

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย

The Study Feasibility in Production Roof Tile from Bagasse Fiber Mixed Maize Husk Fiber

ประยูร สุรินทร์^{1*} กิตติศักดิ์ บัวศรี²

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

E-mail: Prayoon99@gmail.com

Prayoon Surin^{1*} Kittisak Buasri²

^{1,2}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology,

Bangkok 10330

E-mail: Prayoon99@gmail.com

บทคัดย่อ

การทำวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย ในการพัฒนาแผ่นกระเบื้องหลังคากันความร้อนเพื่อประหยัดพลังงานและรักษาสีแวตล่อมเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง เป็นกระเบื้องหลังคาชนิดลอนเล็ก ตามมาตรฐาน JIS A 5908-2003 (8 type) หรือ มอก. 876-2547, มอก.535-2540 ASTM C 177- 2010 และ ค่าความแข็งแรงการกระแทก ASTM D 256-2006a

ผลการทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของแผ่นกระเบื้องได้ค่าความร้อนที่ตีประเภทหนึ่งซึ่งพิจารณาจาก ปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน(UF) 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.013 W / m.k กาวสังเคราะห์พีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน (PF) 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.015 W/m.k และกาวสังเคราะห์ไอโซไซยานาเตเรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.012 W/m.k ตามลำดับ และ ค่าความต้านทานความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคา 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.345 m².k/ W กาวสังเคราะห์ PF 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.348 m².k / W และ กาวสังเคราะห์ pMDI 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.289 m².k / W ตามลำดับและความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องหลังคามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 660.96-800.40 kg/m³ ค่าปริมาณความชื้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.07-4.08% และการดูดซึมน้ำมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 15.02-48.47% และ 39.95-54.36% ผล การทดสอบสมบัติเชิงกล ที่ปริมาณสารยึดติดกาว UF 10% กาวสังเคราะห์ PF 13% กาวสังเคราะห์ pMDI 7 % โดยนำหนักแห้ง จากการทดลองพบว่า ค่า MOR ของแผ่นกระเบื้องหลังคามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 225.75-270.27 MPa และค่าMOE มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 44,522.10-68,799.48MPa และ ค่าความแข็งแรงการกระแทกมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.55-1.93 J ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นว่าแผ่นกระเบื้องหลังคา ที่ใช้กาวสังเคราะห์ทั้ง 3 ชนิด ที่มีความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องหลังคาที่ 600 kg/m³ นอกจากสามารถใช้เป็นแผ่นกระเบื้องหลังคากันความร้อนที่ดีแล้วยังสามารถใช้เป็นวัสดุก่อสร้างได้อีกทางเลือกหนึ่ง

คำหลัก แผ่นกระเบื้องหลังคา เส้นใยเปลือกข้าวโพด เส้นใยชานอ้อย สมบัติเชิงกายภาพ สมบัติเชิงกล สมบัติเชิงความร้อน

Abstract

The purpose of this research is to study the feasibility in Roof Tile Production from Bagasse fiber mixed with Maize Husk fiber. The development of this product was saving the energy, heat prevention and environmental protection. We can use it as a construction material as Japanese Industrial Standards A. 5908-2003 or Thai Industrial Standards Institute (TISI) 876-2547, 535-2540 ASTM C177-2010 and the strength value at ASTM D 256-2006a.

The result of the thermal properties test of the tile was good when we considered on the quantity of glue which we used Urea formaldehyde resin (UF) 10%. The averaged value at 0.013W/m.k, phenol formaldehyde resin (PF) 13% The averaged value at 0.015W/m.k and Isosyanate resin (pMDI) 7% The averaged value at 0.012 W/m.k respectively. The thermal resistance of the roof tile was 10%. The averaged value was 0.345 m².k/w. The PF glue was 13%. The averaged value at 0.348 m².k/w and the pMDI was 7%. The averaged value was 0.289 m².k/w respectively. The relation between the densities of the roof tile was averaged value at 660.800.40mg/m. The averaged quantity of the moistness were 2.07-4.08% and the averaged water absorption between 15.02- 48.47% and 39.35- 54.36%. The result from mechanical properties tested with 10% of the UF glue, 13% of the PF glue and 7% of the pMDI glue by the dry weight was found that the average MOR value of the roof tile between 225.75- 270.27 MPa. The average MOE was 44,522.10- 68,799.48 MPa. The average strength value was 0.55- 1.93J respectively. From the test indicated that the roof tile with three types of the synthesis glues and the density at 600kg/m³. A part from its best quality for heat resistance, this tile can be able to use as construction material as well.

