



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
จากไม้ยางพาราเพื่อเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
(RDG5850026)

โดย

รศ.ทรงกลด จารุสมบัติ และคณะ

วันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยครั้งนี้ได้รับความร่วมมือจากหลายหน่วยงาน คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนและให้โอกาสนักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญและมีความสนใจในการพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ยางพารา โดยเฉพาะด้านการพัฒนาคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่มีการใช้งานอย่างกว้างในตลาดแต่กลับไม่ได้รับความสนใจในการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์จากภาคเอกชนเท่าที่ควร

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท วนชัย กรู๊ป จำกัด (มหาชน) จังหวัดชลบุรี บริษัท อะโกร ไฟเบอร์ จำกัด (โรงงาน เอ็ม ดี เอฟ แพลนท์) จังหวัดปราจีนบุรี บริษัท วนชัย พาเนลอินทรีส์ จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี และบริษัท พาเนล พลัส จำกัด จังหวัดสงขลา ที่ร่วมแลกเปลี่ยนความรู้ด้านการวิจัยอุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง อันเป็นประโยชน์ในการดำเนินงานวิจัยของคณะผู้วิจัยเป็นอย่างมาก

ความสำเร็จที่แท้จริงของโครงการนี้ คือ ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางภาครัฐ และสถานศึกษา ได้นำผลงานวิจัยนี้ไปปรับใช้เพื่อให้เกิดการพัฒนาคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางให้ดีขึ้น สามารถแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

คำนำ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้เห็นความสำคัญในการพัฒนาคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ตั้งแต่ระยะต้นจนถึงระยะสุดท้ายของกระบวนการผลิต โดยระยะต้นเริ่มที่กระบวนการเตรียมเส้นใยเพื่อใช้ทำแผ่น โดยทำการปรับปรุงสภาพเส้นใยเพื่อลดค่าการพองตัวตามความหนา ระยะกลาง โดยการเลือกใช้กาวที่มีสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ในระดับต่ำหรือกาวที่ไม่มีสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ จนถึงระยะสุดท้ายของกระบวนการผลิต โดยการนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ผลิตเสร็จแล้วมาปรับปรุงคุณภาพก่อนที่จะนำไปจำหน่าย จึงได้การสนับสนุนภาคีชาววนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำวิจัยเรื่อง การปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราเพื่อเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ผลงานวิจัยนี้ คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทั่วประเทศ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น อันนำไปสู่การแข่งขันที่ยั่งยืนได้

แบบสรุปผู้บริหาร

[Executive Summary]

โครงการปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราเพื่อเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Medium Density Fiberboard for Friendly Environment) ดำเนินการวิจัยดังนี้ คือ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง หรือแผ่นเอ็มดีเอฟ (Medium density fiberboard) เป็นแผ่นใยไม้อัดชนิดอัดแน่น (Compressed fiberboard) ชนิดหนึ่งซึ่งผลิตจากการนำเอาวัตถุดิบไม้ หรือวัสดุที่มีเซลลูโลสและลิกนินเป็นองค์ประกอบหลักมาบดย่อยให้เป็นเส้นใย แล้วนำมาผสมกับสารยึดติดและสารเติมแต่งอื่นแล้วนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่น ให้ความแน่นตลอดทั่วทั้งแผ่นอย่างสม่ำเสมอที่ระดับความหนาแน่นเท่ากับ 1.40-0.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปัจจุบันกำลังผลิตรวมของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางในประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากการขยายกำลังการผลิตของผู้ประกอบการเดิมและการเข้าสู่ตลาดของผู้ผลิตรายใหม่ เป็นสิ่งสะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มว่า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจะเป็นที่นิยมใช้งานมากขึ้น ผู้ใช้งานหลักๆ คือ อุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างและตกแต่ง แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมีความได้เปรียบแผ่นไม้ (wood-based panels) ประเภทอื่นทั้งในเชิงเศรษฐกิจและเทคโนโลยีซึ่งเป็นที่ยอมรับของทั้งผู้บริโภค และผู้ผลิต ดังจะเห็นได้จากความต้องการ และการประยุกต์ใช้งานที่มากขึ้น

ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการผลิตใหม่ๆ รวมทั้งพัฒนาระบบการผลิตเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ตลอดจนคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐานการใช้งานที่ดีควบคู่ไปกับการพัฒนารูปแบบ ในการนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางไปใช้งานให้กว้างขวางยิ่งขึ้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้ การวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการผลิต ไม่ว่าจะเป็นด้านวัตถุดิบและกระบวนการผลิตนับเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับคุณภาพของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางด้านการดูดซึมน้ำ การพองตัวตามความหนาและการเกิดเชื้อราในการนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางไปใช้งาน ปัญหาดังกล่าวเกิดจากคุณภาพและคุณสมบัติของเส้นใยที่นำมาใช้ในการผลิต จำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงสภาพเส้นใยให้มีความเหมาะสมต่อเพื่อลดปัญหาการดูดซึมน้ำ การพองตัวตามความหนา และการเกิดเชื้อราของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางให้สามารถนำไปใช้งานได้มีประสิทธิภาพ ตลอดจนการใช้สารยึดติดหรือกาวซึ่งปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการผลิตแบบใช้กาว E2 (สัญลักษณ์แสดงมาตรฐานการวัดค่าการปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ออกจากผลิตภัณฑ์ Formaldehyde Emission Standard) ซึ่งมีการปลดปล่อยฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในปริมาณสูง

ในการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งถึงการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการปรับปรุงวัตถุดิบเพื่อก่อให้เกิดความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยการพัฒนาสารยึดติดหรือกาวชั้นคุณภาพ E0 ซึ่งปัจจุบันมีราคาที่แพง และ

การพัฒนาคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ได้ยังมีความไม่แน่นอนด้านคุณภาพบางประการเมื่อเทียบกับมาตรฐาน รวมถึงการยกระดับผลิตภัณฑ์เพื่อรองรับความต้องการของผู้บริโภคที่มากขึ้นใน ความคาดหวังด้านความปลอดภัยจากการนำผลิตภัณฑ์มาใช้งาน ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวทางคณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็น ถึงความสำคัญในการพัฒนาปรับปรุงวัตถุดิบตั้งต้นคือการพัฒนาคุณภาพเส้นใยและสารยึดติดหรือกาวในแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 ศึกษากรรมวิธีการปรับสภาพเส้นใยจากไม้ยางพารา สำหรับการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
- 2.2 ศึกษาถึงสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา ที่ได้ปรับปรุงคุณภาพเส้นใยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5909-1994 และมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย (สมอ.)
- 2.3 ศึกษาถึงชนิดและปริมาณกาวที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
- 2.4 ศึกษาถึงสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากกาวแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 966 – 2547)

3. ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราในโครงการนี้ มีขั้นตอนและแบบการวิจัย (research design) แบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

แบบการวิจัยที่ 1 การศึกษาวิจัยโดยการนำไม้ยางพารามาผ่านกระบวนการแยกเป็นเส้นใยและทำการปรับปรุงคุณภาพเส้นใยโดยการนึ่งเส้นใยด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 120°C และ 150°C และแต่ละระดับใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1, 2, 3 และ 4 นาที โดยวางแผนการทดลองแบบ 2×4 แฟคตอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (2×4 factorial experiment in completely randomized design) การทดลองมี 8 ทรีทเมนต์คอมบินเนชัน (วิธีการต่างๆ ที่กระทำต่อหน่วยทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดผลและเปรียบเทียบ วิธีการอาจมาจากปัจจัยเดียว หรือหลายปัจจัยร่วมกัน) แต่ละทรีทเมนต์คอมบินเนชันมีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนว่าผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน

แบบการวิจัยที่ 2 การศึกษาวิจัยโดยการนำไม้ยางพารา มาแยกและผสมสารยึดติดหรือกาวที่มีปริมาณสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์แตกต่างกัน ดังนี้

- กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10%
- กาว pMDI 5%
- กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5%
- กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 5%
- กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3%
- แป้งมันสำปะหลัง 10%
- กาว epoxy 8%

การทดลองจะทำแบบสุ่มตลอด แต่ละทรีทเมนต์คอมบินชันมีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่ามาทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 966-2547) มาวิเคราะห์ความแปรปรวนว่าผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน

แบบการวิจัยที่ 3 การศึกษาวิจัยโดยการนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่จำหน่ายในท้องตลาดมาอบร้อนในเตาอบที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 120°C, 140°C และ 160°C และแต่ละอุณหภูมิใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง การทดลองจะทำแบบสุ่มตลอด แต่ละทรีทเมนต์คอมบินชันมีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนว่าผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ทำการอบร้อน

4. ผลการวิจัย

การปรับปรุงคุณภาพเส้นใยไม้ยางพาราโดยกรรมวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำก่อนนำเส้นใยไปทำแผ่นที่อุณหภูมิ 120 °C และ 150 °C ใช้ระยะเวลา 4 นาที ทำให้ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นลดลง ส่วนค่าความต้านแรงดัด และค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น แต่หากใช้เส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ ควรนำแผ่นไปอบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 3 ชั่วโมง แต่หากจะทำการอบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C ต้องเพิ่มระยะเวลาในการอบร้อนให้มากกว่า 5 ชั่วโมง ชนิดของสารยึดติดหรือกาวที่เหมาะสมในการทำแผ่นที่ไม่มีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ คือ กาว pMDI 5% ส่วนแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้ง

มันสำปะหลัง 3% สามารถลดการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ลงได้ 34.22% และ 9.58% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เพียงอย่างเดียว

5. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

การผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากวัตถุดิบไม้ยางพารา เพื่อการพัฒนาคุณสมบัติให้ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม เพื่อลดค่าการพองตัวตามความหนาและลดค่าการดูดซึมน้ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่พัฒนาในกระบวนการผลิตได้ยากและใช้ต้นทุนในการปรับปรุงคุณสมบัติที่สูง การเพิ่มขึ้นตอนหรือการคัดเลือกกระบวนการในการทดสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณสมบัติดังกล่าว จะต้องค้นหาความเหมาะสมทั้งด้านต้นทุน เวลา และคุณภาพ ดังนั้นเมื่อการทดสอบทราบผลบ่งชี้และสภาวะที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็นต้องนำผลการทดสอบที่ดีที่สุดในแต่ละแบบการทดลองมาทำการทดลองซ้ำโดยรวมทุกปัจจัยและทุกกรรมวิธีที่ดีทั้งการปรับปรุงเส้นใย, การเลือกชนิดกาว และการอบแผ่นสำเร็จรูป เพื่อทดสอบคุณสมบัติ และเป็นการยืนยันทางการทดสอบอีกครั้ง และอาจต้องเพิ่มการทดสอบคุณสมบัติทางด้านการเกิดเชื้อราในแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเพิ่มขึ้นอีกด้วย

การปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา เพื่อเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

Medium Density Fiberboard for Friendly Environment

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษากรรมวิธีในการลดค่าการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนาของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Mull-Arg.) โดยการทำแผ่นจากเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงสภาพในสภาวะแตกต่างกัน และการนำแผ่นที่จำหน่ายในท้องตลาดมาปรับปรุงสภาพด้วยการอบร้อน นอกจากนี้ ยังศึกษาถึงชนิดกาวที่มีปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ในระดับที่แตกต่างกันเพื่อการทำแผ่นที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยแผ่นทั้งหมดจะทดสอบสมบัติเชิงกลและกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปได้ว่า การปรับปรุงสภาพเส้นใยไม้ยางพาราโดยกรรมวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำ ก่อนนำเส้นใยไปทำแผ่นที่อุณหภูมิ 120°C และ 150°C ใช้ระยะเวลา 4 นาที ทำให้ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความต้านแรงดึงตึงฉีกกับผิวหน้าของแผ่นลดลง ส่วนค่าความต้านแรงดัด และค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น แต่หากใช้เส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับปรุงสภาพ ควรนำแผ่นไปอบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 3 ชั่วโมง แต่หากจะทำการอบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C ต้องเพิ่มระยะเวลาในการอบร้อนให้มากกว่า 5 ชั่วโมง ชนิดกาวที่เหมาะสมในการทำแผ่นที่ไม่มีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ คือ กาว pMDI 5% ส่วนแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% สามารถลดการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ลงได้ 34.22% และ 9.58% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เพียงอย่างเดียว

คำหลัก: ไม้ยางพารา แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ปรับปรุงสภาพเส้นใยไม้ การอบร้อน กาว ฟอร์มัลดีไฮด์

ABSTRACT

Research study for decrease water absorption and thickness swelling of medium density fiberboard (MDF) made from rubber wood fiber (*Hevea brasiliensis* Mull-Arg.) were fiber treatment and developed commercially MDF were heat treatment with various temperatures and time. In addition to, this research study to various glue types that release formaldehyde emission from boards. Properties of boards were tested by TISI 966-2547 (2004) and JIS A 5905-1994. The data gathered were analyzed by statistical method.

The results demonstrated that fiber treatment at 120°C and 150°C for 4 min can be reduced thickness swelling, water absorption and internal bonding but increased mechanical properties (MOR and MOE). If board made from fiber non treatment, can heating board at 160°C for 3 hrs. or heating at 140°C for longer heating time than 5 hrs.

Physical and mechanical properties of board made with pMDI 5% passed industrial standard and non formaldehyde release, but made with UF 5% and pMDI 5% or UF 7% and starch 3% can be reduced formaldehyde emission 34.22% and 9.58% of board made with 10% UF respectively.

KEY WORDS: rubber wood, medium density fiberboard (MDF), fiber treatment, heat treatment, glue, formaldehyde

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
คำนำ	ii
บทสรุปผู้บริหาร	iii
บทคัดย่อ และ Abstract	vi
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
วิธีการศึกษา	2
แบบการวิจัยที่ 1 การปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง จากไม้ยางพารา	
แผนการทดลอง	4
วัตถุดิบ	4
ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	17
สรุปผล	30
แบบการวิจัยที่ 2 การทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	
แผนการทดลอง	33
การทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา	34
ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	37
สรุปผล	51
แบบการวิจัยที่ 3 การปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง จากไม้ยางพาราโดยการอบร้อน	
แผนการทดลอง	54
ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	58
สรุปผล	70
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	
บทสรุป	73
การแลกเปลี่ยนประสบการณ์และองค์ความรู้ที่ได้กับผู้ประกอบการ	76
ต้นทุนการดำเนินการในห้องปฏิบัติการ.....	76
ข้อเสนอแนะ	79

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	80
เอกสารแนบ	82
ภาคผนวก.....	86

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 Condition of rubber wood fiber treatment	8
1-2 Dimensions and number of test specimens	14
1-3 Physical and mechanical properties of the medium density fiberboards	18
1-4 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on water absorption	19
1-5 Comparison of the effects of various fiber treatment conditions on water absorption of medium density fiberboard	20
1-6 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on thickness swelling	22
1-7 Comparison of the effects of various fiber treatment conditions on thickness swelling of medium density fiberboard	22
1-8 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of rupture	24
1-9 Comparison of the effects of various fiber treatment conditions on modulus of rupture of medium density fiberboard	24
1-10 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of elasticity	26
1-11 Comparison of the effects of various fiber treatment conditions on modulus of elasticity of medium density fiberboard	26
1-12 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on internal bonding	28

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
1-13 Comparison of the effects of various treatment times on internal bonding of medium density fiberboard	29
2-1 Physical and mechanical properties of the medium density fiberboards	38
2-2 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on water absorption	40
2-3 Comparison of the effects of various glue type on water absorption of medium density fiberboard	40
2-4 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on thickness swelling	41
2-5 Comparison of the effects of various glue type on thickness swelling of medium density fiberboard	42
2-6 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of rupture	44
2-7 Comparison of the effects of various glue type on modulus of rupture of medium density fiberboard	44
2-8 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of elasticity	45
2-9 Comparison of the effects of various glue type on modulus of elasticity of medium density fiberboard	46
2-10 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on internal bonding	48
2-11 Comparison of the effects of various glue type on internal bonding of medium density fiberboard	48
2-12 Formaldehyde content of medium density fiberboard	49
3-1 Condition of medium density fiberboard heat treatment	56
3-2 Physical and mechanical properties of heat treatment medium density fiberboards	59
3-3 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on water absorption	60

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
3-4 Comparison of the effects of various heat treatment temperature on water absorption of medium density fiberboard	61
3-5 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on thickness swelling	62
3-6 Comparison of the effects of various heat treatment conditions on thickness swelling of medium density fiberboard	63
3-7 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of rupture	65
3-8 Comparison of the effects of various heat treatment temperatures on modulus of rupture of medium density fiberboard	66
3-9 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of elasticity	67
3-10 Comparison of the effects of various heat treatment conditions on modulus of elasticity of medium density fiberboard	67
3-11 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on internal bonding	69
3-12 Comparison of the effects of various heat treatment temperatures on internal bonding of medium density fiberboard	71
4-1 Medium density fiberboard quality improvement	75
4-2 Compared production cost of medium density fiberboard quality made from various fiber treatment in lab scale	77
4-3 Compared production cost of medium density fiberboard made with various glue type in lab scale	78
4-4 Compared production cost of medium density fiberboard made from various heat treatment in lab scale	79

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 Rubber wood logs (<i>Hevea brasiliensis</i> Mull-Arg.)	5
1-2 and 1-3 Rubber wood lumbering	5
1-4 Chipping	5
1-5 Screening.....	6
1-6 Wood chip	6
1-7 Defibrating	7
1-8 Refining	7
1-9 Freeness tester	7
1-10 Fiber treatment	8
1-11 Dried rubber wood fiber	9
1-12 Rubber wood fiber storage	9
1-13 and 1-14 Moisture content of rubber wood fiber measuring	10
1-15 Rubber wood fiber, glue and paraffin emulsion mixing	10
1-16 Mat forming	11
1-17 Cold pressing	11
1-18 Layout of mat for hot press	11
1-19 Hot pressing	12
1-20 Seasoning	12
1-21 Thickness test	12
1-22 Cut specimens to size	13
1-23 Test specimens diagram	13
1-24 and 1-25 Density and moisture content test	15
1-26 and 1-27 Thickness swelling and water absorption test	16
1-28 Bending strength test	16
1-29 Internal bonding test	16
1-30 Percentage water absorption of boards with various fiber treatment conditions.	20
1-31 Percentage thickness swelling of boards with various fiber treatment conditions	23

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
1-32 Modulus of rupture of boards with various fiber treatment conditions	25
1-33 Modulus of elasticity of boards with various fiber treatment conditions	27
1-34 Internal bonding of boards with various fiber treatment conditions	28
1-35 Internal bonding of boards with various treatment temperature conditions	29
2-1 Rubber wood fiber storage	34
2-2 Seasoning	35
2-3 Percentage water absorption of boards with various glue type	41
2-4 Percentage thickness swelling of boards with various glue type	42
2-5 Modulus of rupture of boards with various glue type	45
2-6 Modulus of elasticity of boards with various glue type	46
2-7 Internal bonding of boards with various glue type	49
3-1 Commercial medium density fiberboard from rubber wood	54
3-2 Cut to size 40 x 40 cm.	55
3-3 Heat treatment of MDF with oven.	55
3-4 Seasoning	56
3-5 Percentage water absorption of medium density fiberboards with various heat treatment conditions	60
3-6 Percentage water absorption of boards with various heat treatment temperatures	61
3-7 Percentage thickness swelling of boards with various heat treatment conditions	63
3-8 Modulus or rupture of medium density boards with various heat treatment conditions	65
3-9 Modulus of rupture of boards with various heat treatment temperatures	66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-10 Modulus of elasticity of boards with various heat treatment conditions	68
3-11 Internal bonding of boards with various heat treatment conditions	69
3-12 Internal bonding of boards with various heat treatment temperatures	71

