่ยนแปลงและวัดค่าความหนืด โดยกาวที่มีเสถียรภาพทางการค้าควรจะมีเสถียรภาพได้ 2-3 สัปดาห์ (โดยปกติกาวที่ส่งเข้ามาในกระบวนการผลิตไม้ในแต่ละล็อตจะใช้หมดไปภายในระยะเวลา 1-2 สัปดาห์) โดยกาวที่มีเสถียรภาพที่ดี ได้แก่ กาวสูตร R5T10K1, R10T5K1 และ R15T0K1 โดยกาวที่มีการเติมสารซิลิกา มีเสถียรภาพค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ 5.2 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของสูตรกาว

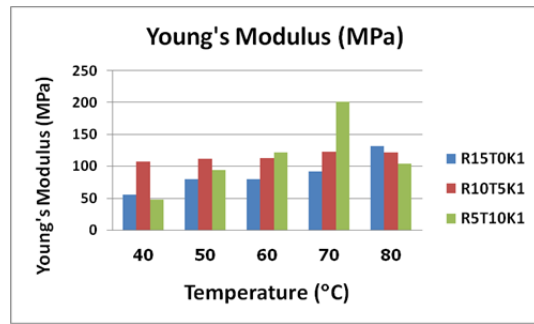
| สัปดาห์ ที่ | ค่าความหนืดของสูตรกาวต่างๆ (centipoises) | | | | | หมายเหตุ |
|----------------|--|---------|---------|----------------|----------------|---------------------------|
| | R5T10K1 | R10T5K1 | R15T0K1 | R10T5K1 Si1 | R10T5K1 Si3 | |
| 0 | 180 | 120 | 160 | 830 | 5400 | - |
| 1 | 200 | 150 | 180 | *1870 | ** | *เกิดเป็นไตขนาด เล็ก |
| 2 | 210 | 160 | 250 | **3240 | ** | **เกิดเป็นก้อนไต แข็งๆ |
| 3 | 280 | 320 | 350 | **4630 | *** | ***เป็นของแข็ง |

5.2 การทดสอบฟิล์มกาว

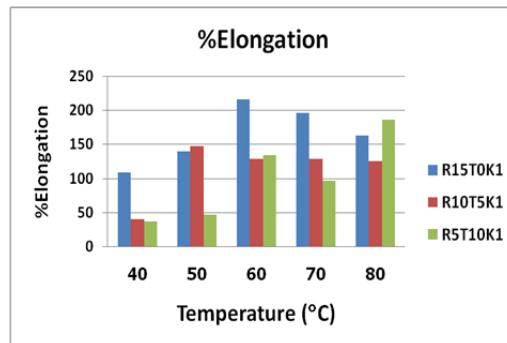
จากสูตรกาวต่างๆ ที่เตรียมขึ้น ได้คัดเลือกสูตรกาว เพื่อนำไปเตรียมเป็นแผ่นฟิล์ม ดังนี้ สูตร R5T10K1, R10T5K1 และ R15T0K1 โดยใช้อุณหภูมิในการอบกาวเป็นแผ่นฟิล์มที่ 40, 50, 60, 70 และ 80 °C โดยทดสอบสมบัติด้านความแข็งแรงและการต้านทานน้ำ เพื่อตรวจสอบสมบัติของกาวเบื้องต้น ได้แก่ สมบัติเชิงกลและ เปอร์เซ็นต์ของแข็งคงเหลือหลังการแช่น้ำ (% remain) ก่อนนำไปขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 5.1



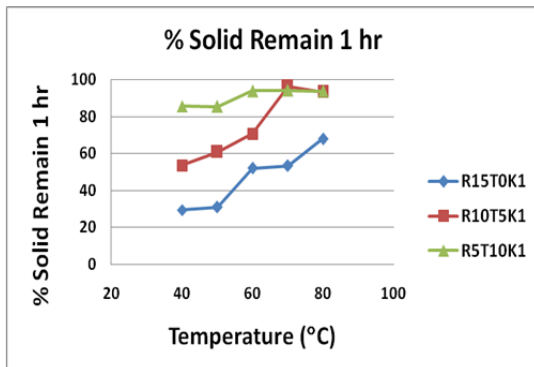
(ก.)



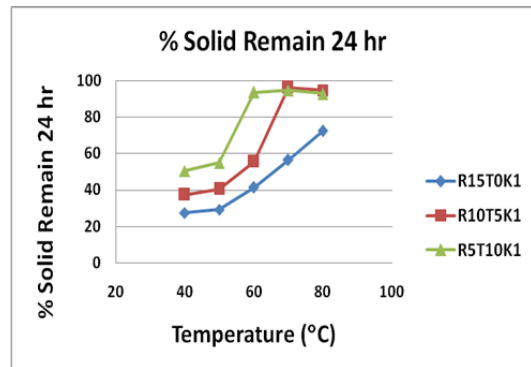
(ข.)



(ค.)



(ง.)



(จ.)

รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ในชั้นรูปฟิล์มกาวสูตรที่ไม่เติมซิลิกา (ก.) ค่าความแข็งแรงดึง (ข.) ค่ามอดุลัสของยัง (ค.) เปอร์เซ็นต์การยึดตัว (ง.) และ (จ.) ปริมาณของแข็งคงเหลือหลังแช่น้ำ ที่ 1 ชม. และ 24 ชม.ตามลำดับ

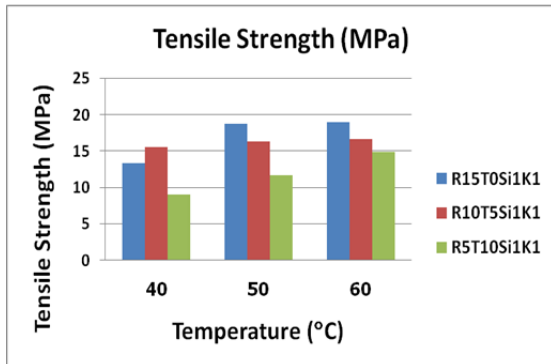
จากรูปที่ 5.1 พบว่าการใช้อุณหภูมิในการอบสูงขึ้นส่งผลให้สมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่า Tensile strength, Young's modulus และ % Elongation มีแนวโน้มมีค่าสูงขึ้น โดยสูตรที่มีปริมาณน้ำมันทั้งหมดมากกว่า ค่า Tensile strength มีแนวโน้มมีค่าสูงขึ้น แต่ ค่า % Elongation มีแนวโน้มมีค่าต่ำ สำหรับสมบัติการต้านทานน้ำ พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูปฟิล์มสูงขึ้น สมบัติการต้านทานน้ำมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยสูตรที่มีน้ำมันทั้งหมดเป็นองค์ประกอบในกาวมีสมบัติการต้านทานน้ำดีกว่า

สูตรที่ไม่มีน้ำมันทั้งเป็นส่วนประกอบ โดยกลไกที่เกิดขึ้นคาดว่าเกิดจากการแตกตัวของตัวริเริ่มปฏิกิริยาโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม 60-80 °C เกิดอนุมูลอิสระ แล้วเข้าทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่ของน้ำยางและน้ำมันทั้ง ทำให้โมเลกุลเกิดการเชื่อมโยงและแห้งตัว ส่งผลให้ฟิล์มมีความแข็งแรงและทนทานต่อน้ำ