Keywords: Roof tile, Maize husk fiber, Bagasse fiber, Physical Properties, Mechanical Properties, Thermal properties

1. บทนำ

กระแสความตื่นตัวในด้านสิ่งแวดล้อมและมลภาวะของโลก ส่งผลให้หลายองค์กรในระดับนานาชาติต่างกำหนดมาตรการป้องกันและกฎหมายทางสิ่งแวดล้อมที่มีความเข้มงวดมากขึ้น ดังเช่น กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป ได้ออกกฎหมายข้อบังคับในการควบคุมให้วัสดุที่ใช้ในรถยนต์ในประเทศสหภาพยุโรปต้องมีคุณสมบัติสามารถย่อยสลายหรือสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของวัสดุทั้งหมดในรถยนต์ ภายในปี ค.ศ. 2006 จากข้อกำหนดดังกล่าว ส่งผลให้ประเทศต่างๆ เกิดความตื่นตัวในการคิดค้นและพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้นดังนั้นอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมการก่อสร้าง อุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ และอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น จึงได้มีการปรับแนวทางและเป้าหมายการผลิตให้เน้นการใช้วัสดุที่ทำมาจากพืชมากขึ้นเส้นใย

ธรรมชาติ เป็นเส้นใยที่มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ โดยเฉพาะในด้านสิ่งแวดล้อม สามารถหาได้ง่ายภายในประเทศ ต้นทุนการผลิตต่ำ และราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยสังเคราะห์ รวมทั้งเส้นใยธรรมชาติยังลดการขีดข่วนและลดความเสียหายของเครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดความสนใจนำเส้นใยจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์มากขึ้น จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเปลือกข้าวโพดผสมชานอ้อยเพื่อประหยัดพลังงานเป็นงานวิจัยที่จัดทำขึ้นเพื่อมุ่งเน้นถึงการนำวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นวัตถุดิบเพื่อปรับปรุงและพัฒนาให้เกิดประโยชน์ในงานอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้างคือเป็นกระเบื้องหลังคาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยนำเปลือกข้าวโพดและชานอ้อยมาผสมเพื่อพัฒนาเป็นแผ่นกระเบื้องหลังคากันฉนวนความร้อนจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดและชานอ้อยเป็นวัสดุหลักมาผสมกันตลอดทั้ง

แผ่นเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมได้อีกทางเลือกหนึ่ง

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 วัสดุ และสารเคมี

การศึกษาค้นคว้าได้นำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ เส้นใย เปลือกข้าวโพด เส้นใยชานอ้อย ที่จะนำมาผลิตแผ่นกระเบื้องหลังคา

2.1.1 อัตราส่วนของเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสม เส้นใยชานอ้อย 50:50 % (โดยน้ำหนักแห้ง)

2.1.2 เปรียบเทียบการใช้สารยึดติดกาวสังเคราะห์ 3 ชนิด คือ

1) กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน ที่ปริมาณสารยึดติด 10 เปอร์เซ็นต์

2) กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน ที่ปริมาณสารยึดติด 13 เปอร์เซ็นต์

3) กาวไอโซไซยานาต เรซินที่ปริมาณสารยึดติด 7 เปอร์เซ็นต์

2.1.3 ขนาดความหนาของแผ่นกระเบื้องหลังคา 5 มม. ค่าความหนาแน่นแผ่นที่กำหนด 600 ลบ.ม และการวิเคราะห์ต้นทุน

2.1.4 วิเคราะห์หาค่า pH Average และ Acid Buffering Capacity ของเส้นใย เปลือกข้าวโพด และเส้นใยชานอ้อย

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

2.2.1 เครื่องบดเส้นใย

2.2.2 เครื่องร่อนแยกขนาด

2.2.3 การวิเคราะห์หาขนาดเส้นใยชานอ้อย

2.2.4 การวิเคราะห์หาขนาดเส้นใยชานอ้อย

2.2.5 เครื่องผสมและพ่นกาว

2.2.6 ชุดเครื่องอัดไฮดรอลิกในการทำการขึ้นรูป

2.2.7 ชุดแม่พิมพ์ลอนกระเบื้องหลังคา ขนาด 400 × 400 มิลลิเมตร

2.3 วิธีดำเนินการ

2.3.1 เตรียมการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผ่านมาในอดีตจัดเก็บวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เปลือกข้าวโพด และชานอ้อย

2.3.2 การบดย่อยชิ้นวัสดุการร่อนแยกขนาดและคัดขนาดเส้นใยที่เหมาะสม

วิเคราะห์หาค่า pH Average วิเคราะห์หาค่า Acid Buffering Capacity

2.3.3 การผสมกาว สารเร่งแข็งสารเคลือบผิวกันซึม

2.3.4 การฟอร์มแผ่นกระเบื้องหลังคาก่อนขึ้นรูปอัดร้อน

2.3.5 การเตรียมอัดแผ่นกระเบื้องหลังคาขนาด

400 × 400 ซม. หนา 5 มม.