สัญญาเลขที่ RDG RDG5850026

โครงการ “การปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา เพื่อเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม”

บทนำ

การวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเพื่อศึกษาเทคโนโลยีการผลิตใหม่ๆ รวมทั้งพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิต ตลอดจนคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐานการใช้งานที่ดีควบคู่ไปกับการพัฒนารูปแบบในการนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางไปใช้งานให้กว้างขวางยิ่งขึ้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการไปพร้อมกับการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมประเภทนี้ นอกจากนั้นการวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการผลิต ไม่ว่าจะเป็นด้านวัตถุดิบและกระบวนการผลิตนับเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับคุณภาพของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางด้านการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนาในการนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางไปใช้งาน ปัญหาดังกล่าวเกิดจากเส้นใยที่นำมาใช้ในการผลิต จำเป็นจะต้องมีการปรับปรุงสภาพเส้นใยให้มีความเหมาะสมต่อการผลิตเพื่อลดปัญหาการดูดซึมน้ำ และการขยายตัวตามความหนาของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางให้สามารถนำไปใช้งานได้มีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. ศึกษากรรมวิธีการปรับสภาพเส้นใยจากไม้ยางพารา สำหรับการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
2. ศึกษาถึงสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา ที่ได้ปรับปรุงคุณภาพเส้นใยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS A 5905-1994 และมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไทย (สมอ.)
3. ศึกษาถึงชนิดและปริมาณกาวที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
4. ศึกษาถึงสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากกาวแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 966 – 2547)

วิธีการศึกษา

แบบการวิจัย

การศึกษาวิจัยผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราในโครงการนี้ มีขั้นตอนและแบบการวิจัย (research design) แบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

แบบการวิจัยที่ 1 การศึกษาวิจัยโดยการนำไม้ยางพารามาแยกเป็นเส้นใยและทำการปรับปรุงสภาพเส้นใยโดยการนึ่งเส้นใยด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 120°C และ 150°C และแต่ละระดับใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1, 2, 3 และ 4 นาที โดยวางแผนการทดลองแบบ 2×4 แฟคตอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (2×4 factorial experiment in completely randomized design) การทดลองมี 8 ทรีทเมนต์คอมบิเนชัน แต่ละทรีทเมนต์คอมบิเนชันมีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนว่าผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน

แบบการวิจัยที่ 2 การศึกษาวิจัยโดยการนำไม้ยางพารามาแยกและผสมกาวที่มีปริมาณสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์แตกต่างกัน ดังนี้

- กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10%
- กาว pMDI 5%
- กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5%
- กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 5%
- กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3%
- แป้งมันสำปะหลัง 10%
- กาว epoxy 8%

การทดลองจะทำแบบสุ่มตลอด แต่ละทรีทเมนต์คอมบิเนชันมีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่ามาทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 966-2547) มาวิเคราะห์ความแปรปรวนว่าผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน

แบบการวิจัยที่ 3 การศึกษาวิจัยโดยการนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่จำหน่ายในท้องตลาดมาอบร้อนในเตาอบที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 120°C , 140°C และ 160°C และแต่ละอุณหภูมิใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง การทดลองจะทำแบบสุ่มตลอด แต่ละทรีทเมนต์คอม

ปิเนชันมีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนว่าผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ทำการอบร้อน

แบบการวิจัยที่ 1

การปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา

แผนการทดลอง

การวิจัยในแบบการวิจัยที่ 1 เป็นการนำเส้นใยจากไม้ยางพาราที่ทำการปรับปรุงสภาพเส้นใยโดยการนึ่งเส้นใยด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 120°C และ 150°C แต่ละระดับใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1, 2, 3 และ 4 นาที ผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x4 แฟคตอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (2x4 factorial experiment in completely randomized design) การทดลองมี 8 ทรีทเมนต์คอมบินเนชัน แต่ละทรีทเมนต์คอมบินเนชันมีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้น นำค่าที่ได้จากการทดสอบ คือ ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าความต้านแรงดัด ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า มาวิเคราะห์ความแปรปรวน ว่าผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT)

วัตถุดิบ

1. การเตรียมชิ้นไม้สับ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ใช้ไม้ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Mull-Arg.) ที่ให้น้ำยางในปริมาณต่ำ อายุประมาณ 25 ปี (ภาพที่ 1-1) มาผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยนำไม้ยางพาราที่อ่อนมาแปรรูปด้วยเครื่องเลื่อยสายพาน (ภาพที่ 1-2 และ 1-3) แล้วนำมาสับเป็นชิ้นไม้สับ (wood chip) ด้วยเครื่องสับชิ้นไม้ (ภาพที่ 1-4) จากนั้นนำชิ้นไม้สับที่ได้เข้าตะแกรงร่อนเพื่อคัดขนาด (ภาพที่ 1-5) โดยตะแกรงจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ

ก. ชั้นที่หนึ่ง ตะแกรง (screen) เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 25x25 ตร.มม. ส่วนของชิ้นไม้สับที่มีขนาดใหญ่จะค้างอยู่บนตะแกรงแล้วถูกแยกออก

ข. ชั้นที่สอง ตะแกรงรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 15x15 ตร.มม. ชิ้นไม้สับที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 25x25 ตร.มม. แต่ค้างบนตะแกรงร่อนนี้ และมีขนาดความกว้าง ยาว 1.5-2.5 มม. ความหนาประมาณ 5 มม. นำไปใช้ทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางต่อไป (ภาพที่ 1-6) ส่วนฝุ่น และผงไม้จะรูดผ่านตะแกรง



Figure 1-1 Rubber wood logs (*Hevea brasiliensis* Mull-Arg.)



Figure 1-2 and 1-3 Rubber wood lumbering



Figure 1-4 Chipping



Figure 1-5 Screening



Figure 1-6 Wood chip

2. การเตรียมเส้นใย

นำชิ้นไม้สับที่ได้มาแยกเส้นใยโดยใช้กรรมวิธีการแยกเส้นใยแบบแอสพลุนด์ ด้วยเครื่องแยกเส้นใยแบบ Asplund defibrator (ภาพที่ 1-7) โดยใช้สภาวะดังนี้

ระดับแรงดันไอน้ำที่ใช้หนึ่งวัฏจักร	10 กก/ตร.ซม.
เท่ากับอุณหภูมิประมาณ	180°C
ระยะเวลานึ่งวัฏจักร	4 นาที
ระยะเวลาแยกเส้นใย	1 นาที

จากนั้นนำเส้นใยหยาบที่ได้ไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดเส้นใยแบบ single disc refiner ของ Sprout - Waldron D 2202 เอส A งานบดแบบ 17804 รัศมี 15 เซนติเมตร ภายใต้ความดันบรรยากาศปกติจนได้เส้นใยที่มีความละเอียดตามที่ต้องการ (ภาพที่ 1-8) แล้ววัดค่าความเป็นอิสระของเส้นใยด้วยเครื่อง freeness tester (ภาพที่ 1-9) ให้มีค่าประมาณ 20 ± 1 DS (Defibrator Second)



Figure 1-7 Defibrating



Figure 1-8 Refining



Figure 1-9 Freeness tester

การทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา

1. การปรับปรุงสภาพเส้นใย

นำเส้นใยไม้ยางพาราที่เตรียมไว้มาปรับปรุงสภาพโดยใช้การนึ่งด้วยไอน้ำ (ภาพที่ 1-10) โดยใช้สภาวะดังแสดงในตารางที่ 1-1

Table 1-1 Condition of rubber wood fiber treatment

Temperature (°C)	Time (min.)
120	1
	2
	3
	4
150	1
	2
	3
	4

จากนั้นนำเส้นใยที่ผ่านการปรับปรุงสภาพแล้วไปอบแห้งในเตาอบร้อน (ภาพที่ 1-11) ให้เหลือความชื้นประมาณ 3-5% แล้วใส่ถุงพลาสติกเก็บไว้ (ภาพที่ 1-12)



Figure 1-10 Fiber treatment



Figure 1-11 Dried rubber wood fiber



Figure 1-12 Rubber wood fiber storage

2. การทำแผ่น

นำเส้นใยไม้ยางพาราที่เก็บไว้ในถุงมาตรวจวัดหาปริมาณความชื้น (moisture content) (ภาพที่ 1-13 และ 1-14) ตามสูตร

$$MC = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100$$

เมื่อ	MC	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
	m	น้ำหนักสด (กรัม)
	m_0	น้ำหนักแห้ง (กรัม)

โดยการสุมตัวอย่างเส้นใยไม้อย่างพาราในถุงพลาสติกที่รัดปากถุงไว้ จำนวน 3 ซ้ำต่อถุง ชั่งและบันทึกน้ำหนักสดของเส้นใย นำเข้าเตาอบร้อนที่อุณหภูมิ $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$ เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำออกมาชั่งและบันทึกน้ำหนักแห้งของเส้นใยและคำนวณหาปริมาณความชื้นตามสูตรข้างต้น

จากนั้นนำเส้นใยไม้อย่างพาราไปทำเป็นแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางโดยมีสภาวะในการวิจัย ดังนี้

ความหนาแน่นของแผ่น	750 กก./ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	10 มม.
ขนาดของแผ่น	35 X 35 ตร.ซม.
ปริมาณพาราฟินอิมัลชันที่ใช้ต่อน้ำหนักของเส้นใยแห้ง	1%
ปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ต่อน้ำหนักของเส้นใยแห้ง	10%

นำเส้นใยไม้อย่างพาราไปผสมกับกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ (urea formaldehyde : UF (E_2)) และสารพาราฟินอิมัลชัน (paraffin emulsion) ในเครื่องผสมกาว (ภาพที่ 1-15) ตามสภาวะที่กำหนดไว้ จากนั้นนำไปโรยในเกลืองทำแผ่นโดยให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ (ภาพที่ 1-16) เสร็จแล้วนำไปอัดเย็นโดยใช้น้ำหนักกดทับเป็นเวลา 5 นาที (ภาพที่ 1-17) เพื่อให้เส้นใยที่โรยไว้มีความคงสภาพมากขึ้น



Figure 1-13 and 1-14 Moisture content of rubber wood fiber measuring



Figure 1-15 Rubber wood fiber, glue and paraffin emulsion mixing



Figure 1-16 Mat forming



Figure 1-17 Cold pressing

3. การอัดร้อน

นำแผ่นที่ผ่านการอัดเย็นแล้วไปวางระหว่างแผ่นรองอัดที่เตรียมผิวหน้าดีแล้ว และใช้แท่งเหล็กกำหนดความหนาขนาด 10 มม. (stopper) 1 คู่วางขนานด้านข้างแผ่น (ภาพที่ 1-18) นำเข้าเครื่องอัดร้อน (ภาพที่ 1-19) ทำการอัดตามสภาวะ ดังนี้

แรงอัดจำเพาะ 35 กก./ตร.ซม.

อุณหภูมิ 160°C

ระยะเวลา 5 นาที

เสร็จแล้วจึงนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ได้ออกมาวางผึ่งในกระแสน้ำในอากาศ (ภาพที่ 1-20) รอกการทดสอบคุณสมบัติต่อไป

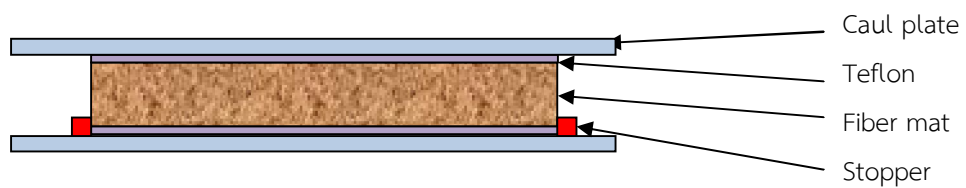


Figure 1-18 Layout of mat for hot press



Figure 1-19 Hot pressing



Figure 1-20 Seasoning

4. การตัดชิ้นทดสอบ

นำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามาวัดความหนา (thickness) โดยวัดจุดที่กึ่งกลางของขอบแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 มม. (ภาพที่ 1-21)



Figure 1-21 Thickness test

จากนั้น นำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมาตัดเป็นชิ้นทดสอบให้มีขนาดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 ตามแผนผัง (ภาพที่ 1-22 และ 1-23 และตารางที่ 1-2)



Figure 1-22 Cut specimens to size

WA&TS	D&MC	MOR&MOE			
IB	WA&TS	MOR&MOE			
MOR&MOE	IB	MOR&MOE	IB	MOR&MOE	IB
	WA&TS		D&MC		WA&TS
	D&MC		IB		IB
	IB		WA&TS		D&MC

D&MC: density and moisture content

WA&TS: water absorption and thickness swelling

MOR&MOE: bending strength or modulus of rupture and modulus of elasticity

IB: internal bonding

Figure 1-23 Test specimens diagram

Table 1-2 Dimensions and number of test specimens

Test item	Dimension of test specimen (mm.)	Number of test specimen to be sampled from one board
Density and moisture content test	50 x 50	4
Water absorption and thickness swelling test	50 x 50	5
Bending strength test	Width 50 x length $[\text{span}^{(10)} + 50]$	2 in the longitudinal direction 3 in the transverse direction
Internal bonding	50 x 50	7

5. การปรับภาวะขึ้นทดสอบ

นำขึ้นทดสอบที่เตรียมไว้สำหรับการทดสอบทางกายภาพและกลสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 (ทดสอบการพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า) เข้าห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพื่อปรับภาวะที่อุณหภูมิ $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ $(65 \pm 5)\%$ จนมีมวลคงที่ คือ มวลของขึ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้ง ห่างกัน 24 ชั่วโมง ต่างกันไม่เกิน 0.1%

6. การทดสอบสมบัติทางกายภาพและกลสมบัติ

นำขึ้นทดสอบมาทดสอบสมบัติทางกายภาพและกลสมบัติตามวิธีการที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 966-2547) กำหนด (ภาพที่ 1-24 ถึง 1-28) ดังนี้

1. ความหนาแน่น (density)
2. ปริมาณความชื้น (moisture content)
3. การพองตัวตามความหนา (thickness swelling)
4. ความต้านแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of rupture and modulus of elasticity)
5. ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (internal bonding)

และทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption) ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราเพิ่มเติมด้วย

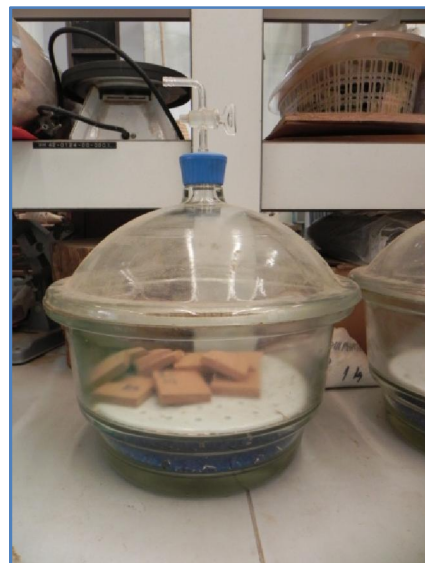


Figure 1-24 and 1-25 Density and moisture content test

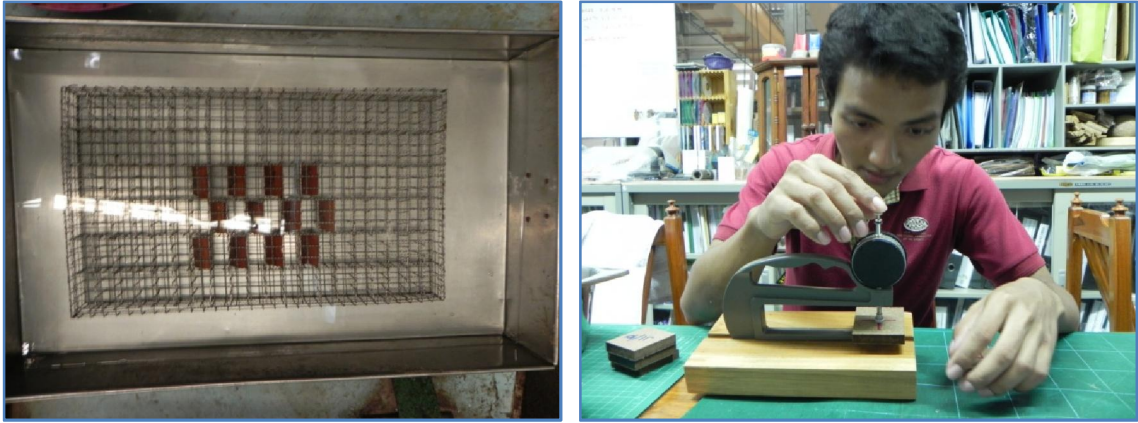


Figure 1-26 and 1-27 Thickness swelling and water absorption test

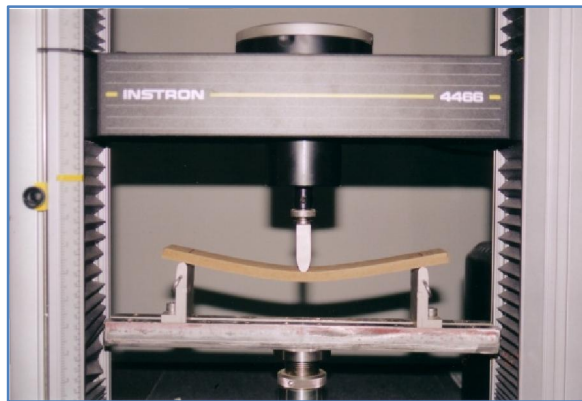


Figure 1-28 Bending strength test



Figure 1-29 Internal bonding test

ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ทำการปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 120°C และ 150°C แต่ละระดับใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1, 2, 3 และ 4 นาที เปรียบเทียบกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม่ผ่านการปรับสภาพ (control) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่จำหน่ายในท้องตลาดและเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 แสดงให้เห็นว่า

1. ความหนาแน่นและปริมาณความชื้น

ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $752.97 - 757.19$ กก./ลบ.ม. และมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง $6.27\% - 6.70\%$ (ตารางที่ 1-3) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994

2. การดูดซึมน้ำ

ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $39.11\% - 61.74\%$ โดยแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่เส้นใยไม่ผ่านการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 150°C เป็นระยะเวลา 4 นาที มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 39.11% รองลงมาคือแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ปรับสภาพที่อุณหภูมิ 120°C เป็นระยะเวลา 4 นาที มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 44.73% (ตารางที่ 1-3)

Table 1-3 Physical and mechanical properties of the medium density fiberboards

Fiber treatment condition		Density (kg./cu.m)	Moisture content (%)	Thickness (mm.)	Water absorption (%)	Thickness swelling (%)	Modulus of rupture (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)	Internal bonding (MPa)
temperature (°C)	time (min)								
TISI 966-2547		400 - 800	4.00 – 13.00	9-12 ± 1.0	-	≤15.00	≥22.00	≥2500	≥0.60
JIS A 5905-1994		350 - 800	5.00 – 13.00	7-15 ± 1.0	-	≤12.00	≥25.00	≥2000	≥0.40
Commercial MDF		671.73	6.95	9.11	52.53	16.08	28.02	2,209	1.30
control		754.94	6.56	10.14	61.74	16.19	28.89	1,736	1.10
120	1	754.28	6.54	10.11	55.04	10.74	32.09	2,031	0.83
	2	754.52	6.44	10.04	50.32	10.44	29.89	1,914	0.79
	3	755.70	6.57	10.08	46.91	10.18	32.79	2,199	1.01
	4	757.19	6.48	10.07	44.73	10.07	35.30	2,320	0.99
150	1	756.77	6.27	10.04	54.42	11.26	32.83	2,150	0.88
	2	754.17	6.48	10.07	51.07	10.72	33.54	2,248	0.92
	3	752.97	6.70	10.02	51.07	9.38	31.98	2,008	0.97
	4	754.81	6.37	10.02	39.11	5.63	32.53	2,187	1.01