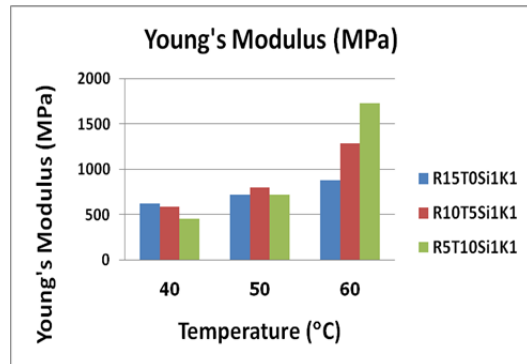
การใช้ไขมันทั้งเป็นส่วนผสม ช่วยเพิ่มสมบัติการต้านทานน้ำของฟิล์มให้สูงขึ้น เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบ ต่ำลง เนื่องจากน้ำมันทั้งสามารถเกิดการเชื่อมโยงของพันธะคู่ได้ง่ายด้วยออกซิเจนในอากาศ

การเติมซิลิกาเป็นส่วนผสมในสูตรกาว พบว่าช่วยเพิ่มสมบัติด้านความแข็งแรง ซึ่งเกิดจากการเชื่อมโยงของหมู่ไฮดรอกซิลกับหมู่ไฮดรอกซิลของพอลิไวนิลอัลกอฮอล์และหมู่คาร์บอกซิลิกของกรดไขมันอิสระที่เป็นส่วนผสมในน้ำมันทั้ง ด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้ฟิล์มมีความแข็งแรงและค่าการต้านทานต่อน้ำสูงขึ้น ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 5.2

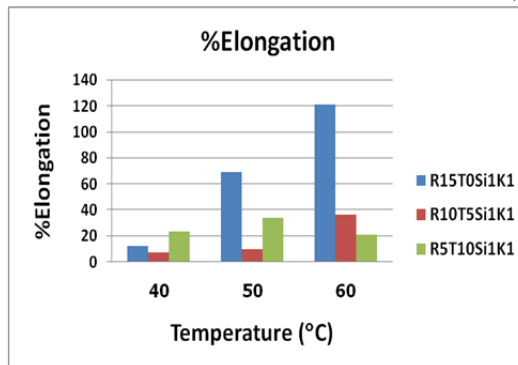
จากรูปที่ 5.2 (ก.) และ (ข.) แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดุลัสของยังของฟิล์มกาวสูตรที่เติมนาโนซิลิกาทุกสูตรมีค่าสูงขึ้นเมื่อให้อุณหภูมิที่ใช้ออบฟิล์มสูงขึ้น เช่นเดียวกันกับสูตรที่ไม่เติมนาโนซิลิกาและมีค่าสูงกว่าสูตรที่ไม่เติมนาโนซิลิกา โดยเฉพาะอย่างยิ่งสูตรกาวที่มีน้ำมันทั้งเป็นองค์ประกอบ ทั้งนี้เนื่องจากการเชื่อมโยงของพันธะคู่ของน้ำมันทั้งทั้งภายในโมเลกุลและระหว่างโมเลกุลโดยมีโปแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (KPS) เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา การเติมส่วนเสริมแรงคือนาโนซิลิกาซึ่งมีความแข็ง และอนุภาคของสารเสริมแรงขนาดเล็กระดับนาโนกระจายตัวได้ดีจะช่วยลดการเกิดความเค้นสะสมบริเวณรอยต่อระหว่างส่วนเสริมแรงกับพอลิเมอร์ ซึ่งงานจึงรับแรงและถ่ายเทแรงได้ดี ทำให้ฟิล์มกาวสูตรที่เติมนาโนซิลิกาสามารถรับแรงกระทำจากภายนอกได้ดีขึ้น ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดจากรูปที่ 5.2 (ค.) พบว่าฟิล์มกาวที่เตรียมได้มีค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ไม่เติมนาโนซิลิกา เนื่องมาจากการกระจายตัวของนาโนซิลิกา ทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องกันของสายโซ่พอลิเมอร์ เมื่อให้แรงกระทำกับชิ้นงาน บริเวณที่เป็นส่วนเสริมแรงไม่สามารถยึดตัวได้ในขณะที่พอลิเมอร์เกิดการยืดตัวได้ ทำให้ชิ้นงานเกิดการรอยดำหนิและขาดบริเวณรอยต่อระหว่างส่วนเสริมแรงและพอลิเมอร์ได้ง่าย ค่าเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาดจึงลดลง และจากรูปที่ 5.2 (ค.) และ (ง.) แสดงให้เห็นว่าฟิล์มกาวสูตรที่เติมนาโนซิลิกามีค่าปริมาณของแข็งคงเหลือสูงขึ้นเมื่อให้อุณหภูมิที่ใช้ออบฟิล์มสูงขึ้น เช่นเดียวกันกับฟิล์มกาวที่ไม่เติมนาโนซิลิกา นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมนาโนซิลิกาในฟิล์มกาวให้ผลการต้านทานน้ำไม่แตกต่างจากฟิล์มกาวที่ไม่เติมนาโนซิลิกา



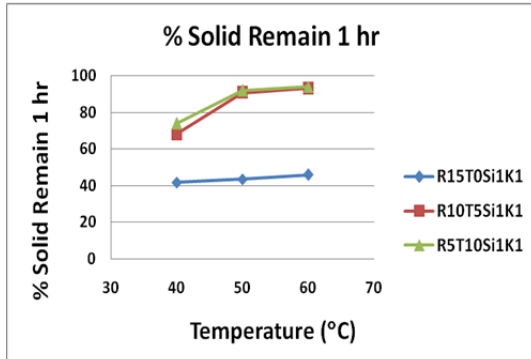
(ก.)



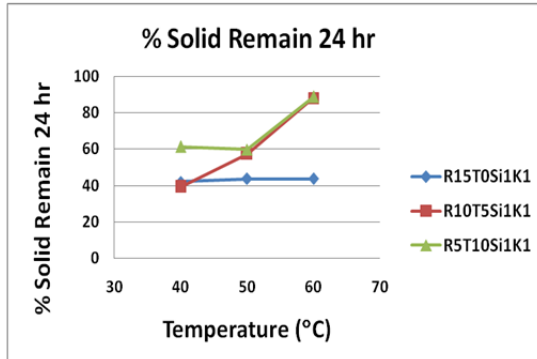
(ข.)



(ค.)



(ง.)



(จ.)

รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นรูปฟิล์มกาวสูตรที่เติมนาโนซิลิกา 1% (ก.) ค่าความแข็งแรงดึง (ข.) ค่ามอดูลัสของยัง (ค.) เปอร์เซ็นต์การยึดตัว(ง.) และ (จ.) ปริมาณของแข็งคงเหลือหลังแช่น้ำ ที่ 1 ชม. และ 24 ชม.ตามลำดับ

5.3 การขึ้นรูปและการทดสอบแผ่นพาร์ทิเคิล

การทดสอบการขึ้นแผ่นไม้เบื่องต้น

การทดสอบการขึ้นรูปแผ่นไม้เบื่องต้น ได้ควบคุมอุณหภูมิในการขึ้นรูปไว้ที่ 120 °C เวลาในการอัดขึ้นรูป 25 นาที สภาวะ post cure ที่ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้ไม้ยางพารา

