

Received: October 11, 2023
Accepted: December 13, 2023

Revised: November 28, 2023
Published: December 26, 2023

สภาพการนำความร้อนและความต้านทานความร้อนของวัสดุฉนวนจากใบพลวง และเปลือกข้าวโพด

Thermal Conductivity and Heat Resistance of insulating Materials from Pluang Leaves and Corn Husks

วิภา เก่งกาจ¹ ปรียาพร กองคำ¹ และกฤษณา บุญชม^{2*}

Wipa Keangkad¹ Pariyaporn Kongkum¹ and Kritsada Boonchom^{2*}

¹โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

²ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

¹ Chiang Mai Rajabhat University Demonstration School, Chiang Mai Rajabhat University

² Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

* kritsada_boo@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือศึกษาเทคนิคการขึ้นรูปวัสดุฉนวนสำหรับห่อหุ้มแก้วจากวัสดุธรรมชาติด้วยมือ แนวปฏิบัติการหาค่าสภาพการนำความร้อน ค่าความต้านทานความร้อนเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาและเปรียบเทียบค่าสภาพการนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากใบพลวงและเปลือกข้าวโพดที่ผลิตขึ้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานหลักอยู่ 2 ขั้นตอน คือ หาแนวทางการขึ้นรูปและปฏิบัติการหาค่าสภาพการนำความร้อน ค่าความต้านทานความร้อน ที่เหมาะสมในการสร้างชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาและขั้นตอนที่สองคือการทดลองดำเนินการโดยการศึกษาค่าสภาพการนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากใบพลวงและเปลือกข้าวโพดที่ผลิตขึ้น จากการดำเนินงานพบว่าแม่พิมพ์ในการทำวัสดุห่อหุ้มแก้วต้องเป็นวัสดุที่มีผิวมันลื่นเพื่อสามารถแกะวัสดุห่อหุ้มแก้วจากวัสดุธรรมชาติออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายและมีรูปร่างเป็นแก้วที่สามารถนำไปห่อหุ้มแก้วได้จริง ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แก้วอะครีลิกสำเร็จรูปเป็นแบบแม่พิมพ์ การหาค่าสภาพการนำความร้อน ค่าความต้านทานความร้อน ผู้วิจัยจัดปฏิบัติการตามกฎการนำความร้อนของฟูริเยร์ ผลการศึกษาค่าสภาพการนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อน พบว่าค่าสภาพการนำความร้อนของวัสดุฉนวนสำหรับห่อหุ้มแก้วจากใบพลวงมีค่าต่ำกว่าวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากเปลือกข้าวโพด มีค่าตามลำดับดังนี้ 0.096 ± 0.003 , 0.103 ± 0.003 W/m.K และในทางตรงข้ามค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุฉนวนจากใบพลวงมีค่าสูงกว่าวัสดุฉนวนจากเปลือกข้าวโพด มีค่าตามลำดับดังนี้ 0.014 ± 0.003 , 0.013 ± 0.003 m².K/W และเมื่อเชื่อมโยงการเรียนรู้ทั้งหมดกับสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 พบว่าเหมาะสมจะนำไปใช้กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา สาระการเรียนรู้เรื่องการถ่ายโอนพลังงานความร้อน และประยุกต์ใช้ความรู้ในเรื่องการนำความร้อนหาสมบัติทางกายภาพของวัสดุ ผ่านขั้นตอนการสอนโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรม

คำสำคัญ: วัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้ว, สภาพนำความร้อน, ความต้านทานความร้อน

Abstract

The purposes of this research are to study the technique of forming insulating material for glass wrap by hand from natural materials, design experiment for thermal conductivity, design an activity of STEM education and to comparing the thermal conductivity and thermal resistance of glass insulating materials from pluang leaves and corn husks produced. There were two main step of operating. First, finding method for forming and design experiment for thermal conductivity and heat resistance value. The second step was find thermal conductivity and thermal resistance of insulating materials from pluang leaves and corn husks. From the operation, it found that the mold for glass wrapping insulation must be material with a smooth surface, can be easy to remove from the mold and be shape like a glass. Instant noodles cup chosen as a mold model. Determination of thermal conductivity and thermal resistance operates according to Fourier's law of conduction of heat. The results found that the thermal conductivity of insulating material from pluang leaves was lower than the insulating material from corn husks. The value were 0.096 ± 0.003 , 0.103 ± 0.003 W/m.K, respectively. On the other hand, the thermal resistance of insulating materials from pluang leaves was higher than the insulating materials from corn husks. The value were 0.014 ± 0.003 , 0.013 ± 0.003 m².K/W, respectively. Learning process was linking with learning content in the Basic Education Core Curriculum (revised 2017). Learning process was appropriate to apply to students at the secondary level. It connected learning content of heat energy transfer and apply knowledge of thermal conductivity to determine the physical properties of materials. The engineering process used in teaching process.