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยว และปัจจัยร่วมของ อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพเส้นใยไม่มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 1-4)

นำค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 1-5 และภาพที่ 1-30) พบว่า

2.1 การปรับสภาพเส้นใยไม้อย่างพาราไดม์ก่อนนำไปทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมีผลให้ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้อย่างพาราไดม์ที่ใช้เส้นใยไม้ปรับสภาพที่อุณหภูมิ 150°C เป็นระยะเวลา 4 นาที มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำสุด รองลงมาคือ ที่อุณหภูมิ 120°C เป็นระยะเวลา 4 นาที และ 3 นาที ตามลำดับ ส่วนแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพ (control) มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยสูงสุด

2.2 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้อย่างพาราไดม์ที่ใช้เส้นใยไม้ปรับสภาพที่อุณหภูมิ 120°C และ 150°C เป็นระยะเวลา 2 และ 3 นาที มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 1-4 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on water absorption

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Treatment temperature	2	1281.508	640.754	106.700**
Treatment time	3	343.349	114.450	19.058**
Treatment temperature * time	6	245.672	40.945	6.818**
Error	24	144.125	6.005	
Total	35	2014.654		

** significant at 1% probability level

CV = 4.85%

Table 1-5 Comparison of the effects of various fiber treatment conditions on water absorption of medium density fiberboard

Treatment temperature (°C)	Treatment time (min)	Water absorption ^{1/} (%)
control		61.74 A
120	1	55.04 B
	2	50.32 BC
	3	46.91 CD
	4	44.73 D
150	1	54.42 B
	2	51.07 BC
	3	51.07 BC
	4	39.11 E

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

CV = 14.13%

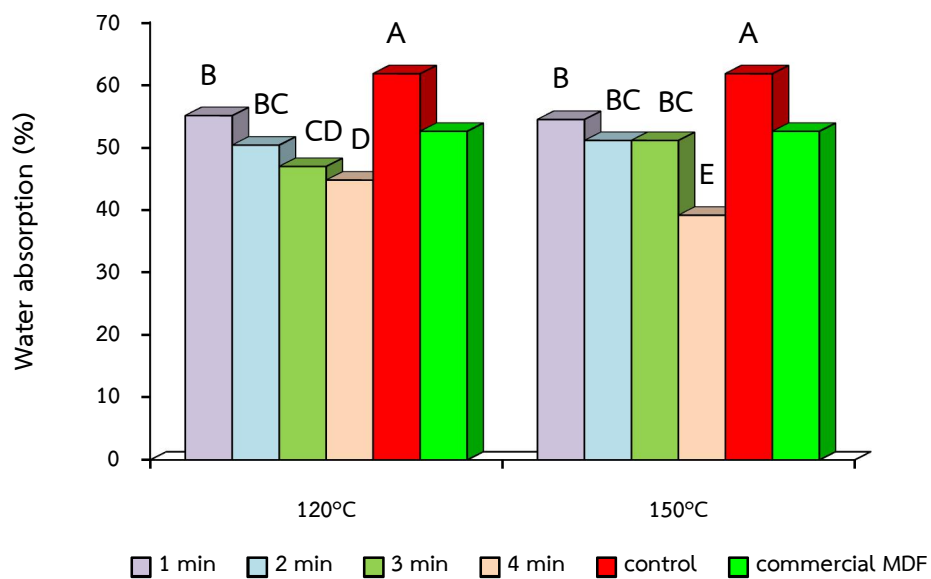


Figure 1-30 Percentage water absorption of boards with various fiber treatment conditions.

3. การพองตัวตามความหนา

ค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.63% – 16.19% แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 4 นาที มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 5.63% แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับสภาพทุกสภาวะมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 และมีค่าต่ำกว่าแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพ และที่จำหน่ายในท้องตลาด (ตารางที่ 1-3)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยว และปัจจัยร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพเส้นใยไม้มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 1-6)

นำค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 1-7 และภาพที่ 1-31) พบว่า

3.1 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ไม่ได้ปรับสภาพเส้นใยไม้มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยแตกต่างจากสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3.2 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 150°C ใช้ระยะเวลา 4 นาที มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 5.63% ซึ่งแตกต่างจากสภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3.3 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 150°C ใช้ระยะเวลา 1 และ 2 นาที มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้ระยะเวลา 3 และ 4 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3.4 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลาในการปรับปรุงสภาพไม้แตกต่างกันมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4. ความต้านแรงดัด

ค่าความต้านแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 29.89 – 35.30 MPa แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับสภาพ มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 และมีค่าสูงกว่าแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพ (control) และที่จำหน่ายทั่วไป (ตารางที่ 1-3)

Table 1-6 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on thickness swelling

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Treatment temperature	2	334.059	167.029	428.381**
Treatment time	3	23.363	7.788	19.973**
Treatment temperature * time	6	35.350	5.892	15.110**
Error	24	9.358	0.390	
Total	35	402.130		

** significant at 1% probability level

CV = 5.94%

Table 1-7 Comparison of the effects of various fiber treatment conditions on thickness swelling of medium density fiberboard

Treatment temperature (°C)	Treatment time (min)	Thickness swelling ^{1/} (%)
control		16.19 A
120	1	10.74 B
	2	10.44 BC
	3	10.18 BC
	4	10.07 BC
150	1	11.26 B
	2	10.72 B
	3	9.38 C
	4	5.63 D

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure (p<0.05)

CV = 28.91%

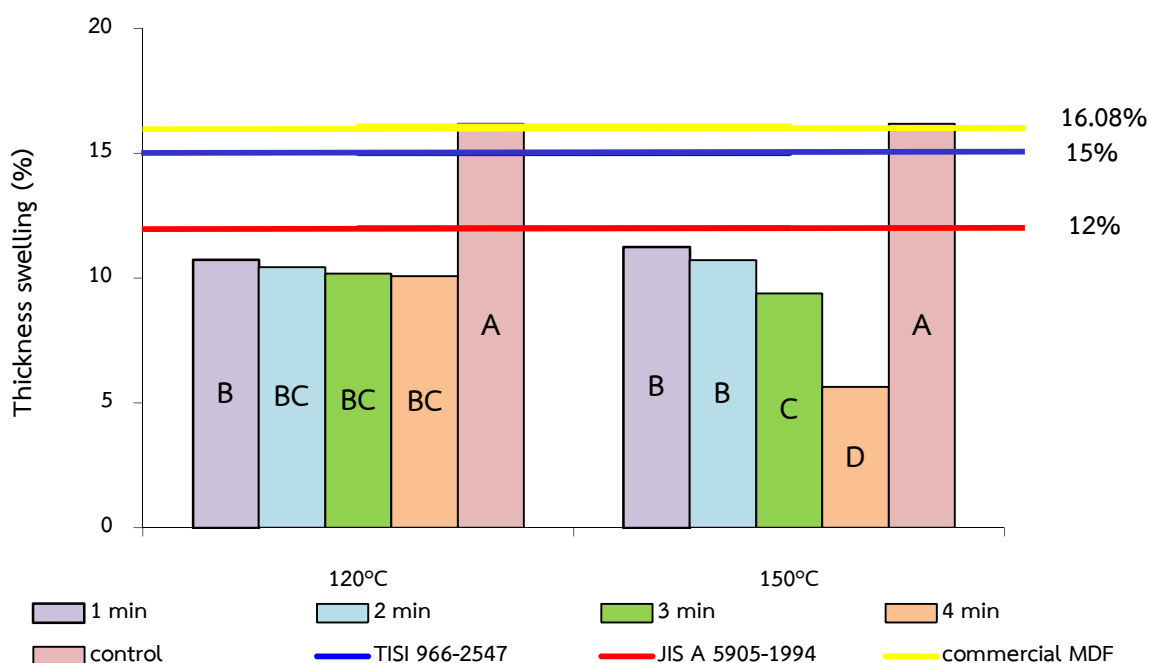


Figure 1-31 Percentage thickness swelling of boards with various fiber treatment conditions.

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดียวของอุณหภูมิที่ใช้ในการปรับสภาพเส้นใยไม้ และปัจจัยร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพเส้นใยไม้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 1-8)

นำค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 1-9 และภาพที่ 1-32) พบว่า

4.1 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงกว่าแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพ (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ปรับสภาพที่อุณหภูมิ 120 °C ใช้ระยะเวลา 2 นาที

4.2 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลา 4 นาที และที่ 150°C ใช้ระยะเวลา 2 นาที มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยเท่ากับ 35.30 และ 33.54 MPa ตามลำดับ เป็นค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.3 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 150°C ใช้ระยะเวลาในการปรับสภาพเส้นใยไม้แตกต่างกันมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.4 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลา 1 และ 3 นาที และที่อุณหภูมิ 150°C ใช้ระยะเวลา 1 2 3 และ 4 นาที มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 1-8 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of rupture

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Treatment temperature	2	111.502	55.751	34.915**
Treatment time	3	10.317	3.439	2.154 ^{ns}
Treatment temperature * time	6	38.210	6.368	3.988**
Error	24	38.322	1.597	
Total	35	198.351		

^{ns} non significant at 5% probability level

** significant at 1% probability level

CV = 3.92%

Table 1-9 Comparison of the effects of various fiber treatment conditions on modulus of rupture of medium density fiberboard

Treatment temperature (°C)	Treatment time (min)	Modulus of rupture ^{1/} (MPa)
control		28.89 D
120	1	32.09 BC
	2	29.89 CD
	3	32.79 B
	4	35.30 A
150	1	32.83 B
	2	33.54 AB
	3	31.98 BC
	4	32.53 B

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure (p<0.05)

CV = 7.02%

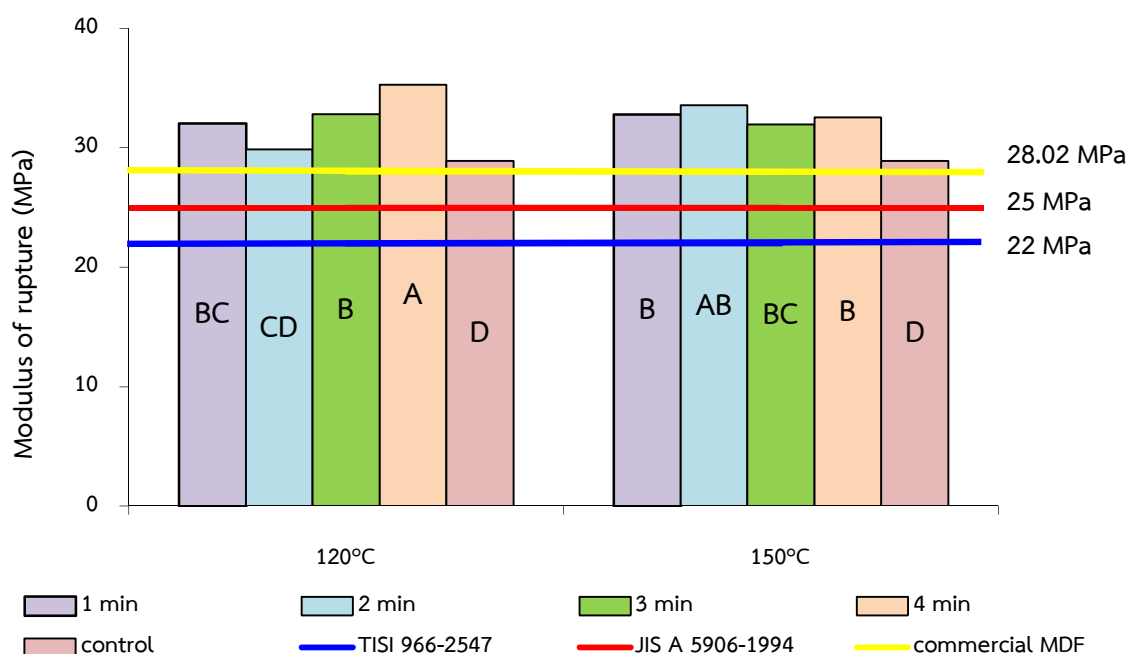


Figure 1-32 Modulus of rupture of boards with various fiber treatment conditions.

5. มอดุลัสยึดหยุ่น

ค่ามอดุลัสยึดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,736 – 2,320 MPa แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ได้มีค่าไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 แต่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด ยกเว้นแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลา 2 นาที และแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพ (control) มีค่าไม่ผ่านทั้งสองเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (ตารางที่ 1-3)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพเส้นใยไม้มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยึดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 1-10)

นำค่ามอดุลัสยึดหยุ่นเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 1-11 และภาพที่ 1-33) พบว่า

5.1 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพมีค่ามอดุลัสยึดหยุ่นเฉลี่ยสูงกว่าแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพ (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5.2 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 120°C เป็นระยะเวลา 4 นาที มีค่ามอดุลัสยึดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2,320 MPa รองลงมาคือแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ปรับสภาพที่อุณหภูมิ 150°C เป็นระยะเวลา 2 นาที มีค่าเท่ากับ 2,248 MPa ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 1-10 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of elasticity

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Treatment temperature	2	1264306.889	632153.444	147.622**
Treatment time	3	79629.000	26543.000	6.198**
Treatment temperature * time	6	303628.000	50604.667	11.817**
Error	24	102774.000	4282.250	
Total	35	1750337.889		

** significant at 1% probability level

CV = 3.13%

Table 1-11 Comparison of the effects of various fiber treatment conditions on modulus of elasticity of medium density fiberboard

Treatment temperature (°C)	Treatment time (min)	Modulus of elasticity ^{1/} (MPa)
control		1,736 D
120	1	2,031 C
	2	1,914 C
	3	2,199 B
	4	2,320 A
150	1	2,150 B
	2	2,248 AB
	3	2,008 C
	4	2,187 B

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure (p<0.05)

CV = 11.72%

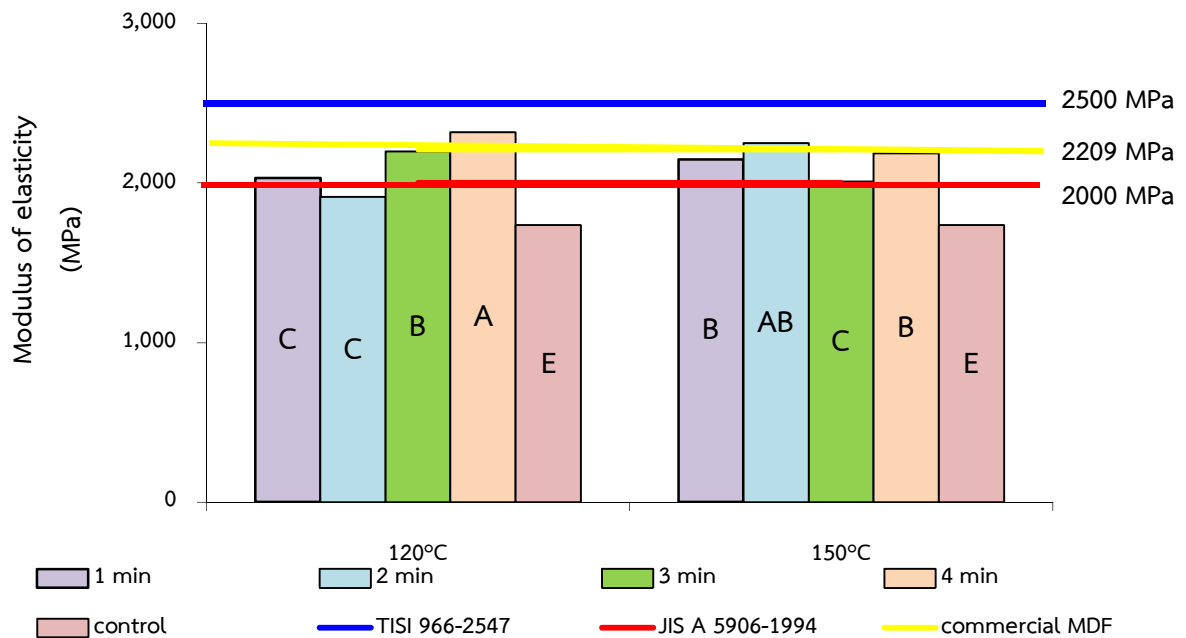


Figure 1-33 Modulus of elasticity of boards with various fiber treatment conditions.

5.3 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลา 1 และ 2 นาที มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้ระยะเวลา 3 และ 4 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5.4 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 150°C เป็นระยะเวลา 1, 2 และ 4 นาที มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้ระยะเวลา 3 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.79 – 1.10 MPa แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ได้มีค่าผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด และมีค่าต่ำกว่าแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพ (control) (ตารางที่ 1-3 และภาพที่ 1-34)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า มีเพียงปัจจัยเดียวของอุณหภูมิที่ใช้ในการปรับสภาพเส้นใยไม้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 1-11)

นำค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 1-13 และภาพที่ 1-34) พบว่า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 120°C และ 150°C มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ

ผิวหน้าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.5$) แต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพ (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.5$) โดยแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1.10 MPa

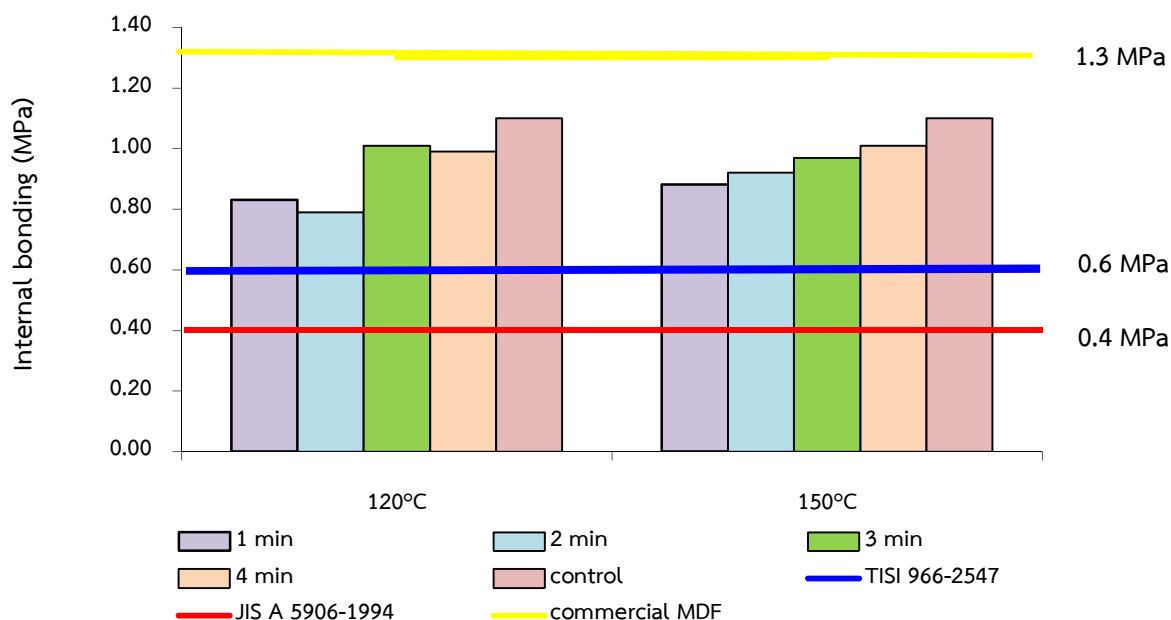


Figure 1-34 Internal bonding of boards with various fiber treatment conditions.

