

การทดสอบคุณสมบัติฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา TESTING THE THERMAL INSULATION PROPERTIES OF PINEAPPLE LEAF FIBERS AND PAPER MULBERRY

ปัทมาพร บุตรทอง¹ ยสินทีณี เอ็มหยวก¹ ปฏิปัทธ ฌโนมพงษ์ชาติ¹ อนุชา ริกากรณ์¹
ณัฐวุฒิ หลัวพิริยวงค์ และอำนาจ ตงติ๊บ^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

Pattamaporn Butthong¹ Yasintinee Aimyuak¹ Patipat Thanompongchart¹ Anucha Rikakorn¹
Nuttawut Lewpiriyawong¹ and Amnad Tongtib^{1*}

¹Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: Amnad.ton@uru.ac.th

วันที่รับ : 24 มิถุนายน 2568

Received : June 24, 2025

วันที่แก้ไข : 29 สิงหาคม 2568

Revised : August 29, 2025

วันที่ตอบรับ : 4 กันยายน 2568

Accepted : September 4, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกันความร้อนจากแผ่นฉนวน และเพื่อศึกษาการต้านทานความร้อนของวัสดุผสมเส้นใยใบสับปะรด และเส้นใยปอสา กับน้ำยาพาราธรรมชาติ โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน JIS 5905 และ JIS 5908 การทดลองเริ่มจากการเตรียมเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสาให้มีขนาดเหมาะสมผสมกับน้ำยาพาราธรรมชาติในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 30:0:70, 30:30:40, 30:35:35, 30:40:30 และ 30:70:00 และขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวน จากนั้นจึงทดสอบสมบัติทางกายภาพโดยใช้กล่องทดลองขนาด 20×20×25 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำลองเป็นห้องทดลองที่มีแผ่นฉนวนจากเส้นใยติดตั้งไว้ตรงกลาง ในส่วนของด้านบนแผ่นฉนวนจะวางแผ่นฮีตเตอร์ไว้ตรงกลางเพื่อทำความร้อน ส่วนด้านล่างของแผ่นฉนวนจะติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิลให้แนบกับแผ่นฉนวนโดยอยู่กึ่งกลางแผ่น ผลการทดลองพบว่า แผ่นฉนวนมีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.10-0.16 g/cm³ และปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 7.79-18.77% โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ 30:30:40 เนื่องจากให้ความหนาแน่นและการยึดเกาะของเส้นใยที่เหมาะสม ค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนอยู่ในช่วง 0.076-0.134 W/m·°C และค่าการต้านทานความร้อนอยู่ในช่วง 0.138-0.155 m²·°C /W ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเป็นฉนวนกันความร้อน เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแผ่นฉนวนกันความร้อนในเชิงพาณิชย์ โดยพิจารณาที่ขนาด 60 × 60 ตารางเซนติเมตร พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรด และเส้นใยปอสา มีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 60.36 บาทต่อแผ่น ซึ่งราคาถูกกว่าฉนวนใยแก้ว 20.32% และถูกกว่าฉนวนโพลีสไตรีน (PS Foam) 32.18%

คำสำคัญ : ฉนวนกันความร้อน, เส้นใยใบสับปะรด, เส้นใยปอสา, น้ำยาพาราธรรมชาติ, สมบัติการนำความร้อน



Abstract

This research aimed to study the appropriate ratio of heat insulation from insulation sheets and to study the heat resistance of pineapple leaf fiber composite and jute fiber with natural latex by comparing with JIS 5905 and JIS 5908 standards. The experiment started by preparing pineapple leaf fiber and jute fiber to the appropriate size and mixing with natural latex in the ratios of 30:0:70, 30:30:40, 30:35:35, 30:40:30, and 30:70:00 and forming into insulation sheets. Then, the physical properties were tested using an experimental box with the size of $20 \times 20 \times 25 \text{ cm}^3$, which was a simulation of a laboratory with an insulation sheet made from fibers installed in the middle. The top of the insulation sheet was placed with a heater in the middle for heating. The bottom of the insulation sheet was installed with a thermocouple attached to the insulation sheet in the middle of the sheet. The experimental results showed that the insulation sheet had a density value between 0.10 and 0.16 g/cm^3 and a moisture content between 7.79 and 18.77%. The most suitable ratio was 30:30:40 because it provided the appropriate density and fiber adhesion. The thermal conductivity of the insulation sheet is in the range of $0.076\text{-}0.134 \text{ W/m}^\circ\text{C}$, and the thermal resistance is in the range of $0.138\text{-}0.155 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C/W}$, which is in the appropriate range for use as heat insulation. When compared with commercial heat insulation sheets, considering the size of $60 \times 60 \text{ cm}^2$, it was found that the heat insulation sheet made from pineapple leaf fiber and jute fiber has a production cost of 60.36 baht per sheet, which is 20.32% cheaper than fiberglass insulation and 32.18% cheaper than polystyrene (PS Foam) insulation.