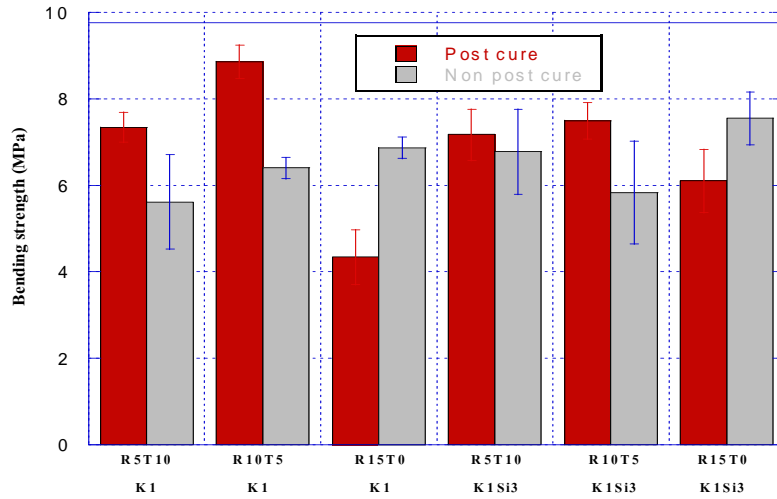
ควบคุมขนาด (ไม้ size 1: ขนาด 1.0-1.6 มิลลิเมตร) ใช้ปริมาณกาวที่ 25 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อไม้ ผลการทดสอบเบื้องต้นแสดงดังตารางที่ 5.2 โดยในเบื้องต้นพบว่า การใช้กาวสูตร R5T10K1 และ R10T5K1 มีแนวโน้มที่จะให้ค่าสมบัติต่างๆ ดีกว่า การขึ้นแผ่นไม้พาร์ทิเคิลด้วยกาวสูตร R15T0K1 สำหรับค่าความหนาแน่นและค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นพบว่าผ่านมาตรฐานในทุกกรณี โดย มาตรฐาน JIS A 5908 และ มอก .876 กำหนดค่าความหนาแน่นของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลไว้ที่ 0.4-0.9 กรัมต่อลบ. ซม. และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ $\leq 13\%$

ตารางที่ 5.2 ผลสมบัติเชิงกลและ % Swelling ของแผ่นไม้พาร์ทิเคิลบอร์ดจากไม้ยางพาราเบอร์ 1 โดยใช้กาวสูตรต่างๆ

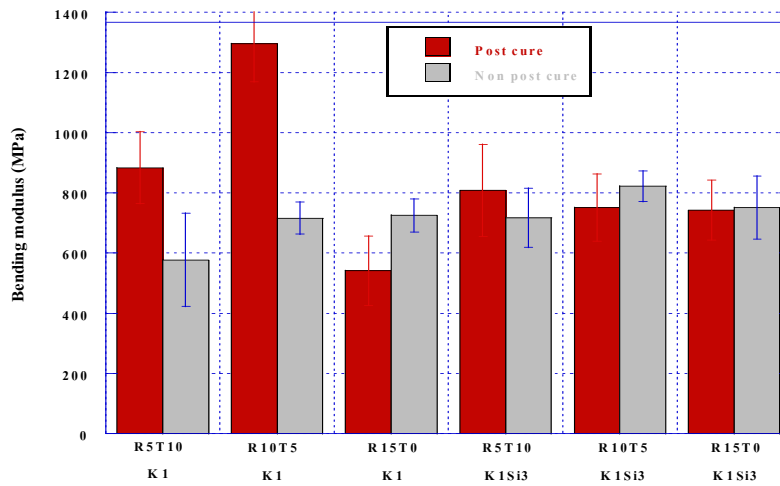
| สูตรกาว | Bending Strength(MPa) | Bending Modulus (MPa) | % Swelling | |
|---------|-----------------------|-----------------------|------------|-------|
| | | | 1 hr | 24 hr |
| R5T10K1 | 8.01 | 1073.6 | 84.9 | 125.5 |
| R10T5K1 | 9.91 | 1217.8 | 91.6 | 150.1 |
| R15T0K1 | 6.71 | 980.9 | 102.9 | 160.9 |

การขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้ไม้แบบ 3 ชั้น

การขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลโดยใช้ไม้ 3 ชั้น ประกอบด้วยไม้เบอร์ 1 (ขนาด 1.0-1.6 มม.) เป็นชั้นกลาง และไม้เบอร์ 3 (ขนาด 0.5-0.6 มม.) เป็นชั้นนอก (บน และ ล่าง) โดยอัตราส่วนโดยน้ำหนักของไม้เบอร์ 1 ต่อ ไม้เบอร์ 3 เป็น 40:60 ใช้อัตราส่วนกาว 30% อุณหภูมิในการขึ้นรูปแผ่นไม้เท่ากับ 120 °C เป็นเวลา 25 นาที โดยใช้สภาวะ post cure ที่ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และไม้ post cure ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นและ ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น พบว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมดโดยมีค่าในช่วง 0.59-0.68 กรัมต่อลบ.ซม. และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นอยู่ในช่วง 4.6-7.8 % สำหรับค่า ความแข็งแรงดัดโค้งงอ 3 จุด ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น ค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าและค่าการบวมตัวทางความหนา แสดงดังรูปที่ 5.3-5.5



(ก.)



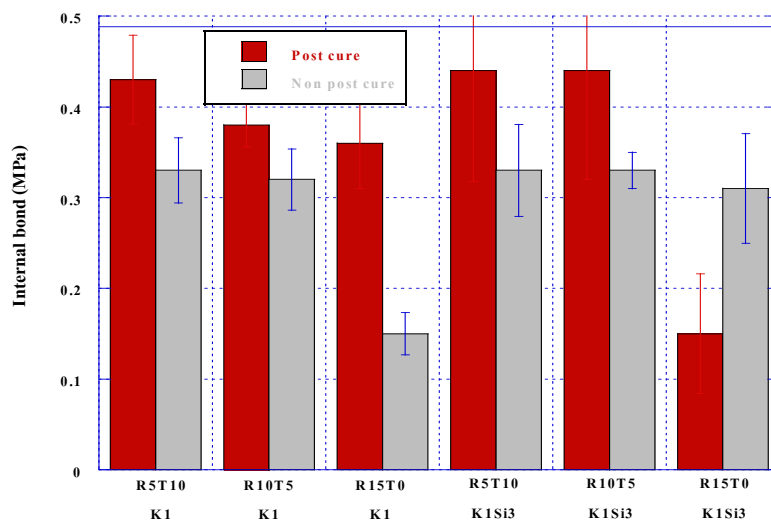
(ข.)

รูปที่ 5.3 (ก.) ผลของค่าความแข็งแรงดัด (ข.) ผลของค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

จากรูปที่ 5.3 (ก.) แสดงผลการทดสอบสมบัติค่าความแข็งแรงดัด โค้งงอ 3 จุด พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ผ่านการ Post cure มีค่าการทดสอบอยู่ในช่วง 4.34 – 8.86 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ไม่ได้ผ่านการ Post cure มีค่าการทดสอบอยู่ในช่วง 5.61 – 7.55 MPa ยกเว้นแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่มีสูตรทกาว R15T0K1 และ R15T0K1Si3 อันเนื่องมาจากยางธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานานอาจเกิดการเสื่อมสภาพจึงทำให้ผลการทดลองในสภาวะ Post cure มีค่าต่ำกว่าสภาวะที่ไม่ Post cure โดยสูตรทกาวที่ให้ผลการทดลองค่าความแข็งแรงดัด โค้งงอ 3 จุด สูงสุดคือ R10T5K1 ที่สภาวะ Post cure

จากรูปที่ 5.3 (ข.) แสดงผลการทดสอบสมบัติค่ามอดุลัสยืดหยุ่น พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ผ่านการ Post cure มีค่าการทดสอบอยู่ในช่วง 542.2 - 1295.2MPa ส่วนแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ไม่ได้ผ่านการ Post cure มีค่าการทดสอบอยู่ในช่วง 577.8 – 822.4 MPa เมื่อเปรียบเทียบกัน