Table 1-12 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on internal bonding

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Treatment temperature	2	0.258	0.129	12.613*
Treatment time	3	0.07768	0.02589	2.534 ^{ns}
Treatment temperature * time	6	0.06188	0.01031	1.010 ^{ns}
Error	24	0.245	0.01022	
Total	35	0.642		

* significant at 5% probability level

^{ns} non significant at 5% probability level

CV = 10.68%

Table 1-13 Comparison of the effects of various treatment times on internal bonding of medium density fiberboard

Treatment temperature (°C)	Internal bonding ^{1/} (MPa)
control	1.10 A
120	0.91 B
150	0.95 B

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

CV = 10.51%

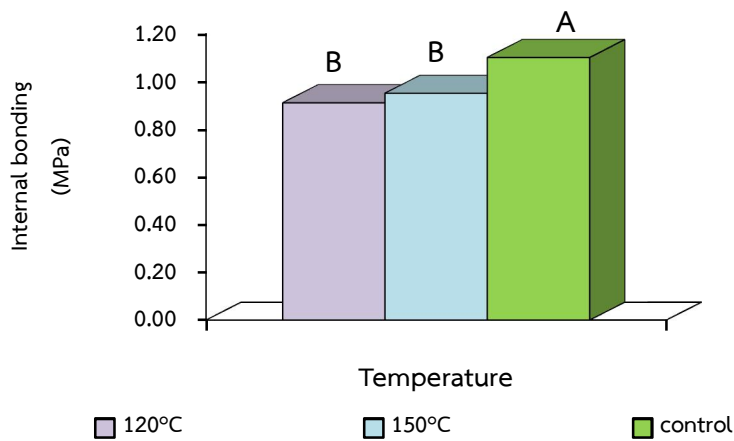


Figure 1-35 Internal bonding of boards with various treatment temperature conditions.

สรุปผล

จากการศึกษาทดลองผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ที่ผ่านการปรับปรุงสภาพที่อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 120°C และ 150°C แต่ละระดับใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1, 2, 3 และ 4 นาที เปรียบเทียบกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับปรุงสภาพ (control) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่จำหน่ายในท้องตลาด และเกณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 ที่ความหนาแน่น 750 กก./ลบ.ม. โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% ของเส้นใยแห้งเป็นสารเชื่อม ผลสรุปได้ดังนี้

1. การดูดซึมน้ำ

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับปรุงสภาพที่อุณหภูมิ 150°C ใช้ระยะเวลา 4 นาที มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 39.11% รองลงมาคือแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับปรุงสภาพที่อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลา 4 และ 3 นาที มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 44.73% และ 46.91% ตามลำดับ

ทั้งปัจจัยเดี่ยว และปัจจัยร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการปรับปรุงสภาพเส้นใยไม้มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา โดยแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับปรุงสภาพมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับปรุงสภาพ (control)

แผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับปรุงสภาพที่อุณหภูมิ 120°C และ 150°C ใช้ระยะเวลา 2 และ 3 นาที มีค่าการดูดซึมน้ำไม่แตกต่างกัน

2. การพองตัวตามความหนา

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับปรุงสภาพมีค่าพองตัวตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 และมีค่าต่ำกว่าแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับปรุงสภาพ (control) และแผ่นที่จำหน่ายในท้องตลาด

ทั้งปัจจัยเดี่ยว และปัจจัยร่วมของอุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการปรับปรุงสภาพเส้นใยไม้มีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนา

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับปรุงสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 150°C เป็นระยะเวลา 1 และ 2 นาที มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้ระยะเวลา 3 และ 4 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับปรุงสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลาในการปรับปรุงสภาพไม่แตกต่างกันมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 150°C เป็นระยะเวลา 4 นาที มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยต่ำสุด คือ 5.63% c และเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับค่าอื่น

3. ความต้านแรงดัด

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับสภาพมีค่าความต้านแรงดัดผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด โดยแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับสภาพเส้นใยที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 4 นาที มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 35.30 MPa รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 150°C เป็นเวลา 2 นาที มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยเท่ากับ 33.54 MPa

ปัจจัยเดี่ยวของอุณหภูมิ และปัจจัยร่วมของอุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพเส้นใยไม้มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยค่าความต้านแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับสภาพมีค่าสูงกว่าแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพ (control)

เมื่อใช้เส้นใยไม้ที่ผ่านการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 150°C ใช้ระยะเวลาแตกต่างกันค่าความต้านแรงดัดจะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อใช้เส้นใยไม้ที่ผ่านการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 120°C ระยะเวลา 1, 2 และ 3 นาที ค่าความต้านแรงดัดจะแตกต่างจากระยะเวลา 4 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4. มอดุลัสยืดหยุ่น

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับสภาพมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 แต่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด ยกเว้น แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 120°C เป็นระยะเวลา 4 นาที ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับสภาพเส้นใยที่อุณหภูมิ 120°C เป็นระยะเวลา 4 นาที มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 2,320 MPa รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 150°C เป็นระยะเวลา 2 นาที มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 2,248 MPa

ปัจจัยเดี่ยวของอุณหภูมิ และปัจจัยร่วมของอุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพเส้นใยไม้มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับสภาพมีค่าสูงกว่าแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพ (control)

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ปรับสภาพเส้นใยไม้ที่อุณหภูมิ 120°C เป็นระยะเวลา 3 และที่อุณหภูมิ 150°C เป็นระยะเวลา 1, 2 และ 4 นาที มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

5. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับสภาพมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด

มีเพียงอุณหภูมิที่ใช้ในการปรับสภาพเส้นใยไม้ยางพารามีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า และพบว่า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพ (control) มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1.10 MPa ซึ่งแตกต่างจากแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ผ่านการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 150°C และ 120°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติด้านต่าง ๆ ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราสรุปได้ว่า การปรับสภาพเส้นใยไม้ยางพาราโดยกรรมวิธีการนี้ด้วยไอน้ำก่อนนำเส้นใยไปผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมีผลทำให้ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าลดลง ส่วนค่าความต้านแรงดัด และค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นจะเพิ่มมากขึ้นกว่าแผ่นที่ใช้เส้นใยไม้ไม่ผ่านการปรับสภาพ (control) สภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพเส้นใยไม้ยางพาราก่อนนำไปทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง คือ ที่อุณหภูมิ 120°C และ 150°C ใช้ระยะเวลา 4 นาที

แบบการวิจัยที่ 2

การทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

แผนการทดลอง

การวิจัยในแบบการวิจัยที่ 2 เป็นการศึกษาวิจัยโดยการนำไม้ยางพารามาแยกและผสมกาวที่มีปริมาณสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์แตกต่างกัน ดังนี้

- กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10%

กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ (urea Formaldehyde) เป็นกาวที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางในปัจจุบัน มีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์จากผลิตภัณฑ์ ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้กาวประเภท E2 จากท้องตลาดซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยฟอร์มาลดีไฮด์ที่ 0.2% เมื่อทดสอบด้วยวิธี Desiccator ที่กำหนดให้ชั้นคุณภาพที่ 2 มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์มากกว่า 1.5 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ถึง 5.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

- กาว pMDI 5%

กาว pMDI (Polymeric Diphenyl Methane Diisocyanate) เป็นกาวที่ไม่มีฟอร์มาลดีไฮด์เป็นส่วนผสมและไม่มีการปลดปล่อยสารระเหยจากผลิตภัณฑ์ จัดเป็นกาวประเภท non formaldehyde emission จึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภค

- กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5%
- กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 5%

กาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ (melamine Formaldehyde) เป็นกาวที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมไม้ เป็นกาวที่มีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์จากผลิตภัณฑ์

- กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3%
- แป้งมันสำปะหลัง 10%
- กาว epoxy 8%

กาว Epoxy เป็นกาวที่ไม่มีฟอร์มาลดีไฮด์เป็นส่วนผสมและไม่มีการปลดปล่อยสารระเหยจากผลิตภัณฑ์ จัดเป็นกาวประเภท non formaldehyde emission จึงเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภค

การทดลองมีปัจจัยคือ ชนิดกาว 6 ชนิด โดยทำแบบสุ่มตลอด มีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่ามาทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 966-2547) และวิเคราะห์ความแปรปรวนว่าผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

การทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา

1. การทำแผ่น

นำเส้นใยไม้ยางพาราที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและอบแห้งในเตาอบร้อนแล้ว จากแบบการวิจัยที่ 1 ที่มี ความชื้นประมาณ 3-5% เก็บไว้ในถุงพลาสติก (ภาพที่ 2-1) มาทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางโดยมี สภาวะในการวิจัย ดังนี้

ความหนาแน่นของแผ่น	750	กก./ลบ.ม.
ความหนาของแผ่น	10	มม.
ขนาดของแผ่น	35 X 35	ตร.ซม.



Figure 2-1 Rubber wood fiber storage

2. การผสมกาว

การวิจัยในแบบการวิจัยที่ 2 นี้จะทำการผสมกาวที่มีสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณที่แตกต่างกับเส้นใยไม้ยางพาราในขั้นตอนการทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ดังนี้

- กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10%
- กาว pMDI 5%
- กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5%
- กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ 5%
- กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3%
- แป้งมันสำปะหลัง 10%
- กาว epoxy 8%

นำเส้นใยไม้ยางพาราไปผสมกับกาวในเครื่องผสมกาวตามสภาวะที่กำหนดไว้ จากนั้นนำไปโรยในกล่องทำแผ่นโดยให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ และอัดเย็นโดยใช้น้ำหนักกดทับเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปอัดร้อน

3. การอัดร้อน

นำแผ่นที่ผ่านการอัดเย็นไปวางระหว่างแผ่นรองอัดที่เตรียมผิวหน้าดีแล้ว นำเข้าเครื่องอัดร้อนตามสภาวะ ดังนี้

แรงอัดจำเพาะ 35 กก./ตร.ซม.

อุณหภูมิ 160°C

ระยะเวลา 5 นาที

ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาว epoxy ในการผลิตมีสภาวะในการอัดร้อน ดังนี้

แรงอัดจำเพาะ 35 กก./ตร.ซม.

อุณหภูมิ 150°C

ระยะเวลา 10 นาที

เสร็จแล้วจึงนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ได้ออกมาวางผึ่งในกระแสอากาศ (ภาพที่ 2-2)

รอกการทดสอบคุณสมบัติต่อไป



Figure 2-2 Seasoning

4. การตัดชิ้นทดสอบ

นำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามาวัดความหนา (thickness) โดยวัดจุดที่กึ่งกลางของขอบแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 มม. จากนั้น นำมาตัดเป็นชิ้นทดสอบให้มีขนาดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก 966-2547 ตามแผนผังที่กำหนดไว้ข้างต้น

5. การปรับภาวะขึ้นทดสอบ

นำขึ้นทดสอบที่เตรียมไว้สำหรับการทดสอบทางกายภาพและกลสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 (ทดสอบการพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า) เข้าห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพื่อปรับภาวะที่อุณหภูมิ $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ $(65 \pm 5)\%$ จนมีมวลคงที่ คือ มวลของขึ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้ง ห่างกัน 24 ชั่วโมง ต่างกันไม่เกิน 0.1%

6. การทดสอบสมบัติทางกายภาพและกลสมบัติ

นำขึ้นทดสอบมาทดสอบสมบัติทางกายภาพและกลสมบัติตามวิธีการที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 966-2547) กำหนด ดังนี้

1. ความหนาแน่น (density)
2. ปริมาณความชื้น (moisture content)
3. การพองตัวตามความหนา (thickness swelling)
4. ความต้านแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of rupture and modulus of elasticity)
5. ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (internal bonding)

และทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption) ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราเพิ่มเติมด้วย

ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวที่มีสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ในปริมาณที่ต่างกัน 6 ชนิด คือ 1) กาว pMDI 5% 2) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% 3) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 5% 4) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% 5) แป้งมันสำปะหลัง 10% และ 6) กาว epoxy 8% เปรียบเทียบกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) และเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 แสดงให้เห็นว่า

1. ความหนาแน่นและปริมาณความชื้น

ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 747.03 – 761.85 กก./ลบ.ม. และมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.77% – 8.11% (ตารางที่ 2-1) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994

2. การดูดซึมน้ำ

ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.41% – 212.36% แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาว pMDI 5% เป็นสารเชื่อมมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดเท่ากับ 19.41% และต่ำกว่าแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) เป็นสารเชื่อม (ตารางที่ 2-1)

Table 2-1 Physical and mechanical properties of the medium density fiberboards

Glue type	Density (kg./cu.m)	Moisture content (%)	Thickness (mm.)	Water absorption (%)	Thickness swelling (%)	Modulus of rupture (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)	Internal bonding (MPa)
TISI 966-2547	400 - 800	4.00 – 13.00	9-12 ± 1.0	-	≤15.00	≥22.00	≥2500	≥0.60
JIS A 5905-1994	350 - 800	5.00 – 13.00	7-15 ± 1.0	-	≤12.00	≥25.00	≥2000	≥0.40
UF 10% (control)	754.94	6.56	10.14	61.74	16.19	28.89	1,736	1.10
pMDI 5%	756.12	6.42	9.80	19.41	8.57	41.78	3,237	1.54
UF 5% + pMDI 5%	757.21	6.81	9.99	23.50	9.99	39.66	2,938	1.96
UF 5% + MF 5%	747.03	7.59	9.86	63.08	13.63	41.69	3,022	0.84
UF 7% + Starch 3%	761.85	8.11	10.01	52.48	13.09	38.22	2,798	0.59
Starch 10%	759.09	7.59	10.08	212.36	136.95	14.83	1,852	0.01
Epoxy 8%	752.59	5.77	10.01	119.68	59.20	21.74	2,966	0.16

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่าชนิดกาบที่ใช้ในการทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 2-2)

นำค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 2-3 และภาพที่ 2-3) พบว่า

2.1 ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาบ pMDI 5% และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาบ pMDI 5% เป็นสารเชื่อมมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 19.41% และ 23.50% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2.2 แผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาบเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 5% มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 52.48% 61.74% และ 63.08% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3. การพองตัวตามความหนา

ค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาบ pMDI 5% กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาบ pMDI 5% เป็นสารเชื่อมมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาบเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 5% และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% เป็นสารยึดติดมีค่าผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 แต่ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 และแผ่นที่ทำจากกาบทั้ง 4 ชนิดข้างต้นมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยต่ำกว่าแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) เป็นสารยึดติด (ตารางที่ 2-1)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ชนิดกาบที่ใช้ทำแผ่นมีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 2-4)

นำค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 2-5 และภาพที่ 2-4) พบว่า

ค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาบ 5 ชนิด คือ 1) กาบ pMDI 5% 2) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาบ pMDI 5% 3) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% 4) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาบเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 5% และ 5) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) เป็นสารเชื่อมมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 8.57% 9.99% 13.09% 13.63% และ 16.19% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 2-2 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on water absorption

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Glue type	6	81978.987	13663.164	252.768**
Error	14	756.760	54.054	
Total	20	82735.747		

** significant at 1% probability level

CV = 9.33%

Table 2-3 Comparison of the effects of various glue type on water absorption of medium density fiberboard

Glue type	Water absorption ^{1/} (%)
UF 10% (control)	61.74 C
pMDI 5%	19.41 D
UF 5% + pMDI 5%	23.50 D
UF 5% + MF 5%	63.08 C
UF 7% + Starch 3%	52.48 C
Starch 10%	212.36 A
Epoxy 8%	119.68 B

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

CV = 12.89%

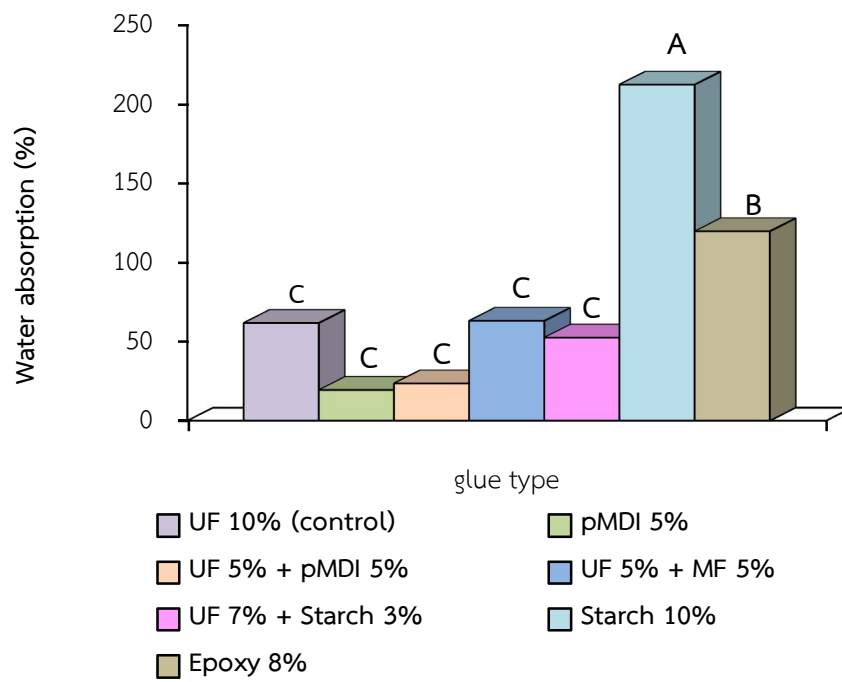


Figure 2-3 Percentage water absorption of boards with various glue type.

Table 2-4 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on thickness swelling

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Glue type	6	40714.055	6785.676	246.867**
Error	14	384.820	27.487	
Total	20	41098.875		

** significant at 1% probability level

CV = 14.25%

Table 2-5 Comparison of the effects of various glue type on thickness swelling of medium density fiberboard

Glue type	Thickness swelling ^{1/} (%)
UF 10% (control)	16.19 C
pMDI 5%	8.57 C
UF 5% + pMDI 5%	9.99 C
UF 5% + MF 5%	13.63 C
UF 7% + Starch 3%	13.09 C
Starch 10%	136.95 A
Epoxy 8%	59.20 B

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

CV = 129.23%

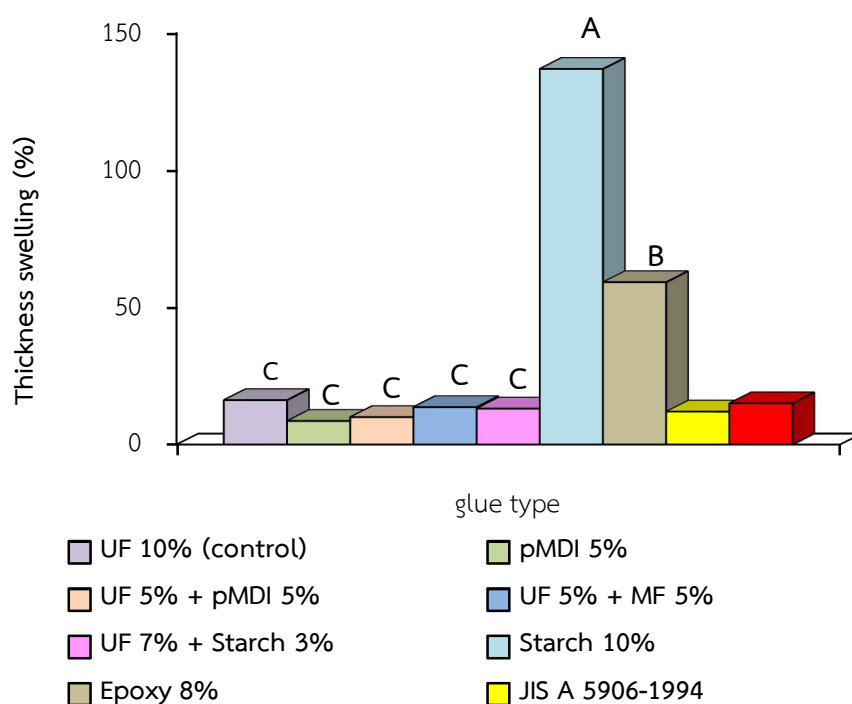


Figure 2-4 Percentage thickness swelling of boards with various glue type.