Keywords : Thermal Insulation, Pineapple Leaf Fiber, Mulberry Paper Fiber (Bast Fiber), Natural Rubber Latex, Thermal Conductivity

1. บทนำ

ปัจจุบันฉนวนกันความร้อนเป็นวัสดุที่นิยมใช้ในอาคาร เนื่องจากฉนวนกันความร้อนสามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ทำให้ช่วยลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ส่งผลให้ลดค่าไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากฉนวนกันความร้อนโดยทั่วไปผลิตจากใยแก้ว (Fiber Glass) และใยหิน (Rock-Wool) ซึ่งมีความเป็นพิษต่อร่างกาย โดยใยแก้วและใยหินเมื่อผ่านเข้าสู่ร่างกายทางระบบหายใจเป็นระยะเวลานานจะทำให้ผู้รับเกิดอาการป่วยได้ ประจวบกับในแต่ละปีของประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรมจะมีผลพลอยได้หรือสิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมทางการเกษตรมากถึงหลายล้านตัน จึงได้มีการวิจัยเพื่อนำสิ่งเหลือใช้เหล่านี้มาผลิตเป็นวัสดุใหม่ คือ ฉนวนป้องกันความร้อนเพราะในโครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติ (กิตติศักดิ์ บัวศรี, 2544; วิศิษฐ์ โล้เจริญรัตน์, 2548; วรณวิทย์ แต้มทอง, 2556) มีลักษณะเป็นโพรงอากาศทำให้มีค่าการนำความร้อนต่ำและมีสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อน (สัญญาชัย รำเพยพัด และคณะ, 2558; อนุภา สกุลพาณิชย์, 2559) นอกจากนี้วัสดุทางการเกษตรซึ่งเป็นพืชที่มีเส้นใยจะมีโครงสร้างประกอบด้วยสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยเฉพาะเซลลูโลส มีปริมาณร้อยละ 60-80 ของสารประกอบทั้งหมดสามารถนำมาทำเป็นฉนวนได้เป็นอย่างดี หาได้ง่าย และไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันมีการตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีลักษณะเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติและไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์มาใช้ทดแทนในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อน (สำนักงานวิจัยและพัฒนาการป่าไม้, 2551) เส้นใยดังกล่าวคือ เส้นใยใบสับปะรดที่มีคุณสมบัติเส้นใยเหนียว (กรมทรัพยากรทางปัญญา, 2549) และเส้นใยปอสา เป็นที่ทราบกันดีว่าสับปะรดจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยทำให้ในแต่ละปีมีใบสับปะรดที่เหลือทิ้งจากการบริโภค/การค้าขายสับปะรดจึงต้องหาวิธีการจัดการให้ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและปอสาเป็นไม้ยืนต้นที่ขึ้นตามบริเวณคูคลองทำให้ขึ้นรกหนาแน่น จึงต้องหาวิธีการจัดการไม่ให้เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์มีพิษต่าง ๆ ดังนั้นการนำใบสับปะรดและปอสามาใช้ประโยชน์นอกจากเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้ง (Waste Utilization) แล้วยังจัดว่าเป็นการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง (Waste Management) นอกจากนี้ในงานวิจัยได้มีการใช้น้ำยางพาราธรรมชาติ (กนกอร หันเจริญ และสุธาร์ตน์ โชติกประคัลภ์, 2556; อามินา คำทิ, 2561) เข้มข้นร้อยละ 30 มาทดแทน ซึ่งฉนวนปกติใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์เป็นสารสังเคราะห์ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสภาพแวดล้อม จึงนับว่าเป็นแนวทางที่ดีในการพัฒนาฉนวนป้องกันความร้อนจากวัสดุทางธรรมชาติ (โรสลีนา จาระแวง, 2559) เพื่อความยั่งยืนในการอนุรักษ์พลังงานต่อไปในอนาคต อีกทั้งการใช้น้ำยางพาราธรรมชาตินี้ยังเป็นการช่วยสนับสนุนการใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรทำให้เกิดการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรชาวสวนยางพาราได้อีกทางหนึ่ง