2.3.6 การขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย

2.3.7 การปรับสภาพอุณหภูมิแผ่นกระเบื้องหลังคาจากการอัดขึ้นรูป

2.3.8 การตัดขอบของแผ่นกระเบื้องหลังคา

2.3.8 ทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล และ ความร้อน

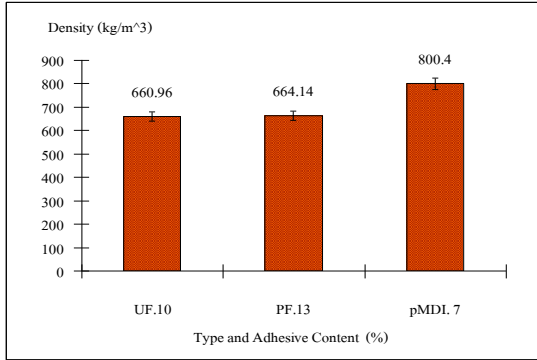
3. ผลการทดลอง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อยในการทำวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษากระบวนการสมบัติในเชิงกายภาพ เชิงกล และเชิงความร้อน ของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อยในการศึกษาสมบัติการทำแผ่นกระเบื้องหลังคาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 2 ชนิด ผู้วิจัยได้ทำการขึ้นรูปตัวอย่างแผ่นกระเบื้องหลังคาได้ผลการทดลองดังนี้

3.1 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ

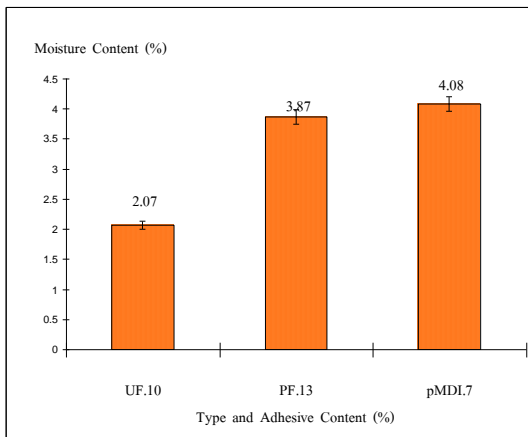
ผลการทการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ (Physical properties) ของแผ่นกระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทั้ง 2 ชนิดที่นำมาขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องหลังคาแล้วนำมาทดสอบค่าความหนาแน่น (Density) ปริมาณความชื้น (Moisture content) การดูดซึมน้ำที่ 1 และ 24 ชั่วโมง (Water absorption) การไม่รั่วซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง และการพองตัวทางความหนาที่ 1 และ 24 ชั่วโมง (Thickness swelling) อาศัยการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ หรือ JIS A 5908 – 2003 (8 type)

3.1.1 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น



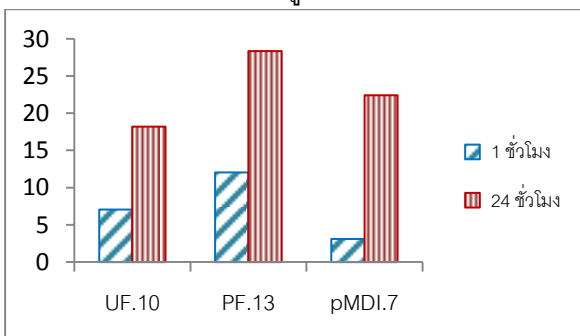
รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย

3.1.2 ผลการทดสอบค่าความชื้น



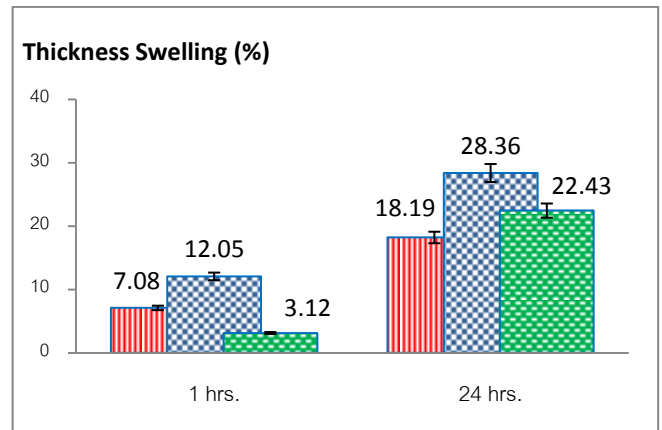
รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณความชื้นกับประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย

3.1.3 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำที่ 1 และ 24 ชั่วโมง



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำที่ 1 และ 24 ชั่วโมงกับประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย

3.1.4 ผลการทดสอบค่าการพองตัวทางความหนาที่ 24 ชั่วโมง

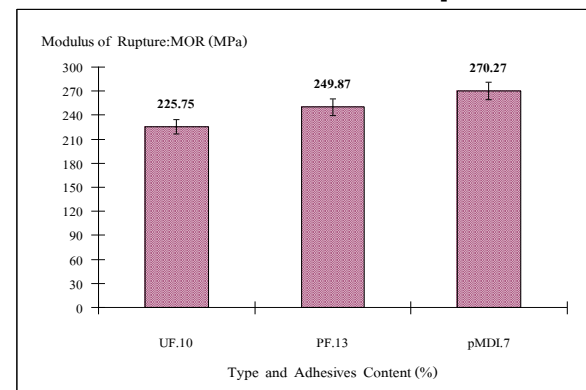


รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการพองตัวทางความหนาที่ 24 ชั่วโมงกับประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย

3.2 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล

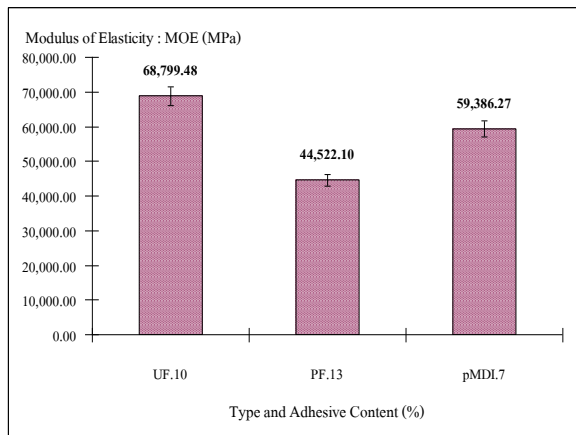
การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกล (Mechanical properties) ประกอบด้วย ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวมอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of rupture and elasticity) ค่าความแข็งแรงการกระแทก (Impact strength) อาศัยการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 876-2547 แผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ หรือ JIS A 5908 – 2003(8 type) Japanese standard association. ตามลำดับ

3.2.1 ผลการทดสอบค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวมอดูลัส



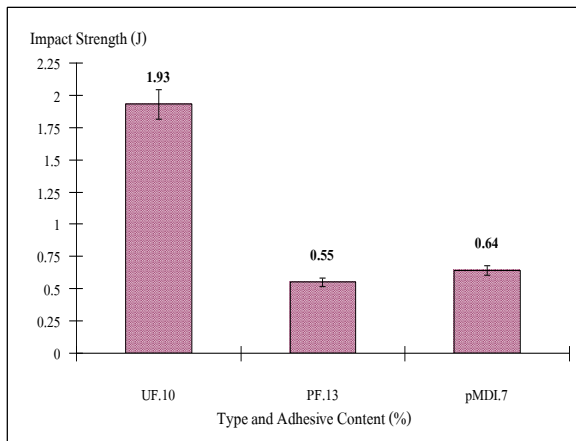
รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าวมอดูลัสกับประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย

3.2.2 ผลการทดสอบค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่น



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นกับประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย

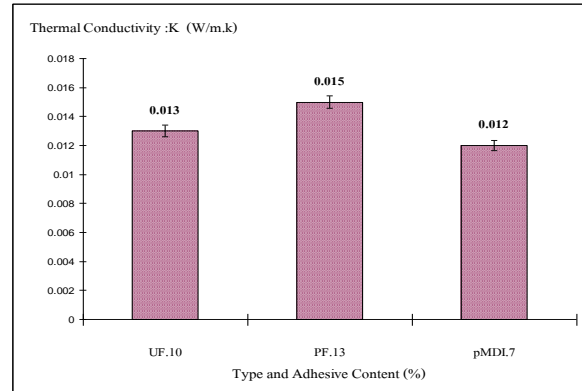
3.2.3 ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงการกระแทก



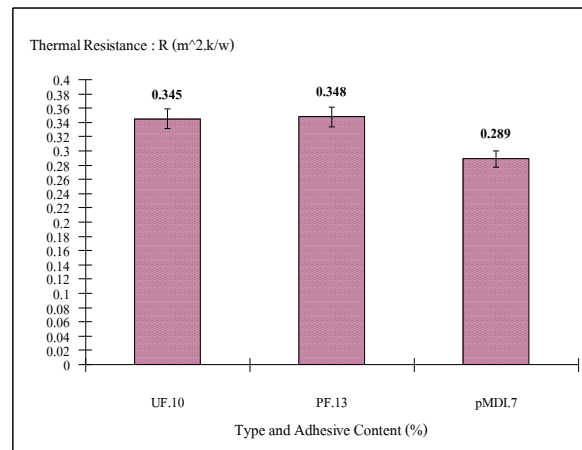
รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงการกระแทกกับประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย

3.2.4 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับค่าการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทั้ง 2 ชนิด ที่ใช้ปริมาณสารยึดติดประเภท กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน(UF.) กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน (PF.) กาวสังเคราะห์ไอโซไซยานาต เรซิน (pMDI) โดยน้ำหนักแห้ง ค่าความหนาแน่นของแผ่นที่ 600 กก./ลบ.ม. ผลการทำสอบค่าการนำความร้อนสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 8 และรูปที่ 9



รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนกับประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานความร้อนกับประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย

4. การอภิปรายผลการทดลอง

จากการเปรียบเทียบสมบัติของแผ่นกระเบื้องหลังคาที่ผลิตได้กับแผ่นที่ผ่านมาตรฐานเชิงพาณิชย์ตามสมบัติเชิงกายภาพ และเชิงกล การเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนของแผ่นกระเบื้องประเภทอื่น ๆ และการเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากการทดลอง การเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนของแผ่นกระเบื้องประเภทอื่น ๆ และการเปรียบเทียบค่าการนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนของแผ่นกระเบื้องจากการทดลอง ของแผ่นกระเบื้องหลังคาที่ผลิตได้กับแผ่นที่ผ่านมาตรฐานเชิงพาณิชย์ จากการ

เปรียบเทียบ พบว่า เมื่อนำค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมในแต่ละสมบัติมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานและ ผลการเปรียบเทียบสามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 ค่าความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องหลังจากการทดสอบตามมาตรฐานประเภทและปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 660.96 kg/m^3 กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 664.14 kg/m^3 และ กาวสังเคราะห์ไอโซไซยานาต เรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 800.40 kg/m^3 ตามลำดับ

4.2 ค่าปริมาณความชื้นของแผ่นกระเบื้องหลังจากการทดสอบตามมาตรฐานประเภทและปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 2.07 กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 3.87 และ กาวสังเคราะห์ไอโซไซยานาต เรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 4.08 ตามลำดับ

4.3 ค่าการดูดซึมน้ำที่ 1 ชั่วโมง ของแผ่นกระเบื้องหลังจากการทดสอบตามมาตรฐานประเภทและปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 40.60 กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 48.47 และกาวสังเคราะห์ไอโซไซยานาต เรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 15.02 ตามลำดับ

4.4 ค่าการดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง ของแผ่นกระเบื้องหลังจากการทดสอบตามมาตรฐานประเภทและปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 51.46 กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 54.36 และกาวสังเคราะห์ไอโซไซยานาต เรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 39.95 ตามลำดับ

4.5 การไม่รั่วซึมของแผ่นกระเบื้องหลังจากการทดสอบตามมาตรฐานประเภทและปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน 10% กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 13% และ กาวสังเคราะห์ไอโซไซยานาต เรซิน (pMDI) 7% ผลการทดสอบไม่มีการรั่วซึมของน้ำใต้แผ่นกระเบื้องหลังคาที่ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ

4.6 ค่าการพองตัวทางความหนาที่ 1 ชั่วโมง ของแผ่นกระเบื้องหลังจากการทดสอบตามมาตรฐานประเภทและปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 7.08 กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 12.05 และกาวสังเคราะห์ไอโซไซยานาต เรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 3.12 ตามลำดับ

4.7 ค่าการพองตัวทางความหนาที่ 24 ชั่วโมง ของแผ่นกระเบื้องหลังจากการทดสอบตามมาตรฐานประเภทและปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 18.19 กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 28.36 และกาวสังเคราะห์ไอโซไซยานาต เรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 22.43 ตามลำดับ

4.8 ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกตัวของแผ่นกระเบื้องหลังจากการทดสอบตามมาตรฐานประเภทและปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 225.75 MPa กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 249.87 MPa และกาวสังเคราะห์ไอโซไซยานาต เรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 270.27 MPa ตามลำดับ

4.9 ค่าความต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระเบื้องหลังจากการทดสอบตามมาตรฐานประเภทและปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68799.48 MPa กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 44522.10 MPa และกาวสังเคราะห์ไอโซไซยานาต เรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59386.27 MPa ตามลำดับ

4.10 ค่าความต้านทานแรงกระแทกของแผ่นกระเบื้องหลังจากการทดสอบตามมาตรฐานประเภทและปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.93 จูล กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.55 จูล และกาวสังเคราะห์ไอโซไซยานาต เรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.64 จูล ตามลำดับ

4.11 ค่าการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังจากการทดสอบตามมาตรฐานประเภทและปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.013 W/ (m.k) กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.015 W/ (m.k) และกาวสังเคราะห์ไอโซไซยาเนต เรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.012 W/ (m.k) ตามลำดับ

4.12 ค่าความต้านทานความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังจากการทดสอบตามมาตรฐานประเภทและปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.345 (m².k) / W กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.348 (m².k) / W และกาวสังเคราะห์ไอโซไซยาเนต เรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.289 (m².k) / W ตามลำดับ

5. สรุป

จากการค้นคว้างานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 2 ชนิด คือ เส้นใยจากเปลือกข้าวโพด และเส้นใยชานอ้อยที่ใช้ในการผลิตแผ่นกระเบื้องหลังคาพร้อมกับการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ และ ศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล และเชิงความร้อน สามารถให้ผลสรุปของงานวิจัยมีดังนี้