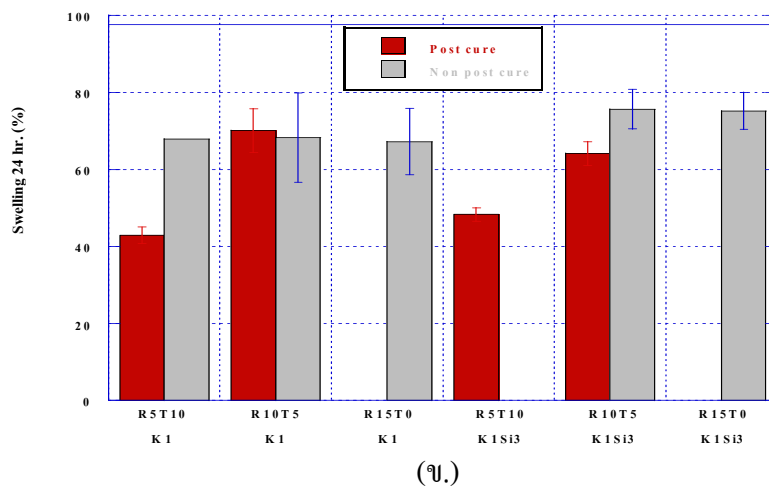
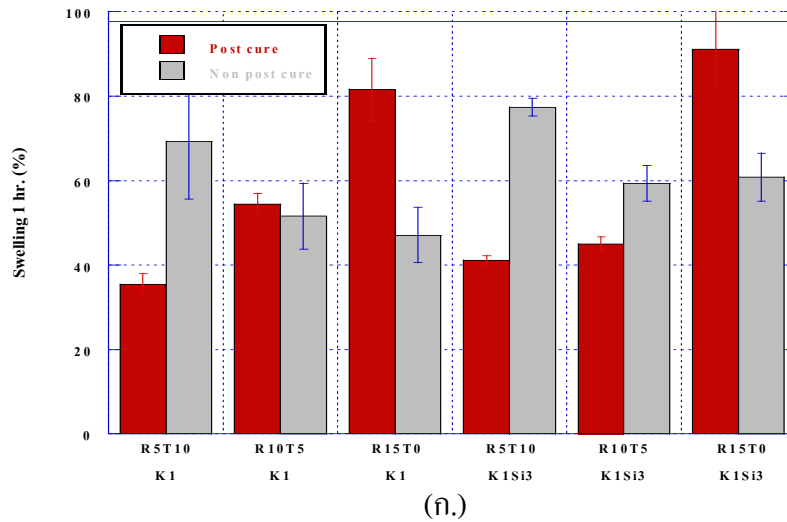
Post cure พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลในสูตรกาวที่มีน้ำยางพาราเป็นองค์ประกอบหลัก ให้ค่าผลการทดลองต่ำกว่าสูตรกาวที่มีน้ำมันทังและน้ำยางพาราเป็นองค์ประกอบหลัก ทั้งสูตรที่มีและไม่มี การเติมซิลิกา เป็นผลมาจากยางธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานานอาจเกิดการเสื่อมสภาพจึงทำให้ผลการทดลองมีค่าต่ำ และยังพบว่าในสูตรกาวที่มีการเติมซิลิกาในสูตรกาวที่มีน้ำยางพาราเป็นองค์ประกอบหลัก ให้ผลการทดลองที่สูงกว่าสูตรกาวที่ไม่มี การเติมซิลิกา เนื่องจากอนุภาคของซิลิกาซึ่งเป็นสารอนินทรีย์สามารถทนทานต่อความร้อนได้ดีจึงช่วยบดบังความร้อนและกระจายความร้อนได้ และเมื่อเปรียบเทียบกันในสถานะมีไม้ Post cure พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลในสูตรกาวที่มีองค์ประกอบของน้ำมันทังมากกว่าน้ำยางพารา ทั้งสูตรที่มีและไม่มี การเติมซิลิกา ให้ผลการทดลองที่ต่ำกว่า เนื่องจากปฏิกิริยาการเชื่อมโยงของน้ำมันทังยังเกิดได้ไม่สมบูรณ์พอ และยังพบว่าในสูตรกาวที่มีการเติมซิลิกาให้ผลการทดลองสูงกว่าสูตรกาวที่ไม่มี การเติมซิลิกา เนื่องจากซิลิกาเป็นสารตัวเติมชนิดเสริมแรง โดยซิลิกาสามารถเกิดการเชื่อมโยงกับน้ำมันทังและน้ำยางพาราได้ จึงให้ค่าผลการทดลองที่สูงกว่า โดยสูตรกาวที่ให้ผลการทดลองค่ามอดูลัสยืดหยุ่น สูงสุดคือ R10T5K1 ที่สถานะ Post cure



รูปที่ 5.4 ผลของค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

จากรูปที่ 5.4 แสดงผลการทดสอบสมบัติค่าแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ผ่านการ Post cure มีค่าการทดสอบอยู่ในช่วง 0.15 – 0.44 MPa ซึ่งมีค่าสูงกว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ไม่ได้ผ่านการ Post cure มีค่าการทดสอบอยู่ในช่วง 0.15 – 0.33 MPa ยกเว้นแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่มีสูตรกาว R15T0K1Si3 อันเนื่องมาจากยางธรรมชาติเมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานานอาจเกิดการเสื่อมสภาพจึงทำให้ผลการทดลองในสถานะ Post cure มีค่าต่ำกว่าสถานะที่ไม่ Post cure และจากค่าตามที่มาตราฐานกำหนดไว้คือ 0.3 MPa สำหรับมาตรฐาน JIS A 5908 พบว่าผลการทดสอบที่

ได้สามารถผ่านเกณฑ์ตามที่มาตรฐานกำหนด ยกเว้น สูตรการ R15T0K1 ในสภาวะไม่ Post cure และสูตรการ R15T0K1Si3 ในสภาวะ Post cure ส่วนสำหรับค่ามาตรฐาน มอก. 876 กำหนดไว้ที่ 0.4 MPa พบว่า มีเพียงบางสูตรการที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ R5T10K1, R5T10K1Si3 และ R10T5K1Si3 ในสภาวะ Post cure ทั้งหมด



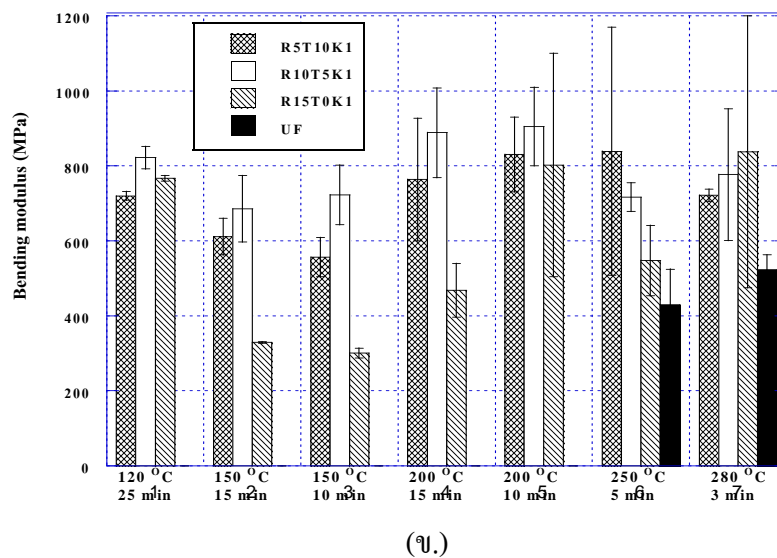
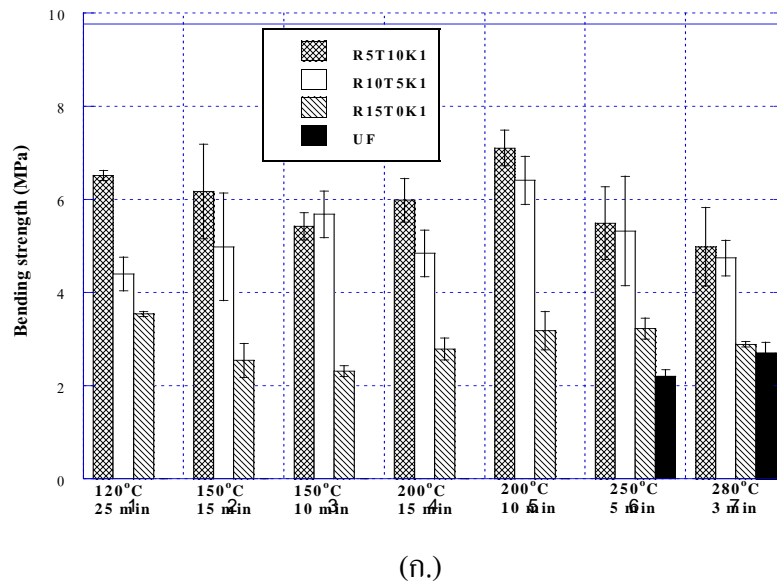
รูปที่ 5.5 ค่าการบวมตัวของความหนาที่เวลา (ก.) 1 ชม และ (ข.) 24 ชม