4. ความต้านแรงดัด

ค่าความต้านแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14.83 – 41.78 MPa มีเพียงแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง 10% และกาว epoxy 8% เป็นสารยึดติดมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด (ตารางที่ 2-1)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ชนิดกาวที่ใช้ทำแผ่นมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 2-6)

นำค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 2-7 และภาพที่ 2-5) พบว่า

4.1 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาว pMDI 5% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ 5% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยเท่ากับ 41.78 41.69 และ 39.66 MPa ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยเท่ากับ 39.66 และ 38.22 MPa ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.3 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาว pMDI 5% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ 5% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างจากแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5. มอดุลัสยืดหยุ่น

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1,736 – 3,237 MPa มีเพียงแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ทำจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% (control) และแป้งมันสำปะหลัง 10% เป็นสารเชื่อมมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด (ตารางที่ 2-1)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ชนิดกาวที่ใช้ทำแผ่นมีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 2-7)

นำค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 2-8 และภาพที่ 2-6) พบว่า แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาว pMDI 5% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ 5% กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% และ กาว epoxy 8% เป็นสารเชื่อมมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% (control) และแป้งมันสำปะหลัง 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

Table 2-6 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of rupture

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Glue type	6	208.055	347.843	195.122**
Error	14	24.958	1.783	
Total	20	2112.013		

** significant at 1% probability level

CV = 4.12%

Table 2-7 Comparison of the effects of various glue type on modulus of rupture of medium density fiberboard

Glue type	Modulus of rupture ^{1/} (MPa)
UF 10% (control)	28.89 C
pMDI 5%	41.78 A
UF 5% + pMDI 5%	39.66 AB
UF 5% + MF 5%	41.69 A
UF 7% + Starch 3%	38.22 B
Starch 10%	14.83 E
Epoxy 8%	21.74 D

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p<0.05$)

CV = 33.23%

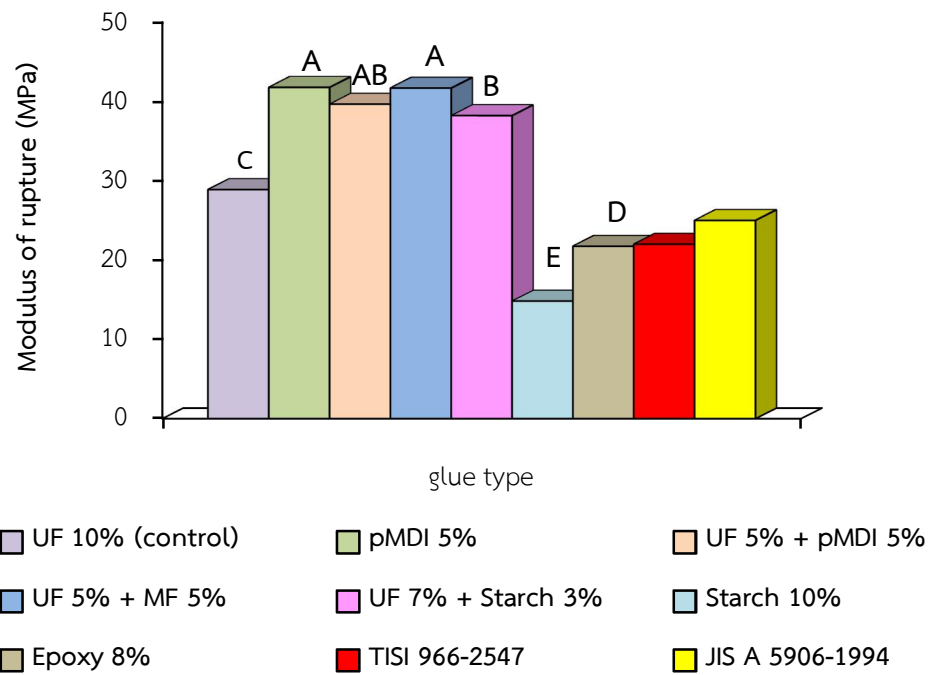


Figure 2-5 Modulus of rupture of boards with various glue type.

Table 2-8 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of elasticity

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Glue type	6	7342527.619	1223754.603	19.773**
Error	14	866445.333	61888.952	
Total	20	8208972.952		

** significant at 1% probability level

CV = 9.22%

Table 2-9 Comparison of the effects of various glue type on modulus of elasticity of medium density fiberboard

Glue type	Modulus of elasticity ^{1/} (MPa)	
UF 10% (control)	1,736	B
pMDI 5%	3,237	A
UF 5% + pMDI 5%	2,938	A
UF 5% + MF 5%	3,022	A
UF 7% + Starch 3%	2,798	A
Starch 10%	1,852	B
Epoxy 8%	2,966	A

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

CV = 22.64%

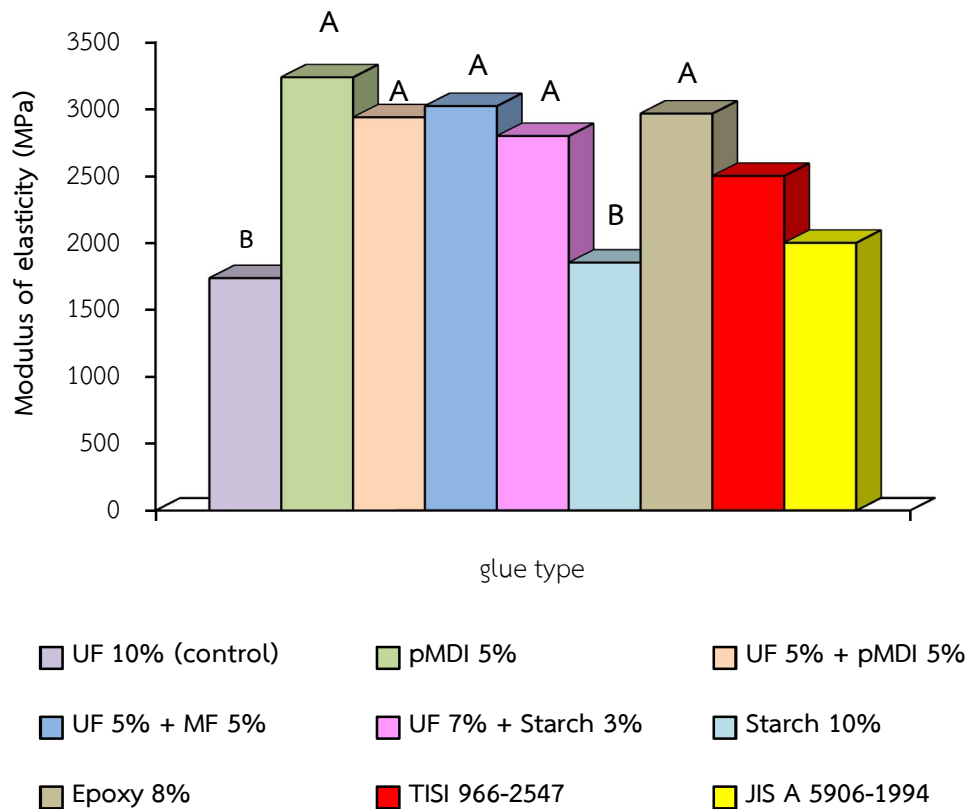


Figure 2-6 Modulus of elasticity of boards with various glue type.

6. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.01 – 1.96 MPa แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% (control) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเท่ากับ 1.10 1.54 1.96 และ 0.84 MPa ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด (ตารางที่ 2-1)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ชนิดกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ทำแผ่นมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 2-10)

นำค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 2-11 และภาพที่ 2-7) พบว่า

6.1 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% เป็นสารเชื่อมมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

6.2 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% (control) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% เป็นสารยึดติดมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

7. การทดสอบปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์

ในการทดลองใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณที่แตกต่างกัน 6 ชนิด คือ

- 1) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5%
- 2) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5%
- 3) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5%
- 4) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3%
- 5) แป้งมันสำปะหลัง 10%
- 6) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 8%

กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ทั้ง 6 ชนิดที่ใช้ทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเป็นกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ไม่มี และไม่มีฟอร์มัลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบ ทั้งนี้ได้นำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ชนิดที่ 2) ซึ่งมีการผสมกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ซึ่งไม่มีฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 4) ซึ่งผสมแป้งมันสำปะหลัง ไปหาปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์โดยวิธี Perforator ตามมาตรฐาน BS EN 120 เปรียบเทียบกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% (control) ที่ใช้ทั่วไปในท้องตลาด (ตารางที่ 2-12)

Table 2-10 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on internal bonding

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Glue type	6	9.017	1.503	71.240*
Error	14	0.295	0.0211	
Total	20	9.312		

* significant at 5% probability level

CV = 16.41%

Table 2-11 Comparison of the effects of various glue type on internal bonding of medium density fiberboard

Glue type	Internal bonding ^{1/} (MPa)
UF 10% (control)	1.10 C
pMDI 5%	1.54 B
UF 5% + pMDI 5%	1.96 A
UF 5% + MF 5%	0.84 D
UF 7% + Starch 3%	0.59 D
Starch 10%	0.01 E
Epoxy 8%	0.16 E

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

CV = 79.98%

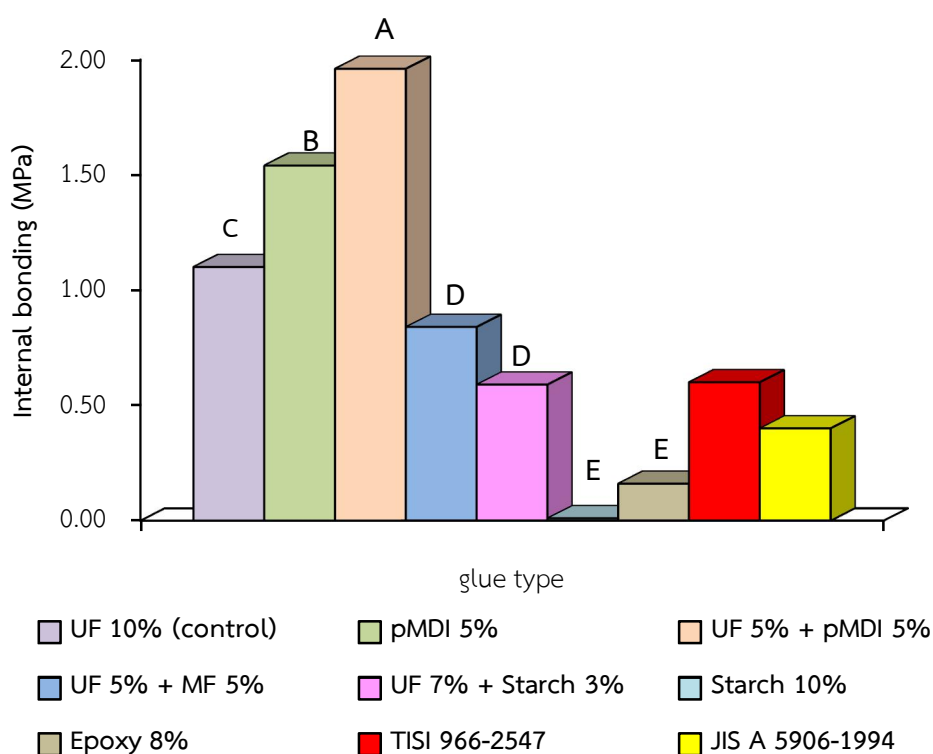


Figure 2-7 Internal bonding of boards with various glue type.

Table 2-12 Formaldehyde content of medium density fiberboard.

Glue type	Formaldehyde content (mg./100 g.)
UF 10% (control)	79.35
UF 5% + pMDI 5%	52.20
UF 7% + Starch 3%	71.75

หมายเหตุ

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางชั้นคุณภาพที่ 1 (E_1) มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ไม่เกิน 9 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางชั้นคุณภาพที่ 2 (E_2) มีปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์มากกว่า 9 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ถึง 40 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม

จากตารางจะเห็นได้ว่า กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้ในการทดลองซึ่งเป็นกาวที่ใช้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ขายในท้องตลาดมีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณสูงถึง 79.35 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัม ซึ่งถือว่าปริมาณที่มากเกินไปมาตรฐาน มอก 966-2547 ที่กำหนดให้

ส่วนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากกาวชนิดที่ 2) ที่ทำจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% มีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณ 52.20 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัม ซึ่งสามารถลดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ลงได้ถึง 34.22%

แต่แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากกาวชนิดที่ 4) ที่ทำจากกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% มีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในปริมาณ 71.75 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัม สามารถลดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ลงได้เพียง 9.58%

ทั้งนี้ การที่ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์จะลดลงได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณของฟอร์มัลดีไฮด์ที่อยู่ในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสำคัญ จากการทดลองนี้ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ชั้นคุณภาพที่ 2 (E₂) แต่เมื่อทำเป็นแผ่นและทดสอบปรากฏว่า มีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์เกินค่าที่กำหนดในชั้นคุณภาพที่ 2

สรุปผล

จากการศึกษาทดลองผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวที่มีสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ในปริมาณที่แตกต่างกัน 6 ชนิด คือ 1) กาว pMDI 5% 2) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% 3) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 5% 4) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% 5) แป้งมันสำปะหลัง 10% และ 6) กาว epoxy 8% เปรียบเทียบกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) ผลการทดสอบคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 สรุปได้ดังนี้

1. การดูดซึมน้ำ

ชนิดกาวที่ใช้ในการทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยแผ่นที่ใช้กาว pMDI 5% เป็นสารยึดติดมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดเท่ากับ 19.41% รองลงมาคือ แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% มีค่าการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 23.50% และต่ำกว่าแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) เป็นสารเชื่อม

2. การพองตัวตามความหนา

ชนิดกาวที่ใช้ทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยแผ่นที่ใช้กาว pMDI 5% กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 5% และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% เป็นสารยึดติดมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 นอกจากนี้ยังมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยต่ำกว่าแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) เป็นสารเชื่อม

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาว pMDI 5% มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 8.57% รองลงมาคือแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 9.99%

3. ความต้านแรงดัด

ชนิดกาวที่ใช้ทำแผ่นมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) มีเพียงแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง 10% และกาว epoxy 8% เป็นสารยึดติดที่มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาว 4 ชนิด คือ 1) กาว pMDI 5% 2) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% 3) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว

เมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 5% และ 4) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงกว่าแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) เป็นสารยึดติดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาว pMDI 5% มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 41.78 MPa รองลงมาคือแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ย เท่ากับ 41.69 MPa

4. มอดุลัสยืดหยุ่น

ชนิดกาวที่ใช้ทำแผ่นมีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) มีเพียงแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ทำจากกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) และแป้งมันสำปะหลัง 10% เป็นสารเชื่อมมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาว 5 ชนิด คือ 1) pMDI 5% 2) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% 3) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 5% 4) กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% และ 5) กาว epoxy 8% เป็นสารยึดติดมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) และแป้งมันสำปะหลัง 10% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาว pMDI 5% มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3,237 MPa รองลงมาคือแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย เท่ากับ 3,022 MPa

5. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ชนิดกาวที่ใช้ทำแผ่นมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) กาว pMDI 5% กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ 5% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด โดยแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10% (control) กาว pMDI 5% และกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% เป็นสารยึดติดมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1.96 MPa รองลงมาคือแผ่นที่ใช้กาว pMDI 5% มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.54 MPa

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติด้านต่าง ๆ ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาบต่างชนิดกันเป็นสารเชื่อมสรุปลงได้ว่า ชนิดของกาบที่ใช้มีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ การพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ชนิดกาบที่เหมาะสมในการทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่มีสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด และไม่มีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ คือ กาบ pMDI 5% ส่วนกาบยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 5% ผสมกาบ pMDI 5% และกาบยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% มีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์ในระดับต่ำกว่ากาบยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ที่กันในปัจจุบันอยู่ 34.22% และ 9.58% ตามลำดับ

แบบการวิจัยที่ 3

การปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราโดยการอบร้อน

แผนการทดลอง

การศึกษาวิจัยในแบบการทดลองนี้เป็นการนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราสำเร็จรูปมาทำการอบร้อนในเตาอบที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 120°C 140°C และ 160°C และแต่ละระดับใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3 แฟคตอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (3x3 factorial experimental in completely randomized design) การทดลองมี 9 ทรีทเมนต์คอมบินเนชัน แต่ละระดับมีจำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนว่าผลการทดสอบนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ก็จะนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ทำการอบร้อน

1. การเตรียมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

นำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราสำเร็จรูปในท้องตลาด (ภาพที่ 3-1) มาเลื่อยเป็นแผ่นขนาด 40x40 เซนติเมตร (ภาพที่ 3-2)



Figure 3-1 Commercial medium density fiberboard from rubber wood



Figure 3-2 Cut to size 40 x 40 cm.

2. การอบร้อนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

นำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่เตรียมไว้มาอบร้อนด้วยเตาอบ (ภาพที่ 3-3) โดยใช้สภาวะในการอบร้อนแตกต่างกัน (ตารางที่ 3-1) จากนั้นนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่อบร้อนแล้วมาผึ่งกระแสน้ำอากาศ (ภาพที่ 3-4) เพื่อรอการตัดทดสอบสมบัติต่อไป



Figure 3-3 Heat treatment of MDF with oven.