จากปัญหาที่กล่าวมาจึงเป็นที่มาของการทำวิจัยเรื่องการผลิตสับปะรดและเส้นใยปอสา โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อศึกษาการต้านทานความร้อนของวัสดุผสมเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา กับน้ำยางพาราธรรมชาติ และเพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกันความร้อนจากฉนวน ซึ่งการทำวิจัยจะช่วยให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลงและเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่นได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกันความร้อนจากแผ่นฉนวน

2.2 เพื่อศึกษาการต้านทานความร้อนของวัสดุผสมเส้นใยใบสับปะรด และเส้นใยปอสา กับน้ำยางพาราธรรมชาติ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในส่วนของวิธีการดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนในการทำวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 การเตรียมเส้นใยใบสับปะรดและปอสา

3.1.1 เลือกใบสับปะรดที่มีความยาวตั้งแต่ 50-80 เซนติเมตร มีความสดและไม่มีแผล จากนั้นนำใบสับปะรดใส่ในเครื่องตีใบ จากนั้นนำไปล้างน้ำเพื่อล้างเศษใบออกจนเหลือแค่เส้นใยและปีบ้ำน้ำออก ทำการล้างน้ำซ้ำ ๆ จนกว่าเส้นใยจะขาวและสะอาดแล้วจึงนำไปตากแดดเป็นเวลา 3 วันจนแห้งสนิท แล้วจึงทำการตัดเส้นใยตามขวางให้มีความยาว 0.5-1 เซนติเมตร เพื่อไว้สำหรับโรยในบล็อกไม้อัด

3.1.2 เลือกต้นปอสาที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำ ใบเขียวชอุ่มและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5-5 เซนติเมตร เพราะจะทำให้ลอกง่าย จากนั้นตัดต้นปอสาและทำการลอกเปลือกตามแนวยาวของลำต้นลอกเสร็จจะมีเปลือกสีน้ำตาลติดอยู่กับเส้นใยปอสาให้ทำการใช้มีดลอกเปลือกนั้นออกจนเหลือแต่เส้นใยสีขาวและนำไปตากแดดเป็นเวลา 3 วันจนแห้งสนิท จากนั้นนำเส้นใยปอสาไปต้มในกระทะใบบัวที่มีน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้ใยปอสามีความนิ่มและนำใยปอสาที่ต้มไว้นำออกจากกระทะใบบัวเพื่อให้สะเด็ดน้ำแล้วจึงทุบด้วยไม้เพื่อให้ใยปอสามีความเป็นเส้นใยมากขึ้นแล้วนำไป



ตากแดดให้แห้งสนิท และทำการตัดเส้นใยตามขวางให้มีความยาว 0.5-1 เซนติเมตร เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปโรย ลักษณะของเส้นใยใบสับปะรดและใบปอสาแสดงในภาพที่ 1



ก. เส้นใยใบสับปะรด



ข. เส้นใยใบปอสา

ภาพที่ 1 เส้นใยใบสับปะรดและใบปอสา

3.2 การขึ้นรูปแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสาในอัตราส่วนที่เหมาะสม การทดลองหาวิธีขึ้นรูปแผ่นฉนวนด้วยน้ำยางธรรมชาติ ในขั้นตอนแรกทำการขึ้นรูปแผ่นฉนวนกันความร้อนด้วยวิธีการพ่นเคลือบประสานโดยกำหนดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำยางพาราธรรมชาติ : เส้นใยใบสับปะรด : เส้นใยปอสา ในอัตราส่วน 30:00:70, 30:30:40, 30:35:35, 30:40:30 และ 30:70:00 ตามลำดับ โดยน้ำหนักมาโรยเป็นชั้นบาง ๆ ในบล็อกไม้ขนาด 20×20×25 เซนติเมตร แล้วใช้ขวดฉีดสเปรย์พ่นน้ำยางพาราธรรมชาติลงบนเส้นใย โดยปรับให้มีละอองแบบฝอยเพื่อเคลือบเส้นใยให้ทั่วถึง หลังจากนั้นโรยเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสาทับลงไป และพ่นน้ำยางพาราธรรมชาติอีกชั้น ทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จากนั้นกดให้แน่นด้วยแผ่นไม้อัดระนาบจนได้ความหนา 2 เซนติเมตร (ตามมาตรฐาน ASTM C-518-10) จากนั้นนำน้ำหนัก 6 กิโลกรัม วางทับไว้บนแผ่นไม้อัดเป็นเวลา 15 นาที/แผ่น และถอดแผ่นฉนวนออกจากบล็อกไม้วางตากแดดไว้ 30 นาที เพื่อให้ น้ำยางเกิดการคงรูปจับยึดเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสาเป็นแผ่นแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 45 นาที เพื่อให้ น้ำยางคงรูปเส้นใยยึดติดกันอย่างสมบูรณ์ หลังจากแผ่นฉนวนแห้งดีแล้วจึงนำไปทดสอบคุณสมบัติต่อไป การขึ้นรูปแผ่นฉนวนแสดงในภาพที่ 2