รูปที่ 5.5 (ก.) และ (ข.) แสดงค่าการบวมตัวของความหนาซึ่งค่ามาตรฐานได้กำหนดไว้ที่ไม่เกิน 12% ในมาตรฐาน JIS A 5908 และที่ 14% ในมาตรฐาน มอก.876 ซึ่งทั้งสองมาตรฐานมีขั้นตอนในการทดสอบแตกต่างกัน สำหรับเวลาในการทดสอบแช่น้ำของมาตรฐาน JIS A 5908 แช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และแช่น้ำ 1 ชั่วโมงในมาตรฐาน มอก.876 ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าทุกสูตรการค่าที่ได้เกินกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด ที่เวลาการทดสอบที่ 1 ชม. และ 24 ชม. สูตรการ R5T10K1 ในสภาวะ Post cure มีค่าการบวมตัวต่ำที่สุด และที่เวลา 24 ชม. สูตรการ R15T0K1

สภาวะ Post cure, R5T10K1Si3 สภาวะไม่ Post cure และ R15T0K1Si3 สภาวะ Post cure พบว่า ชิ้นงานไม่สามารถวัดค่าทดสอบได้ เนื่องจากชิ้นงานหลุดล่อนออกจากกันขณะทำการทดสอบ

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นแผ่นไม้พาร์ทิเคิล

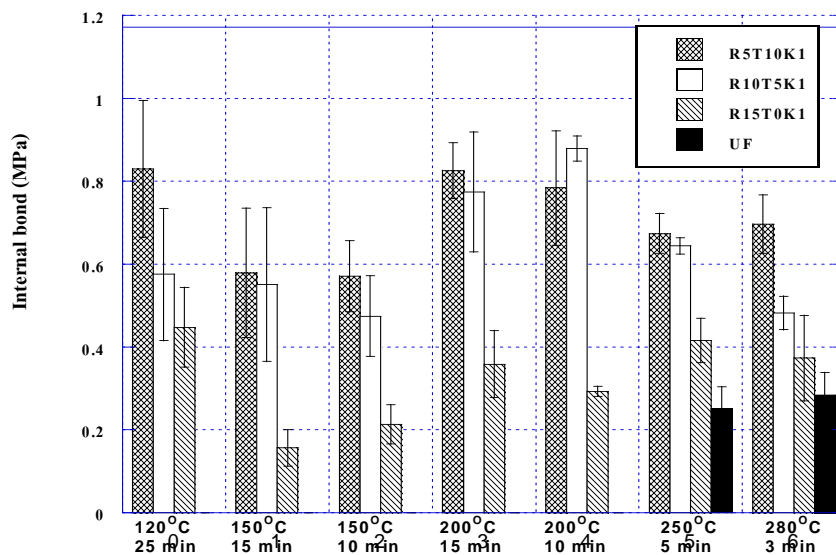
จากผลการทดสอบสมบัติของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล โดยขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 120 °C พบว่าสมบัติต่างๆ ที่ได้ยังมีค่าไม่สูงมากนัก และจากข้อมูลจากบริษัทผลิตแผ่นไม้พาร์ทิเคิล พบว่าใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูปสูงถึงประมาณ 300 °C แต่ใช้เวลาในการอัดแผ่นต่ำ ดังนั้น ขึ้นต่อไปจึงปรับเปลี่ยนกระบวนการขึ้นรูป โดยปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูป แต่ตรวจวัดสมบัติต่างๆ ของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ได้ เปรียบเทียบกับกาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม โดยขึ้นรูปสภาวะควบคุมเดียวกัน เช่น ชนิดและขนาดของไม้ชนิด สภาวะกดอัด เป็นต้น ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 5.6-5.8



รูปที่ 5.6 (ก.) ค่าความแข็งแรงดัด (ข.) ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น

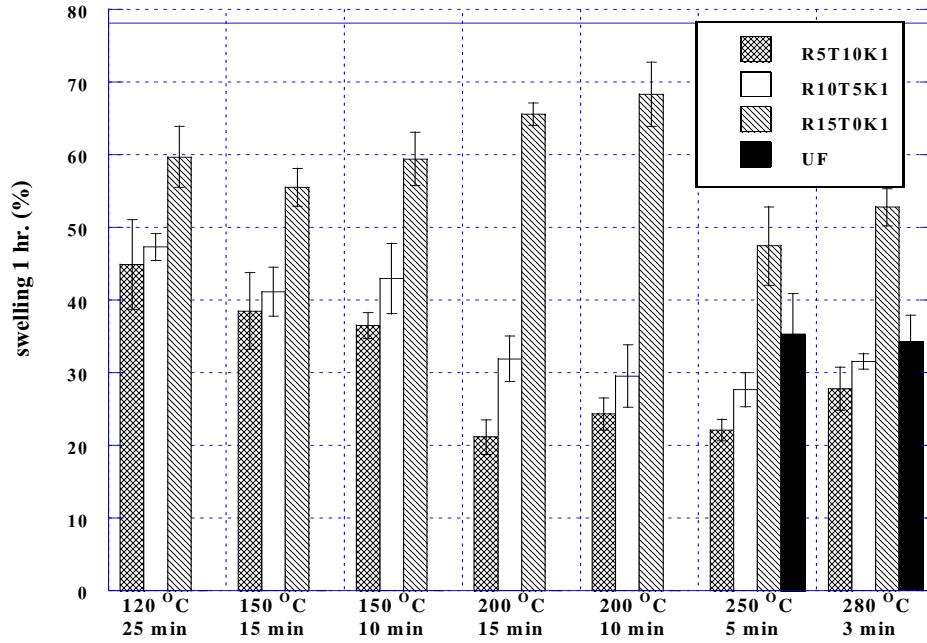
รูปที่ 5.6 (ก.) แสดงผลการทดสอบสมบัติค่าความแข็งแรงดัดโค้งงอ 3 จุด พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้สูตรกาว R5T10K1 ให้ผลการทดสอบสูงกว่ากาวสูตรอื่นๆ ทุกสถานะการขึ้นรูป ยกเว้นที่สถานะ อุณหภูมิ 150 °C, เวลา 10 นาที อย่างไรก็ตาม แผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้สูตรกาว R10T5K1 ให้ผลทดสอบใกล้เคียงกับแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่ใช้สูตรกาว R5T10K1 โดยการใช้สูตรกาว ทั้ง 2 สูตร ให้ค่าความแข็งแรงดัดโค้งงอ 3 จุด สูงกว่าการใช้กาว UF สำหรับการใช้อกาวสูตร R15T0K1 ให้ผลการทดสอบสูงกว่าการใช้กาว UF ในบางสถานะ แต่ต่ำกว่าการใช้กาว R10T5K1 และ R5T10K1