5.1 การศึกษาสมบัติเชิงกายภาพ

ผลการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำที่ 1 และ 24 ชั่วโมง และการพองตัวทางความหนาที่ 1 และ 24 ชั่วโมง ประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย โดยน้ำหนักแห้ง ที่ปริมาณสารยึดติดกาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน 10% กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน 13% และกาวสังเคราะห์ไอโซไซยาเนต เรซิน 7% โดยน้ำหนักแห้ง จากการทดลองพบว่า ค่าความหนาแน่นของแผ่นกระเบื้องหลังคามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 660.96-800.40 kg/m³ ค่าปริมาณความชื้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.07-4.08% และการดูดซึมน้ำที่ 1 และ 24 ชั่วโมงมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง

15.02-48.47% และ 39.95-54.36% ตามลำดับและไม่มี การรั่วซึมของน้ำใต้แผ่นกระเบื้องที่ 24 ชั่วโมง ส่วนค่าการพองตัวทางความหนาที่ 1 และ 24 ชั่วโมงค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.08-12.05 % และ 18.19-28.36 % ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารยึดติดที่ใช้ แผ่นที่ใช้กาวสังเคราะห์ไอโซไซยาเนต เรซินจะมีสมบัติที่ดีกว่าแผ่นที่ใช้กาวกาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน และ กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน แต่มีความแตกต่างกันไม่มากจากการเปรียบเทียบทั้งนี้เนื่องมาจากการประสานตัวของชั้นเส้นใยที่สม่ำเสมอ และเกิดการเชื่อมโยงของสายโซ่โมเลกุลที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการเกาะเกี่ยวกันของชั้นเส้นใยและการเรียงตัวของเส้นใยที่ดี ส่วนของเส้นใยที่หยาบและละเอียดประสานกันอย่างลงตัวทำให้เกิดรูพรุนน้อย ทั้งยังมีการกระจายตัวของสารเคลือบผิวกันซึมที่ทั่วถึงขณะการอัดแผ่นกระเบื้องหลังคา ซึ่งเป็นการช่วยได้อีกทางหนึ่งด้วย เนื่องจากการเพิ่มความหนาแน่นของแผ่นจะส่งผลให้การจับหรือสัมผัสกันระหว่างชั้นเส้นใยที่มีสารยึดเกาะอยู่ใกล้ชิดแน่นขึ้นในระหว่างการอัดร้อน ทำให้เกิดการเชื่อมตัวกันได้ดีกว่าความสามารถในการบีบอัด ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของชนิดไม้ โดยทั่วไปไม้ที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า จะถูกบีบอัดได้มากชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นสูงกว่า ภายใต้อัดอัด ระดับเดียวกัน ในระหว่างการผลิตแผ่นกระเบื้องหลังคาหากต้องการให้แผ่นที่ได้มีความแข็งแรงในการเชื่อมยึดกันของชั้นเส้นใยได้ดี โดยใช้วัสดุประสานในปริมาณน้อยที่สุด ก็จะต้องใช้แรงบีบอัดแผ่นในระหว่างกระบวนการอัดร้อน จนกระทั่งแน่ใจว่าชั้นเส้นใยมีพื้นที่สัมผัสระหว่างกันเพียงพอ และสามารถลดปริมาณช่องว่างภายใน และความไม่สม่ำเสมอของผิวให้มีน้อยที่สุด เพราะฉะนั้นวัสดุทางการเกษตรที่มีความสามารถในการบีบอัดได้มากกว่า ก็มักจะมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าวัสดุทางการเกษตรที่หนักกว่า จึงทำให้เป็นแผ่นที่แน่นแข็ง กระชับได้ดีกว่า ภายใต้อัดที่กำหนดไว้ ส่งผลให้ชั้นวัสดุภายในแผ่นสัมผัสกันอย่างแนบแน่น เกิดแรงยึดเหนี่ยวกันดี แผ่นฉนวนผนังที่ได้จึงมีความแข็งแรงกว่าปริมาณแรงดันที่ใช้อัด

5.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล

ผลการศึกษาสมบัติเชิงกลพบว่า ความสัมพันธ์ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกกร้าวและ