Table 3-1 Condition of medium density fiberboard heat treatment

Temperature (°C)	Time (hrs.)
120	1
	3
	5
140	1
	3
	5
160	1
	3
	5

**Figure 3-4** Seasoning

3. การตัดชิ้นทดสอบ

นำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามาวัดความหนา (thickness) โดยวัดจุดที่กึ่งกลางของขอบแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทั้ง 4 ด้าน และให้ลึกเข้าไปจากขอบประมาณ 25 มม. จากนั้น นำมาตัดเป็นชิ้นทดสอบให้มีขนาดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 ตามแผนผังที่กำหนดไว้ข้างต้น

4. การปรับภาวะขึ้นทดสอบ

นำขึ้นทดสอบที่เตรียมไว้สำหรับการทดสอบทางกายภาพและกลสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 (ทดสอบการพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า) เข้าห้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพื่อปรับภาวะที่อุณหภูมิ $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ $(65 \pm 5) \%$ จนมีมวลคงที่ คือ มวลของขึ้นทดสอบที่ชั่ง 2 ครั้ง ห่างกัน 24 ชั่วโมง ต่างกันไม่เกิน 0.1%

5. การทดสอบสมบัติทางกายภาพและกลสมบัติ

นำขึ้นทดสอบมาทดสอบสมบัติทางกายภาพและกลสมบัติตามวิธีการที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 966-2547) กำหนด ดังนี้

1. ความหนาแน่น (density)
2. ปริมาณความชื้น (moisture content)
3. การพองตัวตามความหนา (thickness swelling)
4. ความต้านแรงดัดและโมดูลัสยืดหยุ่น (modulus of rupture and modulus of elasticity)
5. ค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (internal bonding)

และทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ (water absorption) ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราเพิ่มเติมด้วย ค่าที่ได้จากการทดสอบจะนำไปเปรียบเทียบกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่มีจำหน่ายทั่วไปที่ไม่อบร้อน และค่าที่กำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994

ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราสำเร็จรูปมาทำการอบร้อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 120°C 140°C และ 160°C แต่ละระดับใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ไม่อบร้อน (control) ที่จำหน่ายทั่วไปและเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 แสดงให้เห็นว่า

1. ความหนาแน่นและปริมาณความชื้น

ความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 668.43 – 680.70 กก./ลบ.ม. และปริมาณความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.45% – 7.13% (ตารางที่ 3-2) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 กำหนด

2. การดูดซึมน้ำ

ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 46.91% ถึง 53.87% แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนจะมีค่าการดูดซึมน้ำลดลง (ตารางที่ 3-2 และภาพที่ 3-5)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่ามีเพียงปัจจัยเดียวของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบร้อนมีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนปัจจัยเดียวของระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อน และปัจจัยร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบร้อนไม่มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3-3)

นำค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 3-4 และภาพที่ 3-6) พบว่า

2.1 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 47.72% มีค่าไม่แตกต่างจากแผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C ซึ่งมีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 50.49% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากแผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 120°C และแผ่นที่ไม่อบร้อน (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2.2 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 120°C และ 140°C และแผ่นที่ไม่อบร้อน (control) มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 3-2 Physical and mechanical properties of heat treatment medium density fiberboards

Heat treatment condition		Density (kg./cu.m)	Moisture content (%)	Thickness (mm.)	Water Absorption (%)	Thickness Swelling (%)	Modulus of rupture (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)	Internal Bonding (MPa)
temperature (°C)	time (min)								
TISI 966-2547		400 - 800	4.00 – 13.00	9-12 ± 1.0	-	≤15.00	≥22.00	≥2500	≥0.60
JIS A 5905-1994		350 - 800	5.00 – 13.00	7-15 ± 1.0	-	≤12.00	≥25.00	≥2000	≥0.40
Commercial MDF (control)		671.73	6.95	9.11	52.53	16.08	28.02	2,209	1.30
120	1	669.19	6.92	9.16	53.55	16.31	27.17	2,117	1.25
	3	668.43	7.03	9.14	53.87	16.55	25.10	2,148	1.08
	5	668.99	6.45	9.13	51.09	16.24	26.69	2,316	1.04
140	1	680.62	7.12	9.13	51.01	16.44	31.68	2,526	1.15
	3	676.03	6.97	9.11	53.35	15.92	29.88	2,403	1.22
	5	680.70	7.13	9.13	47.12	15.21	33.28	2,652	1.20
160	1	676.62	7.00	9.13	48.25	14.61	33.78	2,368	1.23
	3	672.77	6.79	9.08	46.91	13.49	33.62	2,577	1.35
	5	671.14	6.46	9.10	47.99	12.99	31.95	2,455	1.30

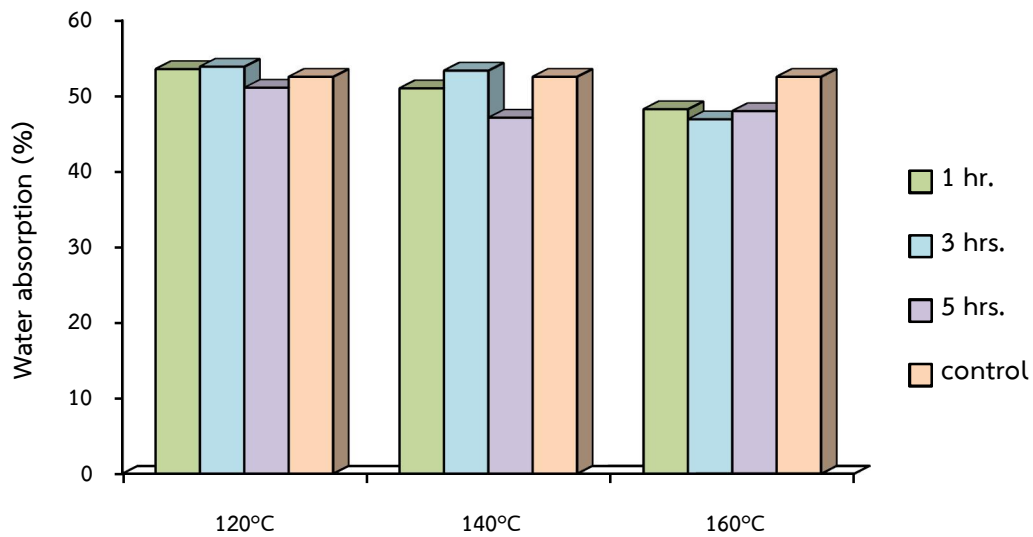


Figure 3-5 Percentage water absorption of medium density fiberboards with various heat treatment conditions

Table 3-3 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on water absorption

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Temperature	3	150.378	50.126	5.231**
Time	2	27.053	13.527	1.412 ^{ns}
Temperature * Time	6	49.244	8.207	.857 ^{ns}
Error	24	229.966	9.852	
Total	35	456.641		

** significant at 1% probability level

^{ns} non significant at 5% probability level

CV = 6.13%

Table 3-4 Comparison of the effects of various heat treatment temperature on water absorption of medium density fiberboard

Treatment temperature (°C)	Water absorption ^{1/} (%)
control	52.53 A
120	52.84 A
140	50.49 AB
160	47.72 B

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

CV = 3.55%

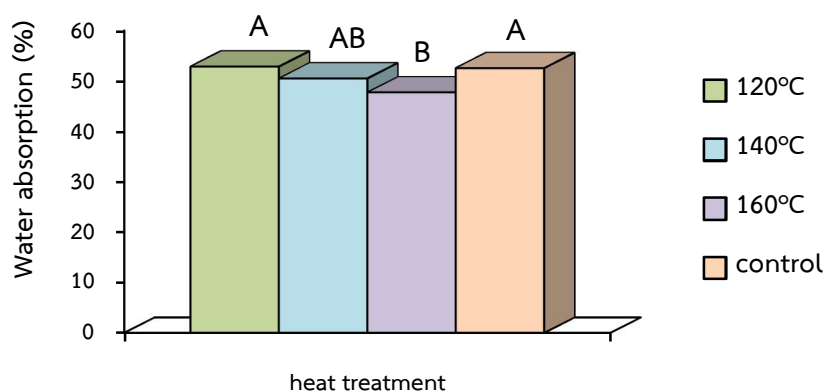


Figure 3-6 Percentage water absorption of boards with various heat treatment temperatures

3. การพองตัวตามความหนา

ค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12.99% – 16.55% มีเพียงแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 แต่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 และมีค่าต่ำกว่าแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ไม่อบร้อน (control) (ตารางที่ 3-2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ทั้งปัจจัยเดี่ยว และปัจจัยร่วมของ อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อนมีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางที่ 3-5)

นำค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 3-6 และภาพที่ 3-7) พบว่า

3.1 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 5 ชั่วโมง มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยต่ำสุด คือ 12.99% รองลงมาคือ แผ่นที่ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 3 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3.2 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 5 ชั่วโมง มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 15.21% รองลงมาคือ แผ่นที่ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 3 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

3.3 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อนแตกต่างกันมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3.4 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ไม่อบร้อนมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยไม่แตกต่างจากแผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 1 ชั่วโมง และแผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 1 และ 5 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

Table 3-5 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on thickness swelling

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Temperature	3	40.148	13.383	236.035**
Time	2	3.178	1.589	28.025**
Temperature * Time	6	3.350	0.558	9.848**
Error	24	1.361	0.05670	
Total	35	48.036		

** significant at 1% probability level

CV = 2.26%

Table 3-6 Comparison of the effects of various heat treatment conditions on thickness swelling of medium density fiberboard

Treatment temperature (°C)	Treatment time (min)	Thickness swelling ^{1/} (%)
control		16.08 BC
120	1	16.31 ABC
	3	16.55 A
	5	16.24 ABC
140	1	16.44 AB
	3	15.92 C
	5	15.21 D
160	1	14.61 E
	3	13.49 F
	5	12.99 G

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

CV = 7.67%

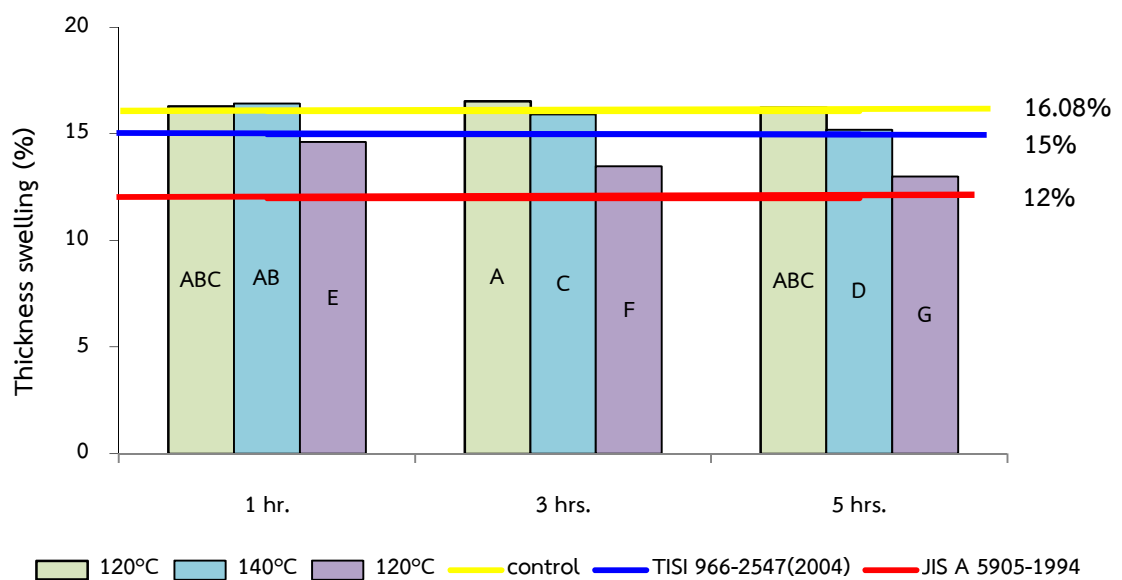


Figure 3-7 Percentage thickness swelling of boards with various heat treatment conditions

4. ความต้านแรงดัด

ค่าความต้านแรงดัดของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25.10 – 33.78 MPa แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราทั้งที่อบร้อนและไม่อบร้อนมีค่าความต้านแรงดัดผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด (ตารางที่ 3-2 และภาพที่ 3-8)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า มีเพียงปัจจัยเดียวของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบร้อนมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนปัจจัยเดียวของระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อน และปัจจัยร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบร้อนไม่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3-7)

นำค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 3-8 และภาพที่ 3-9) พบว่า

4.1 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกันและแผ่นที่ไม่อบร้อน (control) มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.2 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ แผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C และ 120°C ตามลำดับ

4.3 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 120°C มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยต่ำกว่าแผ่นที่ไม่อบร้อน (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.4 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C และที่อุณหภูมิ 160°C มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงกว่าแผ่นที่ไม่อบร้อน (control) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

5. มอดุลัสยืดหยุ่น

ค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารามีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2,117 – 2,652 MPa แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 1 และ 5 ชั่วโมง และอบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 1 และ 3 ชั่วโมง มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นผ่านตามมาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด (ตารางที่ 3-2)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า ปัจจัยเดียวของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบร้อน และปัจจัยร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อนมีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนปัจจัยเดียวของระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อนไม่มีอิทธิพลต่อค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3-9)

นำค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 3-10 และภาพที่ 3-10) พบว่า

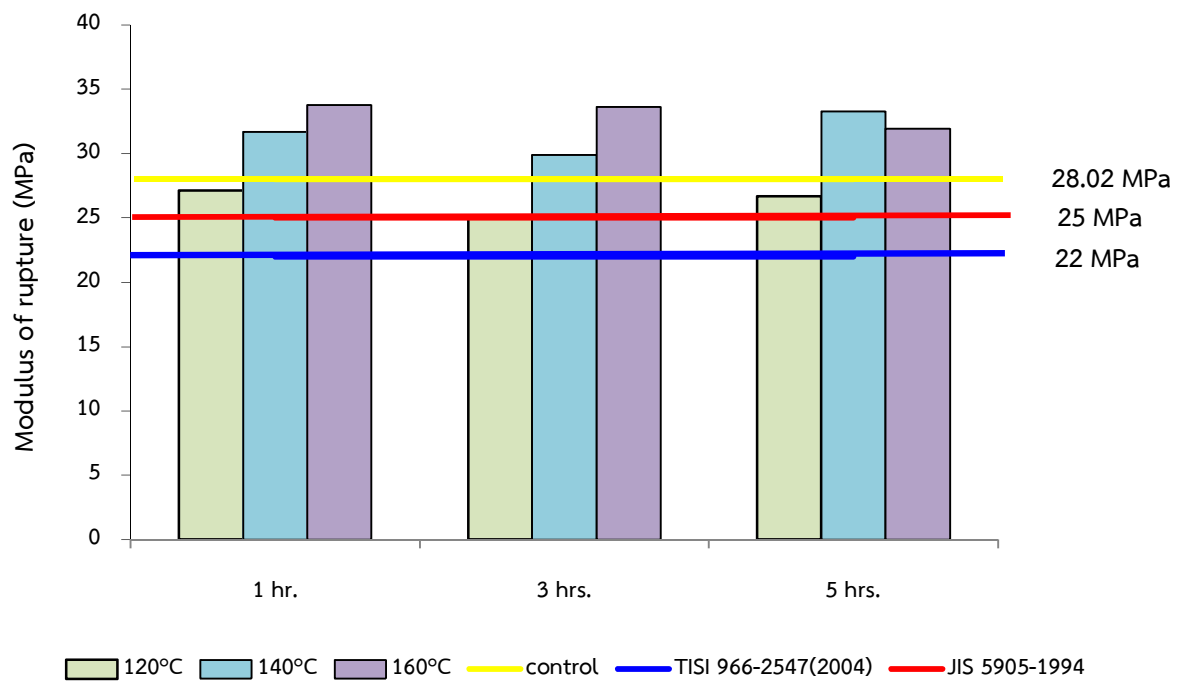


Figure 3-8 Modulus of rupture of medium density boards with various heat treatment conditions

Table 3-7 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of rupture

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Temperature	3	265.858	88.619	46.294**
Time	2	6.946	3.473	1.814 ^{ns}
Temperature * Time	6	23.551	3.925	2.050 ^{ns}
Error	24	45.942	1.914	
Total	35	32240.852		

** significant at 1% probability level

^{ns} non significant at 5% probability level

CV = 4.30%

Table 3-8 Comparison of the effects of various heat treatment temperatures on modulus of rupture of medium density fiberboard

Treatment temperature (°C)	Modulus of rupture ^{1/} (MPa)
control	28.02 C
120	26.32 D
140	31.61 B
160	33.12 A

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

CV = 10.54%

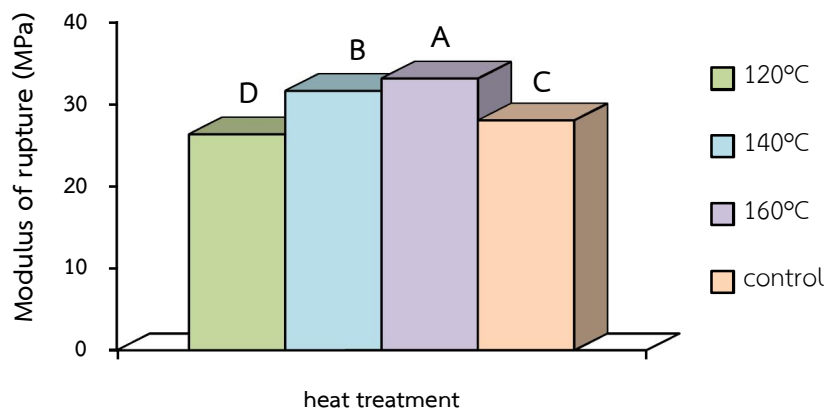


Figure 3-9 Modulus of rupture of boards with various heat treatment temperatures

Table 3-9 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on modulus of elasticity

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Temperature	3	1047300.972	349100.324	49.417**
Time	2	32945.167	16472.583	2.332 ^{ns}
Temperature * Time	6	181350.611	30225.102	4.279**
Error	24	169544.000	7064.333	
Total	35	1431140.750		

** significant at 1% probability level

^{ns} non significant at 5% probability level

CV = 4.02%

Table 3-10 Comparison of the effects of various heat treatment conditions on modulus of elasticity of medium density fiberboard

Treatment temperature (°C)	Treatment time (min)	Modulus of elasticity ^{1/} (MPa)
control		2,209 EF
120	1	2,117 F
	3	2,148 F
	5	2,316 DE
140	1	2,526 ABC
	3	2,403 CD
	5	2,652 A
160	1	2,638 A
	3	2,577 AB
	5	2,455 BCD

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

CV = 8.24%

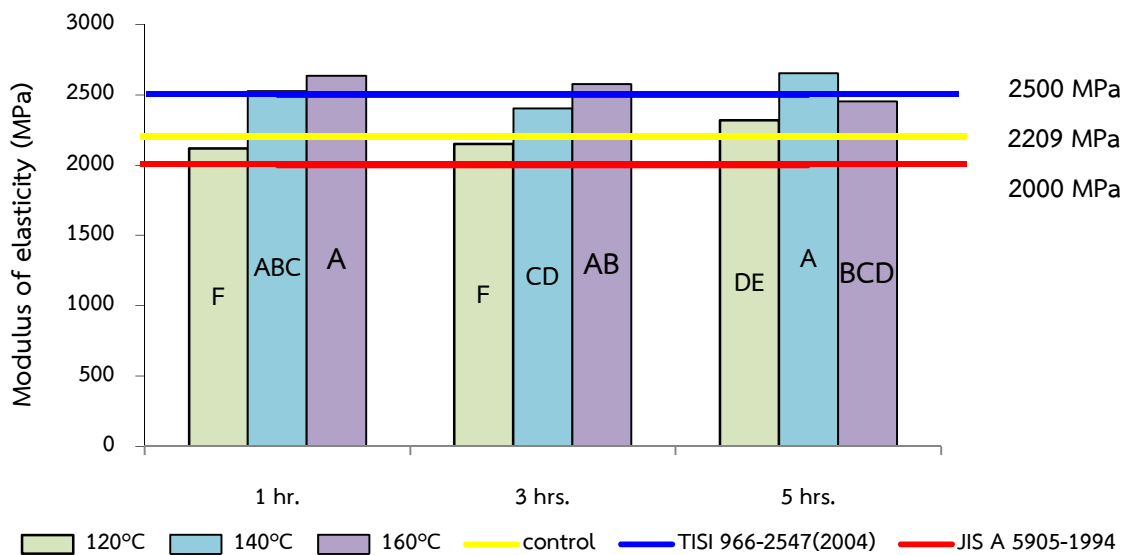


Figure 3-10 Modulus of elasticity of boards with various heat treatment conditions

5.1 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 1 และ 5 ชั่วโมง และแผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 1 และ 3 ชั่วโมง มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5.2 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 120°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อนแตกต่างกันมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างจากแผ่นที่ไม่อบร้อนอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

5.3 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C และ 160°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อนแตกต่างกันมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างจากแผ่นที่ไม่อบร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

6. ความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้า

ค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.04 – 1.35 MPa แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ได้มีค่าผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และตามเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด (ตารางที่ 3-2 และ ภาพที่ 3-11)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลอง พบว่า มีเพียงปัจจัยเดียวของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบร้อนมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ส่วนปัจจัยเดียวของระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อน และปัจจัยร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อน ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 3-11)

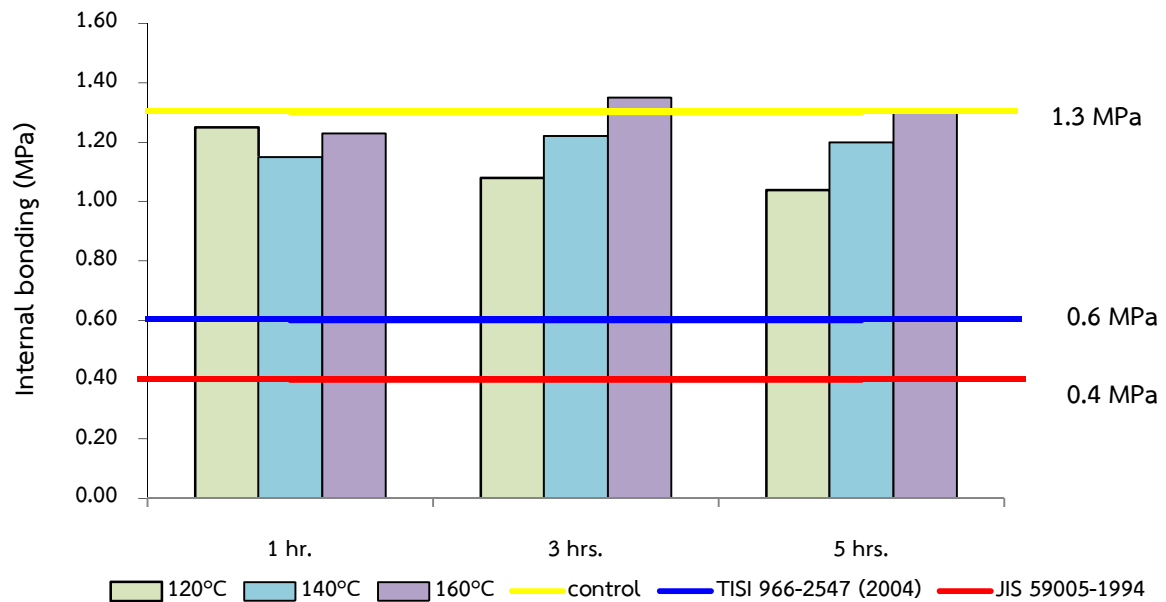


Figure 3-11 Internal bonding of boards with various heat treatment conditions.