รูปที่ 5.6 (ข.) แสดงผลการทดสอบสมบัติค่ามอดูลัสยืดหยุ่น พบว่าแผ่นไม้พาร์ทิเคิลที่มีสูตรกาว R10T5K1 และ R5T10K1 ทุกสถานะการขึ้นรูปให้ผลการทดสอบสูงกว่าการใช้กาว UF สำหรับสูตร R15T0K1 ให้ผลการทดสอบสูงกว่าการใช้กาว UF ในบางสถานะ แต่ต่ำกว่าการใช้กาว R10T5K1 และ R5T10K1

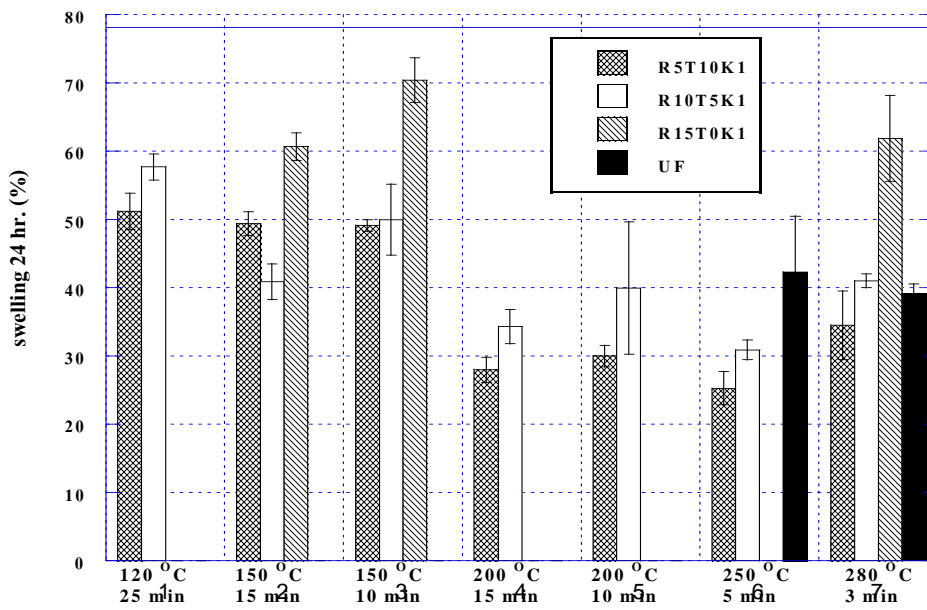


รูปที่ 5.7 ผลของค่าแรงดัดโค้งงอ 3 จุดกับผิวหน้า

รูปที่ 5.7 แสดงผลการทดสอบสมบัติค่าแรงดัดโค้งงอ 3 จุด พบว่าจากค่าตามมาตรฐานกำหนดไว้คือ 0.3 MPa สำหรับมาตรฐาน JIS A 5908 พบว่าผลการทดสอบที่ได้สามารถผ่านเกณฑ์ตามที่มาตรฐานกำหนด ยกเว้น สูตรกาว R15T0K1 บางสถานะการขึ้นรูป ส่วนสำหรับค่ามาตรฐาน มอก. 876 กำหนดไว้ที่ 0.4 MPa พบว่า มีเพียงบางสูตรกาวที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือ R5T10K1 และ R10T5K1 ในทุกสถานะการขึ้นรูป โดยการใช้สูตรกาว R10T5K1 และ R5T10K1 ทุกสถานะการขึ้นรูปให้ผลการทดสอบสูงกว่าการใช้กาว UF



(ก.)



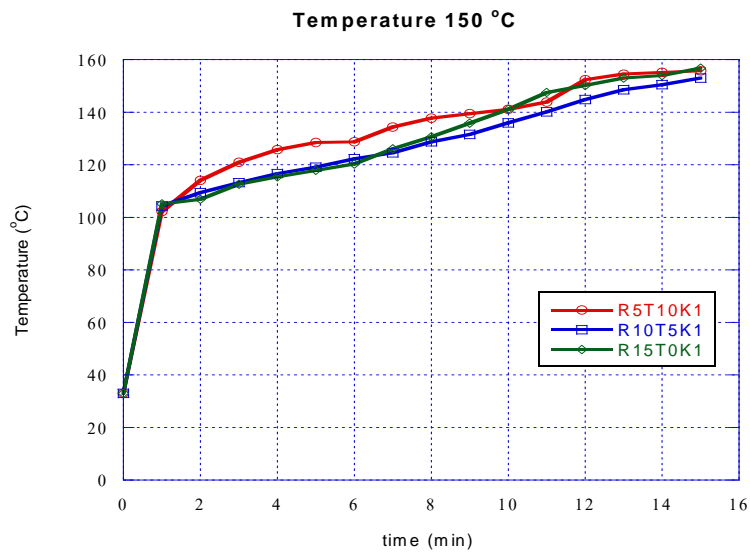
(ข.)

รูปที่ 5.8 ค่าการบวมตัวของความหนาที่เวลา (ก.) 1 ชม. และ (ข.) 24 ชม.

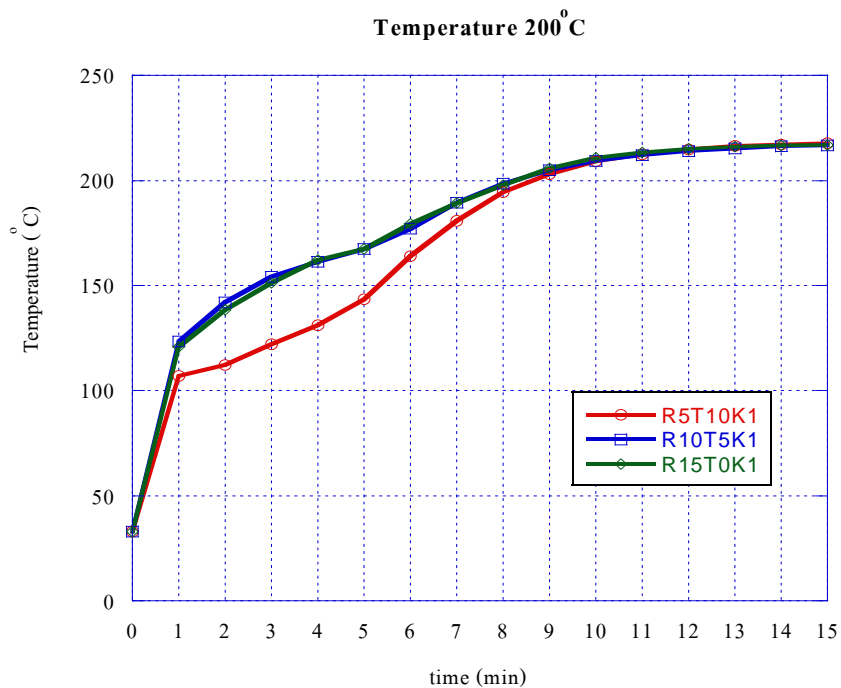
รูปที่ 5.8 (ก.) และ (ข.) แสดงค่าการบวมตัวของความหนาซึ่งค่ามาตรฐานได้กำหนดไว้ที่ไม่เกิน 12% ในมาตรฐาน JIS A 5908 และที่ 14% ในมาตรฐาน มอก.876 ซึ่งทั้งสองมาตรฐานมีขั้นตอนในการทดสอบแตกต่างกัน สำหรับเวลาในการทดสอบแช่น้ำของมาตรฐาน JIS A 5908 แช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และแช่น้ำ 1 ชั่วโมงในมาตรฐาน มอก.876 ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าทุกสูตรค่าที่ได้เกินกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด โดยที่เวลาการทดสอบ 1 ชม และ 24 ชม พบว่า