มอดูลัสยืดหยุ่น และ ความแข็งแรงการกระแทก กับ ประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นกระเบื้องหลังคา จากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย โดย น้ำหนักแห้ง ที่ปริมาณสารยึดติดกาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน 10% กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน 13% กาวสังเคราะห์ไอโซไซยาเนต เรซิน 7 % โดยน้ำหนักแห้ง จากการทดลอง พบว่า ค่าความต้านทานมอดูลัสแตกร้าของแผ่นกระเบื้องหลังคามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 225.75-270.27 MPa และค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 44,522.10-68,799.48 MPa และ ค่าความแข็งแรงการกระแทกมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.55-1.93 จูล ตามลำดับ ชนิดของสารยึดติดที่ใช้ และ แผ่นที่ใช้กาวสังเคราะห์ไอโซไซยาเนต เรซิน จะมีสมบัติที่ดีกว่าแผ่นที่ใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน แต่มีความแตกต่างกันไม่มากจากการเปรียบเทียบชนิดของสารยึดติดของแผ่นที่เปลี่ยนแปลงจะส่งผลทำให้สารยึดติดแต่ละชนิดเกิดการเชื่อมโยง ของสายโซ่โมเลกุลระหว่างชั้นเส้นใยอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ยังทำให้แผ่นเกิดความต้านทานสมบัติทางกล ได้ดีด้วย ดังนั้น ทำให้ความหนาแน่นของแผ่นสูงขึ้นสามารถปรับปรุง สมบัติความแข็งแรงของแผ่นได้ดียิ่งขึ้น และลักษณะของชั้นเส้นใยที่ยาว สั้น และ สัดส่วนความเพียวของเส้นใย จะให้ความแข็งแรงต้านทานแรงดัดของแผ่นที่สูง เนื่องจากชั้นเส้นใยที่บางกว่าทำให้แผ่นมีช่องว่างน้อยลง จึงสามารถกระจายความเค้นที่เกิดจากการดัดได้สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแผ่น อีกทั้งการที่ชั้นเส้นใยมีขนาดยาว ๆ ยังส่งผลให้ค่าการกดสูงขึ้น ส่วนชั้นเส้นใยที่หนาและสั้น จะส่งผลตรงกันข้ามกับชั้นเส้นใยข้างต้นซึ่งไม่สามารถต้านทานมอดูลัสแตกร้าได้สูงนัก เนื่องจากมีการซ้อนทับกัน ของชั้นเส้นใยน้อยลง และ แรงยึดเกาะเชิงกลเกิดจากการที่วัสดุประสานที่เป็นของเหลวไหลตัวแทรกซึมไปตามช่องว่างรอยต่อระหว่างชั้นวัสดุ รอยแตก รูปกรุน เมื่อวัสดุประสานแข็งตัวจะเกิดการยึดเกาะเชิงกลระหว่างผิวหน้าชั้นวัสดุทางการเกษตรกับวัสดุประสานขึ้น ทำให้ชั้นวัสดุเหล่านั้นอยู่ในสภาพคงรูป การดูดซับ หรือการแพร่ ส่วนแรงยึดเกาะเชิงเคมี จะเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างชั้นวัสดุกับวัสดุประสานหรือแรงดึงดูดจากความมีขั้วหรือไม่มีขั้วของโมเลกุล ทั้งนี้วัสดุทางการเกษตรและสารยึดติดจัดว่า

เป็นสารประกอบประเภทมีขั้วทั้งคู่ ทำให้วัสดุทั้งสองประเภทเกิดแรงดึงดูดแบบแวนเดอร์วาลส์ความเป็นกรดของไม้ เป็นปัจจัยที่กระทบโดยตรงต่ออัตราความเร็วในปฏิกิริยาแข็งตัวของวัสดุประสานในระหว่างการอัดร้อน สมบัติความเป็นกรดของไม้นี้มีผลกระทบอย่างมาก สภาวะความเป็นกรด ทำให้กาวสังเคราะห์เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน แข็งตัวได้เร็วขึ้นในขณะอัดร้อน ลดระยะเวลาในการอัดร้อนให้สั้นลงได้ความสามารถในการเปียกของไม้ เป็นปัจจัยสำคัญมากในการเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกาวกับไม้ เนื่องจาก ผิวหน้าไม้ชนิดใดมีความสามารถในการเปียกที่สูง แสดงว่า กาวสามารถซึมซาบเข้าไปในผิวไม้ได้ดี โดยการแทรกตัวกาวไปในรูเล็ก ๆ และส่วนออสณฐานของเซลลูโลสในเซลเนื้อไม้หรือเส้นใย แล้วเกิดเป็นพันธะระหว่างโมเลกุลของกาวกับผิววัสดุ

5.3 การศึกษาสมบัติเชิงความร้อน

ผลการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนและความต้านทานความร้อนกับประเภทและปริมาณสารยึดติดของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากเส้นใยเปลือกข้าวโพดผสมเส้นใยชานอ้อย โดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณสารยึดติดที่ใช้ กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เรซิน 10% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.013 W/ (m.K) และ 0.345 m².K/ W กาวสังเคราะห์ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน 13% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.015 W/ (m.k) และ 0.348 m².K/ W และ กาวสังเคราะห์ไอโซไซยาเนต เรซิน (pMDI) 7% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.012 W/ (m.K) และ 0.289 m².K/W ตามลำดับ

ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในการทดลองวิจัยนี้ วัสดุเส้นใยและส่วนผสม ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้มีค่าความร้อนที่สูงขึ้น การนำความร้อนและความต้านทานความร้อน การเพิ่มความหนาแน่นของแผ่นจะส่งผลให้ชั้นวัสดุที่ผสมกาวแล้วหรือสัมผัสระหว่างกันใกล้ชิดแน่นขึ้นในระหว่างการอัดแผ่นกระเบื้องหลังคาขั้นสุดท้าย หากเป็นแผ่นที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า จะมีช่องว่างมากกว่า ทำให้ค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่าแผ่นที่มีความหนาแน่นสูงทำให้วัสดุประสานที่เกาะอยู่ขาดประสิทธิภาพในการยึดเกาะไปแต่จะตรงกันข้ามกับค่าความต้านทานความร้อนจะสูง แต่ถ้าวัดแผ่นให้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ก็จะทำให้ชั้นวัสดุใกล้ชิดจับกันดีทำให้ค่าการนำความร้อนสูงแต่ค่าความต้านทานความร้อนจะต่ำและทำให้วัสดุประสานที่อยู่บน

เส้นใยเกิดการจับยึดอย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย จะเกิดการถ่ายเทพลังงานจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ จะเกิดการถ่ายเทในอัตราที่ลดต่ำลงไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งบริเวณทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน ความร้อนที่อยู่ภายในอาคารมาจากแหล่งกำเนิดความร้อน 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ความร้อนจากภายนอกและความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารเองเพื่อการระบายอากาศภายในหรือที่แทรกซึมเข้าสู่อาคาร แต่ก็มีจำเป็นต้องมีสมบัติด้านการต้านทานความร้อนหรือความเป็นฉนวนดี เพื่อป้องกันความร้อนที่เกิดขึ้นจากส่วนอื่น ๆ ภายในอาคารอาจเพื่อลดความร้อนที่จะแพร่เข้ามายังห้อง ดังนั้น สมบัติทางความร้อนก็เป็นสมบัติหนึ่งที่เราไม่ควรมองข้ามความสามารถในการต้านทานความร้อนหรือ ค่า R-Value จะเป็นค่าที่บอกถึงอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนวที่ความร้อนไหลผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ กรณีที่วัสดุซ้อนกันหลาย ๆ ชั้น ค่าความต้านทานความร้อนรวมจะเท่ากับผลบวกของค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุที่กำหนดแต่ละชั้นรวมกัน และค่าการต้านทานความร้อน จะมีความสัมพันธ์กับค่าการนำความร้อนแบบเป็นส่วนกลับกัน กล่าวคือ ถ้าค่าการต้านทานความร้อนสูง วัสดุนั้นก็จะมีค่าการนำความร้อนต่ำนอกจากค่าการนำความร้อนของวัสดุจะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของวัสดุแล้ว ความหนาแน่นของวัสดุ และค่าความร้อนจำเพาะ ของวัสดุ ยังมีผลต่อปริมาณความร้อน อย่างไรก็ตามค่าการนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดยังขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงสร้างผลึกและอุณหภูมิ ทำให้ค่าการนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน

จากงานวิจัยนี้จึงสรุปได้ว่าจากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถผลิตเป็นแผ่นกระเบื้องหลังคาเพื่อใช้เป็นฉนวนกันความร้อนเพื่อประหยัดพลังงานและรักษาสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้เป็นวัสดุวัสดุก่อสร้าง และ เปรียบเทียบสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล และเชิงความร้อนได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ อาจารย์วรธรรม อุ๋นจิตติชัย นักวิชาการ 8 ว.สำนักวิจัย การจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547, “มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิดอัดราบ,” มอก. 876-2547 กระทรวงอุตสาหกรรม, 17 หน้า.
- [2] วรธรรม อุ๋นจิตติชัย. 2541 “อุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเกิลและกรรมวิธีการผลิต,” เอกสารวิชาการเลขที่ ร. 514 ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 201 หน้า.
- [3] Kuhad, R.C., 1993 ,“ Lignocellulose Biotechnology : Current and future prospects”, Critical Reviews in Biotechnology, Vol. 13 , No. 2 , pp. 151-172.
- [4] Higuchi, T., 1997, “Biosynthesis of Wood Component”, In Biochemistry and Molecular Biological of Wood, Berlin, Springer-Verlay , pp. 93-97.
- [5] Stephen, G.R. and Heichel,G.H., 1975, “Biotechnology Bioengineering Symposium”, No. 5 pp. 77-80.
- [6] Norkrans, B., 1967, “Cellulose and Cellulosis”, Advances in Applied Microbiology, Vol. 9, pp. 91-125.
- [7] Jurasek L. M. and Others.,1987, “The catalytic Mechanism of Cellulose”, In Moo-Young (ed) Biomass Conversion , pp. 131-137.
- [8] Linko M. Viikari L. and Suihko. ML .,1984, “Hydrolysis of Xylan and fermentation of Xylose to ethanol”, Biotechnology Asvs. 2 , pp. 233-252.