Keywords: glass insulating materials, thermal conductivity, thermal resistance

บทนำ

การใช้วัสดุจากธรรมชาติเพื่อใช้เป็นฉนวนกันความร้อนได้รับความสนใจเนื่องจากวัสดุเหล่านี้เป็นทรัพยากรหมุนเวียน เป็นของเหลือทิ้งจากภาคการเกษตร หาได้ง่าย ราคาถูก ไม่เป็นพิษและมีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นต์ต่ำ ซึ่งฉนวนกันความร้อนจากวัสดุธรรมชาติสามารถพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนกันความร้อนได้เทียบเท่ากับวัสดุฉนวนเชิงพาณิชย์ เช่น โพลีสไตรีนอัดขึ้นรูป (Extruded Polystyrene or XPS) โพลีสไตรีนขยายตัว (Expanded Polystyrene or EPS) โพลีไอโซไซยานูเรต และโพลียูรีเทนโฟม หรือ อื่น ๆ โดยปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้วัสดุชีวภาพหรือเส้นใยธรรมชาติในการทำฉนวนกันความร้อนเพื่อทดแทนวัสดุอนินทรีย์จำนวนมาก ดังเช่น Panyakaew และ Fotios (Panyakaew and Fotios, 2011) พัฒนาแผ่นฉนวนความร้อนความหนาแน่นต่ำจากกากมะพร้าวและชานอ้อย โดยทั้งสองแผ่นขึ้นรูปโดยไม่ใช้สารเพิ่มการยึดเกาะทางเคมี พบว่าแผ่นฉนวนทั้งสองมีค่าสภาพนำความร้อนตั้งแต่ 0.046 ถึง 0.068 W/m.K ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับวัสดุฉนวนเชิงพาณิชย์ทั่วไป Zhou และคณะ (Zhou et. al., 2010) พัฒนาแผ่นใยไม้อัดก้านฝ้ายไร้สารยึดเกาะ โดยการกดร้อนแผ่นฉนวนที่ถูกผลิตขึ้นมีความหนาแน่น 150–450 kg/m³ โดยมีค่าสภาพนำความร้อนตั้งแต่ 0.0585 ถึง 0.0815 W/m.K ซึ่งใกล้เคียงกับเพอร์ไลต์และเวอร์มิคูไลต์