กาวสูตร R5T10K1 ให้ค่าการบวมตัวที่น้อยสุดในทุกสภาวะการขึ้นรูป และมีค่าต่ำกว่าการใช้กาว UF ในสภาวะที่ใช้อุณหภูมิขึ้นรูปแผ่นไม้ตั้งแต่ 200 °C ขึ้นไป ส่วนกาวสูตร R15T0K1 ให้ค่าการบวมตัวมากที่สุดในทุกสภาวะการขึ้นรูป นอกจากนี้ที่เวลา 24 ชม. สูตรกาว R15T0K1 ที่บางสภาวะการขึ้นรูป พบว่าชิ้นงานไม่สามารถวัดค่าทดสอบได้ เนื่องจากชิ้นงานหลุดล่อนออกจากกันขณะทำการทดสอบ อย่างไรก็ตามพบว่ากาวทั้ง 3 สูตร ในสภาวะการขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูง ค่าการพองตัวทางความหนามีค่าต่ำกว่าการใช้กาว UF แสดงถึงประสิทธิภาพของกาวที่ต้านทานน้ำหรือความชื้นได้ดีกว่ากาวเกรดการค้า

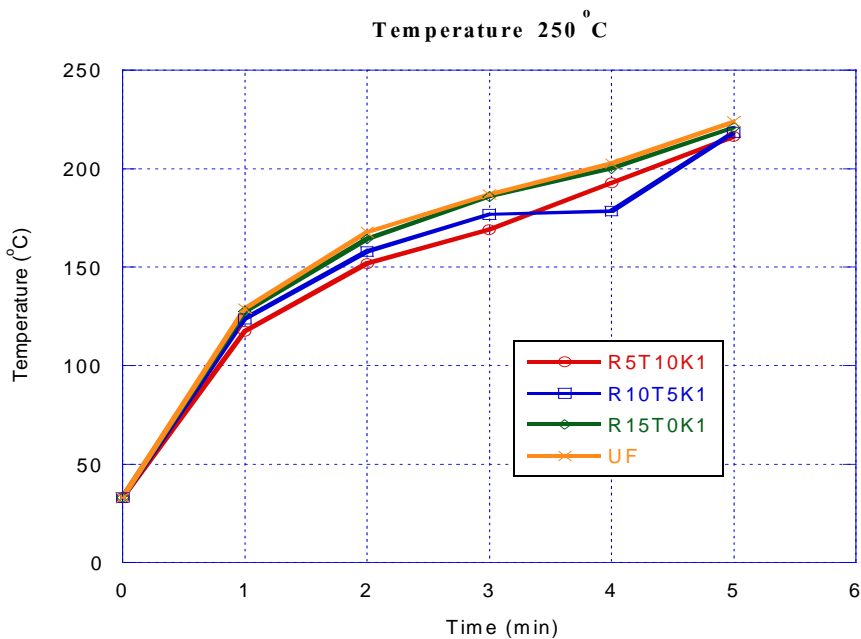
เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดร้อนที่ทำการวิจัยว่าสามารถทำค่าอุณหภูมิได้ถึงค่าที่กำหนดภายในระยะเวลาที่กำหนดหรือไม่โดยการติดตั้งเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิกับแผ่นไม้พาร์ทิเคิลขณะขึ้นรูป ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 5.9-5.12 ซึ่งพบว่า ถ้าใช้สภาวะขึ้นรูปที่ 150 และ 200 °C เครื่องอัดร้อนที่ใช้ในงานวิจัยนี้สามารถทำอุณหภูมิได้ แต่ถ้าใช้สภาวะขึ้นรูปที่ 250 และ 280 °C เครื่องอัดร้อนที่ใช้ในงานวิจัยไม่สามารถทำค่าอุณหภูมิเป้าหมายได้ในระยะเวลาที่กำหนด จึงส่งผลให้ค่าผลการทดสอบไม่สูงเท่าที่ควร



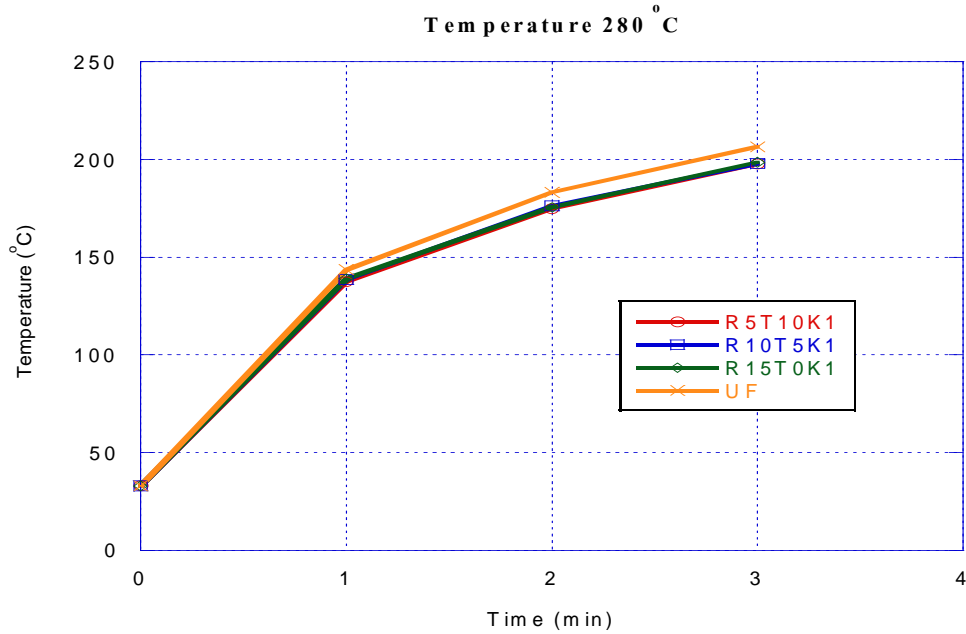
รูปที่ 5.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล ที่สภาวะ 150 °C เป็นเวลา 15 นาที



รูปที่ 5.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลที่สถานะ 200 °C เป็นเวลา 15 นาที



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลที่สถานะ 250 °C เป็นเวลา 5 นาที



รูปที่ 5.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิลที่สถานะ 280 °C เป็นเวลา 3 นาที

5.4 การคำนวณราคาต้นทุนวัตถุดิบเบื้องต้น

ตารางที่ 5.3 ราคาต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยน้ำยางพารา

| สารตั้งต้น | หน่วยบรรจุ | ราคาต้นทุน/หน่วย |
|-----------------------|----------------------------|--------------------|
| น้ำมันทัง | >100 ลิตร | 70 บาท/กิโลกรัม |
| พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ | 1 ตัน | 50 บาท/กิโลกรัม |
| น้ำยางพารา | ราคากลางตามเว็บ ยางพารา | 55-60 บาท/กิโลกรัม |
| | 20 ลิตร | 100 บาท/กิโลกรัม |
| โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต | 10 กิโลกรัม | 220 บาท/กิโลกรัม |
| ซีลีกา | 100 กิโลกรัม | 140 บาท/กิโลกรัม |