ก. การขึ้นรูปแผ่นฉนวน



ข. กระบวนการอบ



ค. แผ่นฉนวน

ภาพที่ 2 การขึ้นรูปแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา

3.3 การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฉนวน

3.3.1 การทดสอบความหนาแน่น (Density)

การทดสอบความหนาแน่นทำโดยนำชิ้นฉนวนทดสอบขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร วัดความหนาของชิ้นทดสอบโดยใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ แล้วนำไปวัดบริเวณกึ่งกลางของ ฉนวนทั้ง 4 ด้าน ให้ลึกเข้าไปด้านละ 25 มิลลิเมตร จากนั้นวัดความกว้างและความยาวด้วยตลับเมตรแล้วจึงนำ ชิ้นทดสอบไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล นำค่าที่ได้มาคำนวณหาความหนาแน่นตามสูตร โดยค่าความ หนาแน่นที่ได้ต้องไม่เกิน 0.35 g/cm^3 ตามมาตรฐาน JIS A 5905 ดังสมการต่อไปนี้

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของวัตถุ (g/cm^3)

m คือ มวลรวมของวัตถุ (g)

V คือ ปริมาตรรวมของวัตถุ (cm^3)

3.3.2 การทดสอบปริมาณความชื้น (Moisture Content)

วิธีการหาค่าปริมาณความชื้นโดยการเปรียบเทียบน้ำหนักก่อนอบแห้งกับน้ำหนักหลัง อบแห้งของชิ้นฉนวนทดสอบ อ้างอิงตามมาตรฐาน JIS A 5905 มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) โดยชั่งน้ำหนักของ ชิ้นฉนวนทดสอบก่อนอบแห้งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล หลังจากนั้นนำมาอบด้วยเครื่องอบแห้งไล่ความชื้น Drying Oven ขนาด 500 วัตต์ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที แล้วนำออกจากเครื่อง อบแห้งมาทำการชั่งน้ำหนัก เป็นน้ำหนักหลังอบแห้ง จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณความชื้นตามสมการที่ (2) สูตร โดยค่าความชื้นที่ผ่านตามมาตรฐาน JIS A 5905 ต้องมีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ 5-13%

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักตัวอย่างทดลองก่อนอบ (g)

B คือ น้ำหนักตัวอย่างทดลองหลังอบ (g)



ก. การวัดความหนา



ข. การชั่งตัวอย่าง

ภาพที่ 3 การวัดความหนาและชั่งตัวอย่างฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา

3.3.3 สมบัติทางความร้อน

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity) หาค่าได้จากการทดสอบด้วยกล่อง ทดลองเป็นการทดสอบคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของฉนวนที่ขึ้นรูปจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใย ปอสา โดยทำการเปรียบเทียบในอัตราส่วนของเส้นใยที่ต่างกันจากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติ



ทางความร้อนมีขั้นตอนการทดลองคือ 1) เตรียมกล่องทดลองจากแผ่นโพลีโพรพิลีน จำนวน 1 กล่อง ขนาดรวมฝาปิดด้านบนและด้านล่าง $20 \times 20 \times 25$ เซนติเมตร โดยประกอบเป็นกล่องปิดและหุ้มฉนวนกันความร้อน PE ฟอยล์ หนา 5 มิลลิเมตร ทั้ง 6 ด้าน และเจาะรูด้านข้างขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 3 รู 2) ใส่แผ่นฉนวนกันความร้อนแต่ละแผ่นในอัตราส่วนที่ต่างกันวางให้อยู่กึ่งกลางกล่องทดลอง โดยใส่ลงที่จุด 12.5 เซนติเมตร 3) ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple) เพื่อวัดอุณหภูมิด้านในกล่องทดลอง โดยติดให้แนบกับแผ่นฉนวนกันความร้อน และต้องติดให้อยู่ในจุดกึ่งกลาง 4) ติดตั้งแผ่นฮีตเตอร์ทำความร้อนขนาด 200 วัตต์ วางแนบกับแผ่นฉนวนกันความร้อนด้านบน โดยวางให้อยู่ในจุดกึ่งกลาง และตั้งอุณหภูมิทดสอบไว้ที่ 60 องศาเซลเซียสของแผ่นฮีตเตอร์ทำความร้อน 5) เก็บค่าอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทั้งด้านนอกด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิฮีตเตอร์ และด้านในด้วยดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter) โดยการเก็บค่าทุก ๆ 1 นาที จนกว่าอุณหภูมิด้านนอกจะหยุดนิ่งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิด้านในจะมีค่าอุณหภูมิที่คงที่แล้วจึงนำมาหาค่าแตกต่าง (จักรกริศน์ พิสุตรเสียง, 2553) โดยอัตราการนำความร้อนคำนวณได้จาก

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x} \quad (3)$$

เมื่อ	$\dot{Q}_{cond}$	คือ อัตราการนำความร้อน (kJ/s)
	k	คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน มีหน่วยเป็น (W/m.°C)
	A	คือ พื้นที่ส่วนที่ถ่ายเทความร้อน (m ²)
	T_H	คือ อุณหภูมิด้านฝั่งร้อน (°C)
	T_C	คือ อุณหภูมิด้านฝั่งเย็น (°C)
	Δx	คือ ความหนาของตัวกลาง (m)

จากนั้นจึงหาการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance) ด้วยสมการ

$$R = \frac{d}{k} \quad (4)$$

เมื่อ	R	คือ ค่าความต้านทานความร้อน (m ² .°C/W)
	d	คือ ความหนาของวัตถุ (m)
	k	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน มีหน่วยเป็น (W/m.°C)



ก. การติดตั้งแผ่นฮีตเตอร์



ข. การติดตั้งแผ่นเทอร์โมคัปเปิ้ล

ภาพที่ 4 การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวน

3.4 การคำนวณต้นทุนการผลิตผนวกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา กับผนวกันความร้อนเชิงพาณิชย์

การคำนวณหาราคาต้นทุนในการผลิตผนวกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา คิตรายได้จากต้นทุนการผลิตของแผ่นผนวกันที่มีสมบัติทางกายภาพ และทางความร้อนดีที่สุดจากการทดสอบ โดยคิดจากน้ำหนักวัสดุที่นำมาผลิตแผ่นผนวกันในสัดส่วน น้ำยางพาราธรรมชาติ : เส้นใยใบสับปะรด : เส้นใยปอสา ความหนาแน่น 0.14 g/cm³ ขนาด 60×60×1.5 เซนติเมตร จำนวน 1 แผ่น ส่วนวัตถุดิบในการผลิตแผ่นผนวกันที่นำมาคำนวณต้นทุน ได้แก่ ใบสับปะรด ปอสา และน้ำยางพาราธรรมชาติ โดยคิดรวมค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าเครื่องมือ และค่ากำไร ดังนี้

น้ำหนักรวม	= ปริมาตร × ความหนาแน่น
น้ำหนักของวัตถุดิบ	= น้ำหนักรวม × สัดส่วนของวัตถุดิบ
ต้นทุนของวัสดุ	= ปริมาณที่ใช้ (kg) × ราคาต่อหน่วย
ค่าแรงรวม	= จำนวนคน × ค่าแรงต่อวัน
ค่าแรงต่อแผ่น	= ค่าแรงรวม / จำนวนแผ่นที่ผลิต
ค่าไฟฟ้าต่อวัน	= (กำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้า kWh × จำนวนชั่วโมงใช้งาน) + (กำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้า kWh × จำนวนชั่วโมงใช้งาน) × อัตราค่าไฟฟ้า (บาท/kWh)
ค่าไฟต่อแผ่น	= ค่าไฟรวม / จำนวนแผ่นที่ผลิต
ค่าเครื่องมือต่อแผ่น	= ค่าเครื่องมือรวม / จำนวนแผ่นที่ผลิต
ต้นทุนรวม	= ต้นทุนวัตถุดิบ + ค่าแรง + ค่าไฟฟ้า + ค่าเครื่องมือ
ราคาขาย	= ต้นทุนรวม × (1 + อัตรากำไร)