Table 3-11 Analysis of variance (ANOVA) of the results of tests on internal bonding

Source of variation	df	Sum of squares	Mean square	F-value
Temperature	3	0.189	0.06297	8.461**
Time	2	0.005267	0.002633	0.354 ^{ns}
Temperature * Time	6	0.105	0.01745	2.345 ^{ns}
Error	24	0.179	0.007442	
Total	35	0.477		

** significant at 1% probability level

^{ns} non significant at 5% probability level

CV = 9.11%

นำค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยมาทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ Duncan's New Multiple Range Test (ตารางที่ 3-12 และภาพที่ 3-12) พบว่า

6.1 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ไม่อบร้อน และที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย เท่ากับ 1.30 และ 1.29 MPa ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

6.2 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 120°C และ 140°C มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย เท่ากับ 1.12 และ 1.19 MPa ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สรุปผล

จากการศึกษาทดลองนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราสำเร็จรูปมาทำการอบร้อนที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 120, 140 และ 160°C แต่ละระดับใช้ระยะเวลาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 1, 3 และ 5 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ไม่อบร้อน และเกณฑ์ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 สรุปผลได้ดังนี้

1. การดูดซึมน้ำ

มีเพียงอุณหภูมิที่ใช้ในการอบร้อนเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 47.72% ซึ่งมีค่าแตกต่างจากแผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีค่าแตกต่างจากแผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 120°C และแผ่นที่ไม่อบร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2. การพองตัวตามความหนา

อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อนมีอิทธิพลต่อค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) มีเพียงแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C ทุกระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อนที่มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 โดยแผ่นที่ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 5 ชั่วโมง มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยต่ำสุด 12.99 % รองลงมาคือแผ่นที่ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 3 และ 1 ชั่วโมง มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ย 13.49% และ 14.61% ตามลำดับ

Table 3-12 Comparison of the effects of various heat treatment temperatures on internal bonding of medium density fiberboard

Treatment temperature (°C)	Internal bonding ^{1/} (MPa)
control	1.30 A
120	1.12 B
140	1.19 B
160	1.29 A

^{1/} Means above the same letter do not differ significantly by Duncan's New Multiple Range Test procedure ($p < 0.05$)

CV = 6.82%

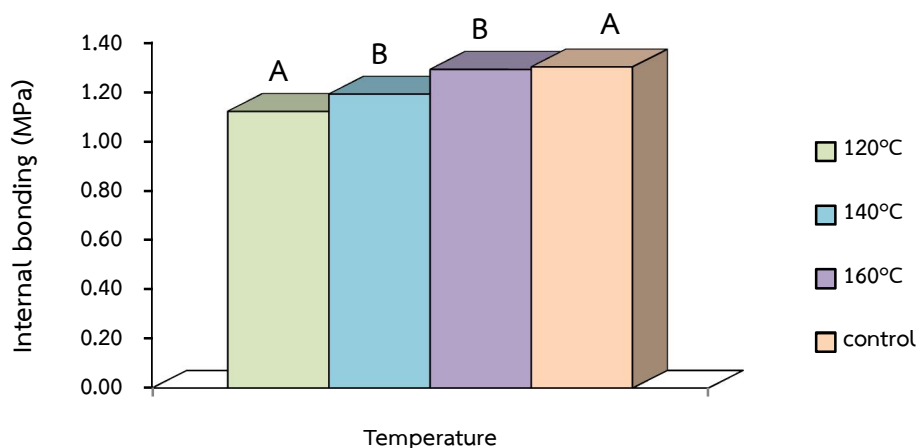


Figure 3-12 Internal bonding of boards with various heat treatment temperatures.

3. ความต้านแรงดัด

มีเพียงอุณหภูมิที่ใช้ในการอบร้อนมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C มีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 33.12 MPa รองลงมาคือแผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C แผ่นที่ไม่อบร้อน และแผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 120°C ซึ่งมีค่าความต้านแรงดัดเฉลี่ยเท่ากับ 31.61, 28.02 และ 26.32 MPa ตามลำดับ และเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4. มอดูลัสยืดหยุ่น

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบร้อน และปัจจัยร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อนมีอิทธิพลต่อค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C เป็นเวลา 1 และ 3 ชั่วโมง และแผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C เป็นเวลา 1 และ 5 ชั่วโมง มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากแผ่นที่ไม่อบร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราอบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 2,652 MPa

5. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

มีเพียงอุณหภูมิที่ใช้ในการอบร้อนมีอิทธิพลต่อค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ไม่อบร้อน และแผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C มีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 1.30 และ 1.29 MPa ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากแผ่นที่อบร้อนที่อุณหภูมิ 120°C และ 140°C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติด้านต่าง ๆ ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่อบร้อนสรุปได้ว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการอบร้อนมีอิทธิพลทำให้ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าลดลง แต่มีค่าความต้านแรงดัดเพิ่มขึ้น ส่วนปัจจัยร่วมของอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อนมีอิทธิพลทำให้ค่าการพองตัวตามความหนาลดลง และค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นเพิ่มมากขึ้น ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในอบร้อนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง คือ อบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C ใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมง แต่หากจะทำการอบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C ต้องเพิ่มระยะเวลาในการอบร้อนให้มากกว่า 5 ชั่วโมง เพื่อให้ค่าการพองตัวตามความหนาลดลงจนผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และมาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากรรมวิธีในการลดค่าการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนาของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Mull-Arg.) เพื่อเพิ่มคุณสมบัติเชิงกลและกายภาพของผลิตภัณฑ์และลดปัญหาการเกิดเชื้อราในการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งานของผู้บริโภค โดยการทำการวิจัย ดังนี้

แบบการวิจัยที่ 1 การวิจัยวิจัยโดยการนำไม้ยางพารามาแยกเป็นเส้นใยและทำการปรับสภาพเส้นใยโดยการนึ่งเส้นใย โดยมีอุณหภูมิและเวลาเป็นปัจจัยศึกษา ศึกษาที่อุณหภูมิ 120 °C และ 150 °C และระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที ก่อนการนำเส้นใยที่ได้ปรับสภาพแล้วไปผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางโดยควบคุมชนิดกาวที่ผสม กำหนดใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10%

แบบการวิจัยที่ 2 การศึกษาวิจัยโดยการนำไม้ยางพารามาแยกเส้นใย โดยไม่ทำการปรับสภาพเส้นใย โดยมีชนิดของกาวที่มีปริมาณสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์แตกต่างกันเป็นปัจจัยศึกษา โดยศึกษาชนิดของกาว ดังนี้

- กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10%
- กาว pMDI 5%
- กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5%
- กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ 5%
- กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3%
- แป้งมันสำปะหลัง 10%
- กาว epoxy 8%

แบบการวิจัยที่ 3 การศึกษาวิจัยโดยการนำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราสำเร็จรูปมาทำการอบร้อนในเตาอบ โดยมีอุณหภูมิและเวลาในการอบเป็นปัจจัยศึกษา โดยศึกษาที่อุณหภูมิ 120, 140 และ 160 °C และระยะเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง

ภายหลังนำแผ่นสำเร็จรูปจากการวิจัยแบบที่ 1, 2 และ 3 ไปทดสอบคุณสมบัติเชิงกลและกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 966-2547 และ JIS A 5905-1994 และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติและทำการสรุปผลทดสอบ (ตามตารางที่ 4-1)

โดยสรุปแล้ว แบบการวิจัยที่ 1 คือการปรับสภาพเส้นใยจากไม้ยางพารา โดยกรรมวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำ ก่อนนำเส้นใยที่ผ่านการนึ่งไปทำแผ่นโดยการผสมกับกาวฟอร์มัลดีไฮด์ 10% โดยการนึ่งเส้นใยที่อุณหภูมิ 120 °C

และ 150 °C ใช้ระยะเวลาการนึ่ง 4 นาที จะทำให้ค่าการพองตัวตามความหนา, ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นทดสอบลดลง ส่วนค่าความต้านทานแรงดัด และค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น สำหรับการศึกษาชนิดกาวที่เหมาะสมในการวิจัยแบบที่ 2 ทำแผ่นที่ไม่มีการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ คือ กาว pMDI 5% ส่วนแผ่นที่ใช้กาว กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกับกาว pMDI 5% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% ผสมกับแป้งมันสำปะหลัง 3% สามารถลดการปลดปล่อยสารฟอร์มัลดีไฮด์ได้ 34.22% และ 9.58% เมื่อเทียบกับการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เพียงอย่างเดียว ส่วนการวิจัยแบบที่ 3 คือการใช้เส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพเส้นใยแล้วนำไปผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางและใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% ปกติควรนำแผ่นสำเร็จรูปดังกล่าวไปอบร้อนที่อุณหภูมิ 160 °C ใช้ระยะเวลาในการอบ 3 ชั่วโมง หรือหากต้องการอบร้อนที่อุณหภูมิ 140 °C ควรใช้ระยะเวลาในการอบ 5 ชั่วโมง เพื่อให้คุณสมบัติการทดสอบดีขึ้น และผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม

Table 4-1 Medium density fiberboard quality improvement

Condition	Treatment		Water absorption (%)	Thickness swelling (%)	Modulus of rupture (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)	Internal bonding (MPa)	Formaldehyde content (mg./100g.)
	temperature (°C)	time (min)						
TISI 966-2547			-	≤15.00	≥22.00	≥2500	≥0.60	
JIS A 5905-1994			-	≤12.00	≥25.00	≥2000	≥0.40	
Commercial MDF			52.53	16.08	28.02	2,209	1.30	
Fiber treatment	Control (non)		61.74	16.19	28.89	1,736	1.10	79.35
	120	4	44.73	10.07	35.30	2,320	0.99	
	150	4	39.11	5.63	32.53	2,187	1.01	
Board heat treatment	160	180	46.91	13.49	33.62	2,577	1.35	
	140	300	47.12	15.21	33.28	2,652	1.20	
MDF for friendly environment	pMDI 5%		19.41	8.57	41.78	3,237	1.54	0.00
	UF 5% + pMDI 5%		63.08	13.63	41.69	3,022	0.84	52.20
	UF 7% + Starch 3%		52.48	13.09	38.22	2,798	0.59	71.75

การแลกเปลี่ยนประสบการณ์และองค์ความรู้ที่ได้กับผู้ประกอบการ

จากผลการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้ได้แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราเพื่อเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในห้่องปฏิบัติการได้มีการนำองค์ความรู้ที่ได้ไปแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับโรงงานอุตสาหกรรมผู้ผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางถึงความเป็นไปได้ในการนำเทคนิคและกรรมวิธีในการปรับปรุงสภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางไปใช้ให้เกิดประโยชน์ จำนวน 4 แห่ง ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

- โรงงานที่ 1 การปรับสภาพเส้นใยก่อนทำแผ่นหากจะทำในสายการผลิตจะต้องปรับเส้นทางการผลิตใหม่โดยหาจุดที่เหมาะสมในการเพิ่มไอน้ำเข้าไป และต้องระวังเรื่องการอุดตันของท่อ ส่วนการจะอบร้อนเมื่อทำแผ่นเสร็จแล้วนั้นหากเป็นห้องอบอาจต้องเพิ่มพื้นที่ในสายการผลิตหรืออาจใช้การเคลื่อนผ่านแสงอินฟราเรดเพื่อร่นเวลาและระยะทางในการอบซึ่งเห็นว่าการปรับสภาพโดยอบร้อนน่าจะทำได้ง่ายกว่า
- โรงงานที่ 2 มีการทดลองใช้กาว pMDI ซึ่งไม่มีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ ทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมีผลให้แผ่นที่ได้ทนความชื้นได้ดีแต่สีของแผ่นจะเข้มขึ้น แต่ถ้าใช้กาว epoxy ซึ่งมีสีใสสีของแผ่นจะคงเดิมและกาวมีราคาถูกกว่า ส่วนการอบร้อนแผ่นเพื่อปรับสภาพแผ่นสามารถลดค่าการพองตัวตามความหนาได้จริง
- โรงงานที่ 3 มีการใช้กาว epoxy ผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทำให้สามารถทนความชื้นได้ดีขึ้น ส่วนกาว pMDI มีการทดลองใช้กับชั้นไส้ของแผ่นขึ้นไม้อัดยังไม่เคยใช้กับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
- โรงงานที่ 4 การปรับสภาพเส้นใยก่อนทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางหากสามารถลดค่าการพองตัวตามความหนาเหลือประมาณ 1% จะเป็นผลดีและน่าสนใจในการผลิต ส่วนการจะอบร้อนแผ่นเพื่อปรับสภาพแผ่นจะทำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 180°C เพื่อไม่ให้ความแข็งแรงลดลง

ต้นทุนการดำเนินการในห้่องปฏิบัติการ

จากผลการศึกษาต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้ได้แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราเพื่อเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในห้่องปฏิบัติการ พบว่า

1. การปรับสภาพเส้นใยก่อนทำแผ่น (แบบการวิจัยที่ 1)

เมื่อทำการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตในห้่องปฏิบัติการ (ตารางที่ 4-2 และ ตารางแนบที่ 1) ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ผลิตจากเส้นใยไม่ผ่านการปรับสภาพ และแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ทำจากเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 120°C และ 150°C เป็นระยะเวลา 1, 2, 3 และ 4 นาที พบว่า

แผ่นทดสอบขนาด 35X35 ซม. ที่ใช้เส้นใยไม่ผ่านการปรับสภาพเส้นใยมีต้นทุนการผลิตในห้องปฏิบัติการเท่ากับ 33.47 บาท และเมื่อทำการปรับสภาพเส้นใยที่สภาวะการทดสอบแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางดีที่สุดคือ 120, 150 °C ที่ 4 นาที พบว่า มีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น 2.60 และ 2.83% เมื่อเทียบกับแผ่นทดสอบที่เส้นใยไม่ผ่านการปรับสภาพเส้นใย

Table 4-2 Compared production cost of medium density fiberboard quality made from various fiber treatment in lab scale

Fiber treatment condition	Production cost of MDF (Baht/sheet) Size 35x35 cm.	% Change
Non (control)	33.47	-
at 120 °C 1 min	33.86	1.17
at 120 °C 2 min	33.02	1.64
at 120 °C 3 min	34.18	2.12
at 120 °C 4 min *	34.34	2.60
at 150 °C 1 min	33.94	1.40
at 150 °C 2 min	34.10	1.87
at 150 °C 3 min	34.26	2.35
at 150 °C 4 min *	34.42	2.83

* หมายถึง ค่าการทดสอบที่ดีที่สุด

2. การใช้กาวยที่มีปริมาณสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์แตกต่างกัน (แบบการวิจัยที่ 2)

เมื่อทำการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 4-3 และ ตารางแนบที่ 2) ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราที่ใช้กาวยที่มีปริมาณสารระเหยฟอร์มาลดีไฮด์แตกต่างกันจำนวนทั้งสิ้น 6 ชนิด โดยเปรียบเทียบกับแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10 % พบว่า

แผ่นทดสอบขนาด 35X35 ซม. ที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ 10 % มีต้นทุนการผลิตในห้องปฏิบัติการเท่ากับ 33.47 บาท เมื่อทำการเปรียบเทียบการใช้กาวยที่แตกต่างกัน 6 ชนิด พบว่า การเลือกใช้แป้งมันสำปะหลัง 10% มีการปรับขึ้นต้นทุนมากที่สุดอยู่ที่ 26.09 % และหากเปรียบเทียบกับผลการทดสอบในเรื่องของการปลดปล่อยสารฟอร์มาลดีไฮด์ คือ กาวย pMDI 5%, UF 5% + pMDI 5% และ UF 7% + แป้งมัน 3% พบว่ามีต้นทุนการผลิตที่มีการเปลี่ยนแปลง คือ 14.42, 19.73 และ 7.81% ตามลำดับ

Table 4-3 Compared production cost of medium density fiberboard made with various glue type in lab scale

Adhesive type	Production cost of MDF (Baht/sheet) Size 35x35 cm.	% Change
1. UF10% (Control)	33.47	-
2. pMDI 5% *	38.30	14.42
3. UF5% + pMDI 5% *	40.07	19.73
4. UF5% + MF 5% *	37.99	13.50
5. UF7% + Starch 3%	36.09	7.81
6. Starch 10%	42.21	26.09
7. Epoxy 8%	34.21	2.20

* หมายถึง ค่าการทดสอบที่ดีที่สุด

3. การปรับสภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางสำเร็จรูปด้วยการอบร้อน (แบบการวิจัยที่ 3)

เมื่อทำการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 4-4 และ ตารางแนบที่ 3) ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพาราสำเร็จรูป และนำมาอบร้อนที่อุณหภูมิ 120, 140 และ 160°C เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า

แผ่นขนาดมาตรฐาน 122X244 ซม. ซึ่งมีราคาขายในท้องตลาดเท่ากับ 247 บาท (ราคา ณ วันทดสอบ) เมื่อทำการนำแผ่นดังกล่าวไปผ่านกรรมวิธีการปรับสภาพด้วยกรรมวิธีการอบร้อน พบว่าที่อุณหภูมิ 140°C ระยะเวลา 5 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 160°C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ให้ผลทางด้านคุณสมบัติการดูดซึมน้ำและการพองตัวตามความหนาดีที่สุด เมื่อเทียบกับแผ่นใยไม้อัดที่ทดสอบที่อุณหภูมิต่างๆ และระยะเวลาอื่นๆ ส่วนต้นทุนในการผลิตที่เพิ่มขึ้นนั้นมีส่วนแปรผันตามระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อนเป็นสำคัญ และอุณหภูมิที่เลือกใช้ก็มีผลต่อต้นทุนเช่นกัน แต่ไม่มากเท่ากับระยะเวลาที่ใช้ในการอบร้อน ซึ่งพบว่าที่ 140°C ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ต้นทุนเพิ่มขึ้น 68.74% ขณะที่อุณหภูมิ 160°C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีต้นทุนเพิ่มขึ้น 44.94% ตามลำดับ

ซึ่งเป็นการคำนวณต้นทุนรวมค่าอุปกรณ์และเครื่องจักร (ตามเอกสารแนบ) แต่หากนำต้นทุนเฉพาะค่าพลังงานมาคำนวณเพียงอย่างเดียวจะทำให้กรรมวิธีนี้คุ้มค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับแบบการวิจัยที่ 1, 2 และได้คุณสมบัติการดูดซึมน้ำและการพองตัวตามความหนาที่ปรับปรุงได้ดียิ่งขึ้นด้วย