ตารางที่ 5.4 ราคาต้นทุนกาวไร้สารฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยน้ำยาขงพารา

| สูตรกาว | ราคาต้นทุน/กิโลกรัม |
|---------------|---------------------|
| R5T10K1 | 18.4 |
| R10T5K1 | 17.6 |
| R15T0K1 | 16.9 |
| R5T10Si3K1 | 22.6 |
| R10T5 Si3K1 | 21.8 |
| R15T0 Si3K1 | 21.1 |
| Commercial E0 | 25-30 |
| Super E0 | ยังไม่มีจำหน่าย |

หมายเหตุ: ต้นทุนกาวยังไม่รวมราคาน้ำ และต้นทุนจากกระบวนการผลิตและบรรจุภัณฑ์

กาว E0 ยังคงมีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในสูตรกาวแต่ปลดปล่อยออกมาไม่เกิน 0.07 ppm

5.4 สรุปผลการวิจัย

สามารถเตรียมกาวที่เมื่อนำไปผสมกับไม้ขึ้นรูปเป็นแผ่นไม้พาร์ทิเคิลแล้ว ได้สมบัติที่ดีกว่า กาว UF เกรดการค้า ได้แก่สมบัติ ความแข็งแรงดัดโค้งงอ 3 จุด ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ค่าแรงดึงตั้งฉาก กับผิวหน้าและค่าการบวมตัวทางความหนา โดยสูตรกาวที่เหมาะสมได้แก่ สูตร R10T5K1 และ R5T10K1 สำหรับสูตร R15T0K1 พบว่าให้สมบัติของแผ่นไม้พาร์ทิเคิล ส่วนใหญ่ดีกว่าการใช้กาว UF แต่ด้อยกว่า 2 สูตรแรก การเติมสารซิลิกาช่วยให้สมบัติด้านความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่ทำให้เสถียรภาพของกาวไม่ดี สภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมในการทดสอบนี้อยู่ที่ 200-250 °C เวลาในการขึ้นรูป 5-15 นาที

ผลที่ได้รับ (Output)

| เดือน ที่ | Output ข้อที่ | Output | ผลสำเร็จ (%) | กรณีล่าช้า (ผลสำเร็จไม่เกิน 100%) |
|--------------|------------------|---|-----------------|--------------------------------------|
| 1-3 | 1 | ได้กรอบการศึกษาอัตราส่วนของน้ำยาง ต่อน้ำมันทั้งและอัตราส่วนน้ำยางต่อพอลิ ไวนิลอัลกอฮอล์ | 100 | |
| 4-6 | 2 | ทราบอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม สำหรับการอัดแผ่นพาร์ทิเคิล และสภาวะ post cure ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของกาวต่อไม้ สำหรับการขึ้นแผ่นพาร์ทิเคิล | 100 100 | |
| 7-9 | 3 | ทราบอัตราส่วนของน้ำยาง น้ำมันทั้ง และ พอลิไวนิลอัลกอฮอล์ที่เหมาะสมสำหรับ สูตรกาวที่ใช้ขึ้นรูปแผ่นพาร์ทิเคิล | 100 | |
| 10-12 | 4 | ทราบสมบัติต่างๆ ของแผ่นพาร์ทิเคิลจาก ไม้ยางพารา ทราบสมบัติและเสถียรภาพของกาวและ ต้นทุนของกาว ทราบผลของการใช้น้ำยางธรรมชาติเป็น ส่วนผสมในกาวเพื่อเพิ่มสมบัติการ ต้านทานน้ำ | 100 | |

แผนงานวิจัย

| ขั้นตอนการดำเนินงาน | เดือนที่มีกิจกรรมและภาระงาน | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 1. จัดซื้อและเตรียมสารตั้งต้น ซินไมล์ และอุปกรณ์ | | ← | | → | | | | | | | | | |
| 2. ศึกษาหาสูตรผสมของกาวโดยการปรับ อัตราส่วนของน้ำยางต่อน้ำมันทัง และน้ำยางต่อพอลิไวนิลอัลกอฮอล์ | | ← | | | | | | | | | | | |
| 3. ศึกษาการใช้สารเชื่อมโยงในสูตรกาว | | | | | ← | | → | | | | | | |
| 4. ศึกษาหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอัดแผ่นพาร์ทิเคิล และสภาวะ post cure | | ← | | | | | | | | | | | |
| 5. อัตราส่วนที่เหมาะสมของกาวต่อไม้สำหรับการขึ้นแผ่นพาร์ทิเคิล | | | ← | | | → | | | | | | | |
| 6. จัดทำรายงานความก้าวหน้า 6 เดือน | | | | | | | × | | | | | | |
| 7. ศึกษาการปรับเปลี่ยนขนาดของไม้ | | | | | | | | | ← | | | | |
| 8. ทดสอบสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน มอก. 876 และ JIS A5908 | | | ← | | | | | | | | | | |
| 9. ทดสอบสมบัติของกาว | | | | ← | | | | | | | | | |
| 10. ศึกษาเสถียรภาพของกาวที่พัฒนาได้ | | | | ← | | | | | | | | | |
| 11. คำนวณต้นทุน งบประมาณวิจัย | | | | | | | | | | | | ← | → |
| 12. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์/ปิดโครงการ | | | | | | | | | | | | | × |

← → การดำเนินการจริง

**สรุปข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ
“การปรับปรุงสมบัติการต้านทานน้ำของแผ่นพาร์ทิเคิลที่ใช้กาวไร้อาร์มัลดีไฮด์”**

ผศ.ดร.ภัทราวุธ มนต์วิเศษ หัวหน้าโครงการ

| ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ | ตอบข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิโดยนักวิจัย |
|---|--|
| ความคิดเห็นด้านการพิมพ์(Editorial) | ไม่มีข้อเสนอแนะ |
| <p>ความคิดเห็นด้านวิชาการ(Technical)</p> <p><u>ผู้ทรงคุณวุฒิท่านที่ 1</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ให้เพิ่มเรื่องราวในหน้า 3 (สรุปผล) ด้วย เพราะเป็นประเด็นสำคัญของงานวิจัย เพื่อใช้งาน 2. ให้อธิบายที่มาของ Experiment design (ของตาราง 4.1) ทำไมออกแบบการทดลองของตัวแปรทั้ง 4 เช่นนั้น 3. ให้ระบุจำนวนตัวอย่าง ค่า SD ที่ใช้ทดลองสมบัติต่าง ๆ ด้วย 4. ให้ทำ sensitivity analysis ของราคาด้วย และให้ลองคำนวณกลับโดยรวมค่าใส่ค่า โสหุ่ยต่าง ๆ (ภาษี,กำไร,ค่าดำเนินการ...)ว่าจะสู้กับกาว Commercial ในราคา 25-30 บาทได้ไหม เพราะตารางที่ 5.4 เป็นเงื่อนไขที่ไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ 5. ไม่ควรเผยแพร่งาน เพราะมีโอกาสเกิด IP (Intellectual property) | <p style="text-align: center;">เพิ่มเติมแล้วในหน้า 3</p> <p style="text-align: center;">เพิ่มเติมในหน้า 15</p> <p>การทดสอบ ใช้ 5-10 ตัวอย่าง และแสดงเป็นค่า error bar ในแท่งกราฟ (เพิ่มเติมข้อความในหน้า 22)</p> <p>ทำได้เฉพาะราคาต้นทุนวัตถุดิบ ซึ่งผู้ประกอบการหรือผู้สนใจลงทุนสามารถนำไปคิดต้นทุนที่แท้จริงได้</p> <p style="text-align: center;">รับทราบ</p> |

ลงนาม.....

(หัวหน้าโครงการ)

วันที่.....9 มค 2557.....