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของแผ่นผนวกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกันความร้อนจากแผ่นผนวกัน และการต้านทานความร้อน

ในการทดลองหาอัตราส่วนโดยวิธีขึ้นรูปแผ่นผนวกันด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ ได้กำหนดให้อัตราส่วน 30:70 เป็นค่าพื้นฐานในการขึ้นรูปแผ่นผนวกัน จากนั้นได้จำแนกอัตราส่วนออกเป็น 30:00:70, 30:30:40, 30:35:35, 30:40:30 และ 30:70:00 โดยมีองค์ประกอบ ได้แก่ น้ำยางพาราธรรมชาติ : เส้นใยใบสับปะรด : เส้นใยปอสา ซึ่งได้แผ่นผนวกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา แสดงในภาพที่ 5



ก. อัตราส่วน 30:00:70



ข. อัตราส่วน 30:30:40



ค. อัตราส่วน 30:35:35



ง. อัตราส่วน 30:40:30



จ. อัตราส่วน 30:70:00

ภาพที่ 5 แผ่นฉนวนกันความร้อนที่ขึ้นรูปด้วยน้ำยางพาราธรรมชาติ : เส้นใยใบสับปะรด : เส้นใยปอสา

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา แสดงในตารางที่ 1 และผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและเส้นใยปอสา แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางความร้อนกับมาตรฐาน JIS A 5905 และมาตรฐาน JIS A 5908

ชั้นฉนวนทดสอบ น้ำยางพาราธรรมชาติ : เส้นใยใบสับปะรด : เส้นใยปอสา	ความหนาแน่น (g/cm ³)	ปริมาณความชื้น (%)	การต้านทานความร้อน (m ² .K/W)
มาตรฐาน JIS A 5905	ไม่เกิน 0.35	5-13	ไม่ต่ำกว่า 0.267
มาตรฐาน JIS A 5908	0.40 - 0.90	-	≥ 0.06
30:00:70	0.16	7.79	0.155
30:30:40	0.14	8.98	0.155
30:35:35	0.13	9.13	0.153
30:40:30	0.13	10.40	0.138
30:70:00	0.10	18.77*	0.141

หมายเหตุ : * คือ ไม่ผ่านมาตรฐาน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ และเส้นใยปอสา

แผ่นฉนวนกันความร้อน น้ำยาพาราธรรมชาติ : เส้นใยโพลีเอสเตอร์ : เส้นใยปอสา	อุณหภูมิ (°C)		ค่าการนำความร้อน (W/m.°C)
	T ₁	T ₂	
30:00:70	36.20	60.00	0.0755
30:30:40	36.17	60.00	0.0890
30:35:35	36.53	60.00	0.0943
30:40:30	38.83	60.00	0.1104
30:70:00	38.30	60.00	0.1339

จากตารางที่ 1 และตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของเส้นใยที่ใช้โดยอัตราส่วนที่มีเส้นใยปอสา ค่าความหนาแน่นจะสูง เนื่องจากเส้นใยปอสา มีโครงสร้างที่แน่น และสามารถอัดตัวได้ดี มีค่าการนำความร้อนต่ำสามารถป้องกันความร้อนได้ดี เพื่อสัมพันธ์กับการต้านทานความร้อนต้องมีค่าที่สูงถึงจะสามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นพบว่าเส้นใยโพลีเอสเตอร์มีการดูดซับความชื้นได้มากกว่า ส่งผลต่อการใช้งานในสภาวะที่มีความชื้นสูงในอัตราส่วน และเมื่อวิเคราะห์ผลการทดสอบในอัตราส่วนพบว่า อัตราส่วน 30:30:40 มีคุณสมบัติเหมาะสมในการเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อนได้ดี เนื่องจากความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ทำให้วัสดุมีความแข็งแรง ไม่เปราะง่าย ปริมาณความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสม ไม่อมน้ำมากเกินไป ลดปัญหาการเสื่อมสภาพจากความชื้น สามารถกันความร้อนได้ดี แต่ยังคงดีกว่าอีกอัตราส่วนหนึ่งเล็กน้อยสามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด

จากการพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนของการผลิตแผ่นฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ และเส้นใยปอสา อัตราส่วน 30:40:30 ความหนาแน่น 0.14 g/cm³ ขนาด 20×20×1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยคิดต้นทุนค่าวัตถุดิบคือ น้ำยาพาราธรรมชาติ ค่าอุปกรณ์ ค่าแรงงาน ค่าเครื่องมือ ค่าไฟฟ้า และการเปรียบเทียบกับวัสดุฉนวนใยแก้ว (ชัยพฤกษ์ อาภาเวท และคณะ, 2555) ฉนวนโพลีสไตรีน และฉนวนรีโกลู ที่มีขายตามท้องตลาด (คิดที่ขนาด 60×60 เซนติเมตร) ซึ่งแผ่นฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ และเส้นใยปอสา ใช้วัตถุดิบจากโพลีเอสเตอร์ 25 กิโลกรัม ปอสา 18 กิโลกรัม และน้ำยาพาราธรรมชาติ 1 กิโลกรัม (เนื่องจากโพลีเอสเตอร์และปอสา เป็นวัสดุทางธรรมชาติจึงไม่คิดราคาในส่วนนี้) มีราคาต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 60.36 บาทต่อแผ่น ซึ่งถูกกว่าราคาจำหน่ายของฉนวนใยแก้ว 75.75 บาทต่อแผ่น และถูกกว่าราคาจำหน่ายของฉนวนโพลีสไตรีน (PS Foam) 89 บาทต่อแผ่น แสดงให้เห็นว่าแผ่นฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา ถูกกว่าแผ่นฉนวนประเภทอื่น เนื่องจากใช้วัสดุจากธรรมชาติที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น ทำให้ต้นทุนวัสดุต่ำกว่า รวมถึงกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน และไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีขั้นสูงหรือกระบวนการที่มีต้นทุนสูง แต่ทั้งนี้แผ่นฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา มีข้อจำกัดในเรื่องขนาดการผลิตที่ไม่ควรเกิน 60×60 เซนติเมตร เนื่องจากน้ำหนักและการยึดเหนี่ยวเป็นแผ่นอาจไม่แข็งแรง แต่เป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและวัสดุจากธรรมชาติมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนที่มีกรรมวิธีไม่ยุ่งยากเหมาะสมสำหรับพัฒนาไว้ใช้ในท้องถิ่น ดังแสดงในตารางที่ 3



ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติและราคาของแผ่นฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา กับวัสดุฉนวนในเชิงพาณิชย์โดยคิดที่ขนาด 60×60 เซนติเมตร

วัสดุฉนวน	ความหนา (เซนติเมตร)	ความ หนาแน่น (kg/m ³)	การต้านทาน ความร้อน (m ² .K/W)	การนำ ความร้อน (W/m.K)	ราคาต่อแผ่น (บาท)
ฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ และเส้นใยปอสา	1.52	130	0.137	0.1104	60.36
ฉนวนใยแก้ว	2.5	24	0.714	0.035	75.75
ฉนวนโฟลีสไทรลิน (PE Foam) อะลูมิเนียม 2 ด้าน	1	24	0.32	0.031	89.00

5. บทสรุป

จากผลการวิจัยพบว่า แผ่นฉนวนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.10-0.16 g/cm³ และปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 7.79-18.77% โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดคือ 30:30:40 เนื่องจากให้ความหนาแน่นและการยึดเกาะของเส้นใยที่เหมาะสม ค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนอยู่ในช่วง 0.076-0.134 W/m.°C และค่าการต้านทานความร้อนอยู่ในช่วง 0.138-0.155 m².°C/W ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานเป็นฉนวนกันความร้อน เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแผ่นฉนวนกันความร้อนในเชิงพาณิชย์ โดยพิจารณาที่ขนาด 60×60 เซนติเมตร พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์และเส้นใยปอสา มีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 60.36 บาทต่อแผ่น ซึ่งราคาถูกกว่าฉนวนใยแก้ว 20.32% และถูกกว่าฉนวนโฟลีสไทรลิน (PS Foam) 32.18% ส่งผลให้แผ่นฉนวนจากเส้นใยธรรมชาติเป็นอีกทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำ และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อทดแทนฉนวนกันความร้อนที่ผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