Table 4-4 Compared production cost of medium density fiberboard made from various heat treatments in lab scale

Adhesive type	Production cost of MDF (Baht/sheet) Size 40x40 cm.	% Change
Commercial MDF (control)	15.22	-
at 120 °C 1 hr.	18.06	18.61
at 120 °C 3hr.	21.83	43.42
at 120 °C 5 hr.	25.61	68.24
at 140 °C 1 hr.	18.13	19.11
at 140 °C 3 hr.	21.91	43.93
at 140 °C 5 hr. *	25.69	68.74
at 160 °C 1 hr.	18.29	20.13
at 160 °C 3 hr. *	22.06	44.94
at 160 °C 5 hr.	25.84	69.76

* หมายถึง ค่าการทดสอบที่ดีที่สุด

ข้อเสนอแนะ

การผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากวัตถุดิบไม้ยางพารา เพื่อการพัฒนาคุณสมบัติให้ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม เพื่อลดค่าการฟองตัวตามความหนาและลดค่าการดูดซึมน้ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่พัฒนาในกระบวนการผลิตได้ยากและใช้ต้นทุนในการปรับปรุงคุณสมบัติที่สูง การเพิ่มขั้นตอนหรือการคัดเลือกกระบวนการในการทดสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณสมบัติดังกล่าว จะต้องค้นหาความเหมาะสมทั้งด้านต้นทุน เวลา และคุณภาพ ดังนั้นเมื่อการทดสอบทราบผลบ่งชี้และสถานะที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็นต้องนำผลการทดสอบที่ดีที่สุดในแต่ละแบบการทดลองมาทำการทดลองซ้ำโดยรวมทุกปัจจัยและทุกกรรมวิธีที่ดีทั้งการปรับปรุงเส้นใย, การเลือกชนิดกาว และการอบแผ่นสำเร็จรูป เพื่อทดสอบคุณสมบัติ และเป็นการยืนยันทางการทดสอบอีกครั้ง และอาจต้องเพิ่มการทดสอบคุณสมบัติทางด้านการเกิดเชื้อราในแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเพิ่มขึ้นอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- จรัญ จันทลักษณ์. 2534. สถิติ วิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 6. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 468 น.
- ปิยะวดี บัวจงกล. 2549. ความเหมาะสมของไผ่หูก และไผ่หวานอ่างช้างเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปิยะวดี บัวจงกล และนิคม แหยมสีก. 2550. สมบัติของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไผ่หูกและไผ่หวานอ่างช้างต่างชั้นอายุ. วารสารวนศาสตร์ ปีที่ 26 ฉบับพิเศษ. 83-92 น.
- ยศนันท์ พรหมโชติกุล, กิตติพัฒน์ ลิขิตวรโชติ, ปรียากรณ์ กล้าใจ และน้ำตาล คุ่มตะโก. 2558. คู่มือปฏิบัติการป้องกันเห็ดราทำลายไม้. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 88 น.
- วิจิตร กฤษณบำรุง. 2529. เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง หลักการแยกเยื่อวัตถุดิบด้วยกรรมวิธีแอสพลุนด์ เพื่อผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง และแผ่นเอ็มดีเอฟ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- วัลยัท เพื่อวงวิวัฒน์, ปิยะวดี บัวจงกล และจรัส ทองสลิย. อิทธิพลของการอบร้อนต่อคุณสมบัติของแผ่นใยไม้อัดแข็ง, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. 42 น.
- สันติ สุขสะอาด ณรงค์ชัย ชลภาพ วุฒิพล หัวเมืองแก้ว และทรงกลด จารุสมบัติ. 2546. การวิเคราะห์ระบบการตลาดของอุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัด ความหนาแน่นปานกลางในประเทศไทย. วารสารวนศาสตร์ ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 หน้า 16-28
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง. เลขที่ มอก. 966-2547.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. 2557. การวิจัยด้านวนวัฒนและการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่ที่มีศักยภาพสูงทางเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ. 254 น.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. 2557. วิจัยการใช้ประโยชน์ไม้สะเดาเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 146 น.
- อนันตชัย เชื้อนธรรม. 2539. หลักการวางแผนการทดลอง. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 395 น.
- Ayrlmis N, S. Jarusombuti, V. Fueangvivat, and P. Bauchongkol. 2009. Effect of Thermal Treatment of Rubber wood Fibers on Physical and Mechanical Properties of Medium Density Fiberboard. Journal of Tropical Forest Science vol. 23(1): 10-16.
- European Standards. 1991. European Standards: Wood based panels-Determination of formaldehyde content-Extraction method called the perforator method, BS EN 120:1991.

- ISO. 1972. Fiber building boards – Hard and medium boards – Determination of water absorption and of swelling in thickness after immersion in water, ISO 769: 1972. Switzerland. 4p.
- Jarusombuti, S., P. Bauchongkol, S. Hiziroglu, and V. Fueangvivat. 2012. Properties of Rubber wood Medium-Density Fiberboard Bonded with Starch and Urea-Formaldehyde. *Forest Products Journal* vol.62 (1):58-62
- Japanese Industrial Standard. 1994. Japanese Industrial Standard: medium density fiberboards.No. JIS A 5906-1994.
- Kollmann, F.F.P., E.W. Kuenzi and A.J. Stamm. 1975. *Principles of Wood Science and Technology*. Vol.II. Springer-Verlag, NewYork. pp. 312-550.
- Maloney, T.M. 1993. *Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing*. Miller Freeman Publication, California. 672 p.

เอกสารแนบ

ตารางแนบที่ 1 ต้นทุนการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ปรับคุณภาพเส้นใยในสถานะที่แตกต่างกัน

แผ่นสำเร็จ ขนาด 35X35 ซม.

รายการ	ราคาต่อหน่วย	ต้นทุนการผลิต (บาท/แผ่น)
ต้นทุนวัตถุดิบ		
เส้นใยยางพารา	5,000.00 บาท/ตัน	
กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10%	29.98 บาท/กก.	
ต้นทุนเครื่องมือเครื่องจักร		
เครื่องทำขึ้นไม้สับ	100,000.00 บาท/10 ปี	
เครื่องแยกเส้นใย	800,000.00 บาท/10 ปี	
เครื่องบดเส้นใย	125,000.00 บาท/10 ปี	
เตาอบเส้นใย	125,000.00 บาท/10 ปี	
เครื่องผสมเส้นใยกับกาว	215,000.00 บาท/10 ปี	
เครื่องอัดรีด	750,000.00 บาท/10 ปี	
ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร	21,150.00 บาท/ปี	
การปรับสภาพเส้นใย		
ไม่ปรับสภาพเส้นใย (control)		33.47 บาท
ปรับสภาพเส้นใยที่ 120 °C 1 นาที	800,000.00 บาท/10 ปี	33.86 บาท
ปรับสภาพเส้นใยที่ 120 °C 2 นาที	800,000.00 บาท/10 ปี	34.02 บาท
ปรับสภาพเส้นใยที่ 120 °C 3 นาที	800,000.00 บาท/10 ปี	34.18 บาท
ปรับสภาพเส้นใยที่ 120 °C 4 นาที	800,000.00 บาท/10 ปี	34.34 บาท
ปรับสภาพเส้นใยที่ 150 °C 1 นาที	800,000.00 บาท/10 ปี	33.94 บาท
ปรับสภาพเส้นใยที่ 150 °C 2 นาที	800,000.00 บาท/10 ปี	34.10 บาท
ปรับสภาพเส้นใยที่ 150 °C 3 นาที	800,000.00 บาท/10 ปี	34.26 บาท
ปรับสภาพเส้นใยที่ 150 °C 4 นาที	800,000.00 บาท/10 ปี	34.42 บาท
ต้นทุนวัสดุ อุปกรณ์		
แผ่นรองอัด	550.00 บาท/แผ่น/1000 ครั้ง	
แผ่น teflon กันติด	600.00 บาท/แผ่น/200 ครั้ง	
แท่งเหล็กกำหนดความหนา	500.00 บาท/แผ่น/1000 ครั้ง	
ต้นทุนเวลาและบุคลากร		
ค่าแรงบุคลากรในการเตรียมเส้นใย	300.00 บาท/คน/วัน	
ค่าแรงบุคลากรในการทำแผ่น	300.00 บาท/คน/วัน	

ตารางแนบที่ 2 ต้นทุนการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้กาวยางชนิดกัน

แผ่นสำเร็จ ขนาด 35X35 ซม.

รายการ	ราคาต่อหน่วย	ต้นทุนการผลิต (บาท/แผ่น)
ต้นทุนวัตถุดิบ		
เส้นใยยางพารา	5,000.00 บาท/ตัน	
กาวยางที่ใช้		
1. กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10%	29.98 บาท/กก.	33.47 บาท
2. กาว pMDI 5%	181.00 บาท/กก.	38.30 บาท
3. กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5%	29.98 บาท/กก.	40.07 บาท
ผสมกาว pMDI 5%	181.00 บาท/กก.	
4. กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5%	29.98 บาท/กก.	37.99 บาท
ผสมกาวเมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์ 5%	214.00 บาท/กก.	
5. กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7%	29.98 บาท/กก.	36.09 บาท
ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3%	27.00 บาท/400 ก.	
6. แป้งมันสำปะหลัง 10%	27.00 บาท/400 ก.	42.21 บาท
7. กาว epoxy 8%	70.00 บาท/กก.	34.21 บาท
ต้นทุนเครื่องมือเครื่องจักร		
เครื่องทำชิ้นไม้สับ	100,000.00 บาท/10 ปี	
เครื่องแยกเส้นใย	800,000.00 บาท/10 ปี	
เครื่องบดเส้นใย	125,000.00 บาท/10 ปี	
เตาอบเส้นใย	125,000.00 บาท/10 ปี	
เครื่องผสมเส้นใยกับกาว	215,000.00 บาท/10 ปี	
เครื่องอัดร้อน	750,000.00 บาท/10 ปี	
ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร	21,150.00 บาท/ปี	
ต้นทุนวัสดุ อุปกรณ์		
แผ่นรองอัด	550.00 บาท/แผ่น/1000 ครั้ง	
แผ่น teflon กันติด	600.00 บาท/แผ่น/200 ครั้ง	
แท่งเหล็กกำหนดความหนา	500.00 บาท/แผ่น/1000 ครั้ง	
ต้นทุนเวลาและบุคลากร		
ค่าแรงบุคลากรในการเตรียมเส้นใย	300.00 บาท/คน/วัน	
ค่าแรงบุคลากรในการทำแผ่น	300.00 บาท/คน/วัน	

ตารางแนบที่ 3 ต้นทุนการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่อบร้อนในภาวะแตกต่างกัน

แผ่นสำเร็จ ขนาด 40X40 ซม.

รายการ	ราคาต่อหน่วย		ต้นทุนการผลิต (บาท/แผ่น)
ต้นทุนวัตถุดิบ			
แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางความหนา 10 มม.	214.00	บาท/แผ่น (122x244 ตร.ซม.)	
ค่าขนส่ง	600.00	บาท/ครั้ง (10 แผ่น)	
ต้นทุนเครื่องมือเครื่องจักร			
เตาอบร้อน	125,000.00	บาท/10 ปี	
ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร	1,250.00	บาท/ปี	
การอบร้อน			
ไม่อบร้อน (control)			15.22 บาท
อบร้อนที่ 120 °C 1 ชั่วโมง	125,000.00	บาท/10 ปี	18.06 บาท
อบร้อนที่ 120 °C 3 ชั่วโมง	125,000.00	บาท/10 ปี	21.83 บาท
อบร้อนที่ 120 °C 5 ชั่วโมง	125,000.00	บาท/10 ปี	25.61 บาท
อบร้อนที่ 140 °C 1 ชั่วโมง	125,000.00	บาท/10 ปี	18.13 บาท
อบร้อนที่ 140 °C 3 ชั่วโมง	125,000.00	บาท/10 ปี	21.91 บาท
อบร้อนที่ 140 °C 5 ชั่วโมง	125,000.00	บาท/10 ปี	25.69 บาท
อบร้อนที่ 160 °C 1 ชั่วโมง	125,000.00	บาท/10 ปี	18.29 บาท
อบร้อนที่ 160 °C 3 ชั่วโมง	125,000.00	บาท/10 ปี	22.06 บาท
อบร้อนที่ 160 °C 5 ชั่วโมง	125,000.00	บาท/10 ปี	25.84 บาท

ภาคผนวก

แบบฟอร์มสรุปผลงานวิจัยเพื่อเผยแพร่

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย) โครงการปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา
เพื่อเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

(ภาษาอังกฤษ) Medium Density Fiberboard for Friendly Environment

โดย รศ. ทรงกลด จารุสมบัติ ภาควิชาวนคณະวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร
10900 โทรศัพท์ 02-5790173 โทรสาร 02-9428371
E-mail fforsoj@ku.ac.th

นายวัลยuth เฟื่องวิวัฒน์ นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ
สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ เลขที่ 61 ถนนพหลโยธิน
แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
โทรศัพท์ 02-5614292-3 ต่อ 5052 โทรสาร 02-5795410
E-mail vallayuth@yahoo.com

นางสาวปิยะวดี บัวจงกล นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ
สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ เลขที่ 61 ถนนพหลโยธิน
แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
โทรศัพท์ 02-5614292-3 ต่อ 5052 โทรสาร 02-5795410
E-mail bauchongkol@yahoo.com

ดร.กิตติพงศ์ ตั้งกิจ ภาควิชาวนคณະวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร
10900 โทรศัพท์ 02-5790173 โทรสาร 02-9428371
E-mail fforkpt@ku.ac.th

นางสาววรารัตน์ หาคำ เจ้าหน้าที่วิจัย
ศูนย์ประสานเพื่อการพัฒนาสู่ความเป็นเลิศ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร
10900 โทรศัพท์ 02-5790173 โทรสาร 02-9428371
E-mail psdvrh@ku.ac.th

นายคมสันต์ คล้ายภู ช่างเครื่องยนต์
ภาควิชาวนคณະวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร
10900 โทรศัพท์ 02-5790173 โทรสาร 02-9428371
E-mail ffforksk@ku.ac.th

ประเด็นปัญหาการวิจัย

จากในอดีต มีการวิจัยและพัฒนาการนำเอาไม้อย่างพาราไมลิตแผ่นไม้ประกอบ หลากหลายชนิด เช่น แผ่นขึ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถนำไปพัฒนาในระบบ อุตสาหกรรมเพื่อผลิตเป็นวัสดุแผ่นไม้ประกอบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนไม้ได้เป็นอย่างดี ทั้งในงาน ก่อสร้างอาคารบ้านเรือน และงานเฟอร์นิเจอร์ ตามคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ นั้น ๆ แต่เนื่องจากในอดีตเราไม่มี การคำนึงถึงสภาพแวดล้อม และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ซึ่งก็คือ สารยึดติด หรือกาว นั่นเอง การวิจัยในครั้งนี้ มีแนวคิดที่จะผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง หรือที่ภาษาทางการค้าเรียกกันว่า แผ่น เอ็ม ดี เอฟ ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยใช้กาวที่มีสารระเหยประเภท พอร์มัลดีไฮด์อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ หรือที่เรียกกันในการค้าว่า “กาว EO” ซึ่งจะแตกต่างจากการผลิตไม้ประกอบ ในปัจจุบันที่ใช้กาวที่มีสารพอร์มัลดีไฮด์เป็นส่วนผสมอยู่ในปริมาณที่สูง หรือที่เรียกว่า “กาว E2” ที่ใช้ผลิตแผ่น ใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางกันในห้องตลาด

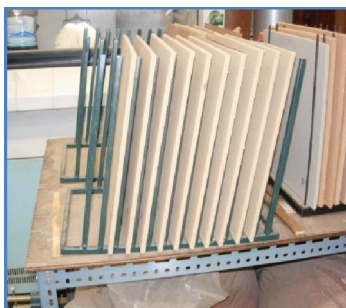
การแก้ไขปัญหาโดยใช้ผลงานวิจัย

หากต้องการให้ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับ ผิวหน้าของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางลดลง ส่วนค่าความต้านแรงดัด และค่ามอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่น เพิ่มขึ้น ควรนำเส้นใยไม้อย่างพาราไปปรับปรุงสภาพที่อุณหภูมิ 120°C และ 150°C ใช้ระยะเวลา 4 นาที ก่อนที่จะนำไปทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

แต่หากใช้เส้นที่ไม่ผ่านการปรับปรุงสภาพก่อนนำไปทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ควร นำแผ่นไปอบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 3 ชั่วโมง จะทำให้ค่าการดูดซึมน้ำ และค่า ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าลดลง แต่มีค่าความต้านแรงดัดเพิ่มขึ้น แต่หากจะทำการอบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C ต้องเพิ่มระยะเวลาในการอบร้อนให้มากกว่า 5 ชั่วโมง เพื่อให้ค่าการพองตัวตามความหนาลดลงจนผ่าน ตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 966-2547 และมาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด

ชนิดกาวที่เหมาะสมในการทำแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่มีสมบัติผ่านตามเกณฑ์ มาตรฐาน มอก. 966-2547 และเกณฑ์มาตรฐาน JIS A 5905-1994 กำหนด และไม่มีการปลดปล่อยสาร ระเหยพอร์มัลดีไฮด์ คือ กาว pMDI 5% ส่วนแผ่นที่ใช้กาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% และ กาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% สามารถลดการปลดปล่อยสารระเหยพอร์มัลดีไฮด์ลงได้ 34.22% และ 9.58% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กาวยูเรียพอร์มัลดีไฮด์ที่ใช้กันในปัจจุบัน

รูปภาพประกอบ



1	2	3
4	5	6
7	8	9
10	11	12

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1. ไม้ยางพารา | 2. ชิ้นไม้ยางพาราสับ |
| 3. การแยกเส้นใยไม้ยางพารา | 4. การบดเส้นใยไม้ยางพารา |
| 5. การอบแห้งเส้นใยไม้ยางพารา | 6. การจัดเก็บเส้นใยไม้ยางพารา |
| 7. การผสมกาว | 8. การทำแผ่น |
| 9. การอัดเย็น | 10. การอัดร้อน |
| 11. การผึ่งกระแสอากาศ | 12. การตัดชิ้นเพื่อทดสอบ |

(ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี พ.ศ. 2558)

โครงการ “การปรับปรุงคุณภาพแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากไม้ยางพารา เพื่อเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม”

การปรับสภาพเส้นใยไม้ยางพาราโดยกรรมวิธีการนึ่งด้วยไอน้ำก่อนนำเส้นใยไปทำแผ่นที่อุณหภูมิ 120°C และ 150°C ใช้ระยะเวลา 4 นาที ทำให้ค่าการพองตัวตามความหนา ค่าการดูดซึมน้ำและค่าความต้านแรงดึงต้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นลดลง ส่วนค่าความต้านแรงดัดและค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้น แต่หากใช้เส้นใยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ ควรนำแผ่นไปอบร้อนที่อุณหภูมิ 160°C ใช้ระยะเวลาในการอบร้อน 3 ชั่วโมง แต่หากจะทำการอบร้อนที่อุณหภูมิ 140°C ต้องเพิ่มระยะเวลาในการอบร้อนให้มากกว่า 5 ชั่วโมง ชนิดกาวที่เหมาะสมในการทำแผ่นที่ไม่มีการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ คือ กาว pMDI 5% ส่วนแผ่นที่ใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 5% ผสมกาว pMDI 5% และกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 7% ผสมแป้งมันสำปะหลัง 3% สามารถลดการปลดปล่อยสารระเหยฟอร์มัลดีไฮด์ลงได้ 34.22% และ 9.58% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ 10% เพียงอย่างเดียว