6. ปัญหาที่พบ

6.1 เนื่องจากข้อจำกัดด้านทักษะในการผลิตแผ่นฉนวนของผู้วิจัย ส่งผลให้แผ่นฉนวนที่ผลิตได้มีความคลาดเคลื่อนของค่าความหนาแน่นและความไม่สม่ำเสมอของความหนาในแต่ละอัตราส่วนผสม

6.2 ในขั้นตอนการฉีดพ่นน้ำยางพาราธรรมชาติลงบนเส้นใย พบว่าน้ำยางส่วนหนึ่งติดอยู่กับบล็อกไม้ ทำให้ปริมาณน้ำยางพาราธรรมชาติที่ใช้จริงไม่ตรงตามน้ำหนักที่กำหนดไว้

6.3 ในขั้นตอนการอัดขึ้นรูปแผ่นฉนวนโดยใช้แรงคนซึ่งแรงกดที่ใช้ไม่สม่ำเสมอ ทำให้ความแน่นและความหนาแต่ละจุดต่างกัน ส่งผลต่อการคงตัวและประสิทธิภาพการเป็นฉนวน

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 เนื่องจากน้ำยางพาราธรรมชาติ และเส้นใยโพลีเอสเตอร์ กับเส้นใยปอสาเป็นสารอินทรีย์ที่มีอายุการใช้งาน ดังนั้นการศึกษาอายุของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่ต้องค้นคว้าวิจัยต่อไป

7.2 ในการวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาเรื่องวิธีการป้องกันการเสื่อมสภาพจากเชื้อรา ความชื้นและแมลง รวมไปถึงการป้องกันการลามไฟ จึงควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้

7.3 ควรพิจารณาปรับปรุงกระบวนการเตรียมเส้นใย โดยการตัดหรือปั่นเส้นใยให้มีความละเอียดและมีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 0.5-1 เซนติเมตร) ซึ่งจะส่งผลให้การฉีดพ่นน้ำยางพาราธรรมชาติลงบนเส้นใยเป็นไปอย่างทั่วถึงยิ่งขึ้น และช่วยให้เส้นใยเกาะติดกันเป็นแผ่นที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

- กนกอร หั่นเจริญ และสุธารัตน์ โชติกประคัลภ์. (2556). การศึกษาสภาพนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยของแกนและข้าวสับปะรด. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาวิทยาศาสตร์, สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51. (น. 50-56). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- กรมทรัพยากรพิณทางปัญญา. (2549). ประกาศกรมทรัพยากรพิณทางปัญญา เรื่อง การขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์สับปะรดนางแล. สืบค้นเมื่อ 19 มกราคม 2568, จาก <https://www.nanglae.go.th/nbs/fileuploads/wisdom/file/20220620132234.pdf>
- กิตติศักดิ์ บัวศรี. (2544). การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- จักรกริศน์ พิสุตรเสียง. (2553). ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของฉนวนใยพารา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยพฤกษ์ อาภาเวท, ประยูร สุรินทร์, และเจษฎา วงษ์อ่อน. (2555). การศึกษาประสิทธิภาพฉนวนที่ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติ. ใน การประชุมวิชาการอย่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555 (น. 1-6). มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- โรสลีนา จาระแ. (2559). การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตท้องถิ่น. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- วรรณวิทย์ แต่มทอง. (2556). ฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากฟางข้าว. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 18(3), 380-390.
- วิศิษฐ์ โล้เจริญรัตน์. (2548). การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยฟางข้าวและน้ำยางธรรมชาติ. วิศวกรรมสาร มก., 19(57), 32-45.
- สัณชัย ร้าเพยพัต, ธวัชชัย จารุงศรีวิทยา, สานิต ทุลโธสง, นพรัตน์ อมัตติรัตน์, และอภิเดช บุญเจือ. (2558). การผลิตฉนวนกันความร้อนจากโพลีเอสเตอร์และยางพารา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.
- สำนักงานวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. (2551). รายงานผลการวิจัยประจำปี พ.ศ. 2551. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้.
- อนุภา สกฤพาณิษฐ์. (2559). การพัฒนาฉนวนกันความร้อนสู่อาคารจากขี้ข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- อามีน่า ดำหิ. (2561). การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยใบเตยปะหนัและน้ำยางธรรมชาติ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), มหาวิทยาลัยบูรพา.