ในช่วงความหนาแน่นเดียวกัน Korjenic และคณะ (Korjenic et. al., 2011) พัฒนาวัสดุฉนวนที่ทำจากปอกระเจา ปอ และป่าน พบว่าคุณสมบัติทางความร้อนและเชิงกลที่เทียบเคียงได้กับวัสดุฉนวนทั่วไป เช่น ขนแร่ โพลีสไตรีน และโพลียูรีเทน และ Cetiner และ Shea (Cetiner and Shea, 2018) ได้ศึกษาวัสดุทางเลือกที่จะใช้เป็นฉนวนกันความร้อนในอาคารจากเศษไม้ ผลการทดลองพบว่าค่าสภาพการนำความร้อนของเศษไม้ที่มีความหนาแน่นต่างกัน อยู่ระหว่าง 0.048 ถึง 0.055 W/m.K ซึ่งมีค่าสูงกว่าวัสดุฉนวนอนินทรีย์ที่ใช้กันทั่วไปและวัสดุฉนวนธรรมชาติอื่น ๆ ในตลาด อยู่เล็กน้อยแต่มีข้อได้เปรียบทางด้านต้นทุนการผลิตและสิ่งแวดล้อม สำหรับในประเทศไทยก็มีการพัฒนาฉนวนจากวัสดุชีวภาพด้วยเช่นเดียวกันโดย Pakunworakij และคณะ (Pakunworakij et.al., 2006) ได้เปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากฉนวนซึ่งข้าวโพดกับฉนวนต้นมันสำปะหลังที่ผลิตขึ้น ที่ความหนาแน่นต่าง ๆ กัน พบว่าฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีค่าการนำความร้อนต่ำกว่าฉนวนชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นมาก และฉนวนต้นมันสำปะหลัง ความหนาแน่น 200 kg/m³ หนา 10 มิลลิเมตร มีค่าสภาพการนำความร้อนต่ำที่สุดเท่ากับ 0.059 W/m.K และค่าความต้านทานความร้อนสูงที่สุดเท่ากับ 0.151 m².K/W โดยฉนวนวัสดุธรรมชาติที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นฉนวนอาคารโดยเฉพาะบ้านเรือนในชนบทเนื่องจากมีต้นทุนต่ำและใช้วัสดุในท้องถิ่น รัสลีนา จาราแว (รัสลีนา จาราแว, 2559) ได้พัฒนาฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติผลิตจากเส้นใยหญ้าคา ไยมะพร้าว กาบกล้วย ฟางข้าว และกาบหมาก โดยใช้น้ำยาฟาราเป็นตัวประสานและทดสอบสมบัติเชิงกลความร้อนของฉนวนกันความร้อนที่ พบว่าค่าสภาพการนำความร้อนมีค่าเท่ากับ 0.022 W/m.K , 0.023 W/m.K , 0.028 W/m.K , 0.021 W/m.K และ 0.017 W/m.K ตามลำดับ โดยค่าสภาพการนำความร้อนของฉนวนจากวัสดุธรรมชาติที่ผลิตขึ้นมีค่าน้อยกว่าฉนวนใยแก้วที่ได้จากเชิงพาณิชย์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.035 W/m.K จากที่กล่าวมาทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ฉนวนจากวัสดุธรรมชาติในอีกรูปแบบหนึ่งคือฉนวนจากวัสดุธรรมชาติที่ห่อหุ้มแก้วเครื่องดื่ม เนื่องจากในปัจจุบันมีการบริโภคเครื่องดื่มร้อนหรือเย็นเป็นจำนวนมากและภาชนะที่ใส่เครื่องดื่มส่วนมากจะทำจากกระดาษหรือพลาสติกเป็นแก้วกระดาษหรือแก้วพลาสติกซึ่งจะสามารถรักษาอุณหภูมิของเครื่องดื่มได้อยู่ในช่วงเวลาหนึ่งเพื่อจะยืดระยะเวลาการรักษาอุณหภูมิของเครื่องดื่มให้นานขึ้นประกอบกับวัสดุธรรมชาติจะมีลวดลายพื้นผิวเป็นลักษณะเฉพาะ ที่มีความสวยงามในตัวเอง ซึ่งจะต่อยอดไปสู่การสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ฉนวนห่อหุ้มแก้วจากวัสดุธรรมชาติ ซึ่งอาจจะต่อยอดไปถึงการพัฒนาเป็นอาชีพของนักเรียนหรือผลิตภัณฑ์ชุมชนที่อาจจะสร้างรายได้ในอนาคต ทางผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหาแนวทางการขึ้นรูปวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากใบพลวงหรือใบยางพลวงหรือใบตองตึงและเปลือกข้าวโพดด้วยมือ ศึกษาหาแนวทางการหาค่าสภาพการนำความร้อน ค่าความต้านทานความร้อน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาและเปรียบเทียบค่าสภาพการนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนจากวัสดุทั้ง 2 ชนิด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาเทคนิคการขึ้นรูปด้วยมือและหาค่าสภาพการนำความร้อน ค่าความต้านทานความร้อนสำหรับวัสดุห่อหุ้มแก้วจากวัสดุธรรมชาติ สำหรับการออกแบบชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา
- 2) เพื่อเปรียบเทียบค่าสภาพการนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากใบพลวงและเปลือกข้าวโพด

วิธีดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาหาแนวทางการเตรียมตัวอย่างวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากวัสดุธรรมชาติ โดยใช้กาวแป้งเปียกเป็นตัวประสานและขึ้นรูปด้วยมือ

2) ศึกษาเทคนิคการหาค่าสภาพการนำความร้อนของวัสดุฉนวน ตามกฎการนำความร้อนของฟูรีเยร์

$$\frac{\dot{Q}}{A} = \frac{\Delta Q}{\Delta t(A)} = k(-\nabla T) = k\left(-\frac{\Delta T}{\Delta x}\right) \quad (1)$$

ดังนั้น

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -kA\left(\frac{\Delta T}{\Delta x}\right) \quad (2)$$

โดยที่ ความหนาแน่นของฟลักซ์ความร้อน (heat flux) ($\frac{\dot{Q}}{A}$) คือ ปริมาณของพลังงานที่ไหลผ่านหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลา ($\frac{W}{m^2}$) ซึ่งความหนาแน่นของฟลักซ์ความร้อน (Heat flux) เท่ากับผลคูณของสภาพนำความร้อนกับเกรเดียนต์ลบเฉพาะบริเวณของอุณหภูมิ โดยที่

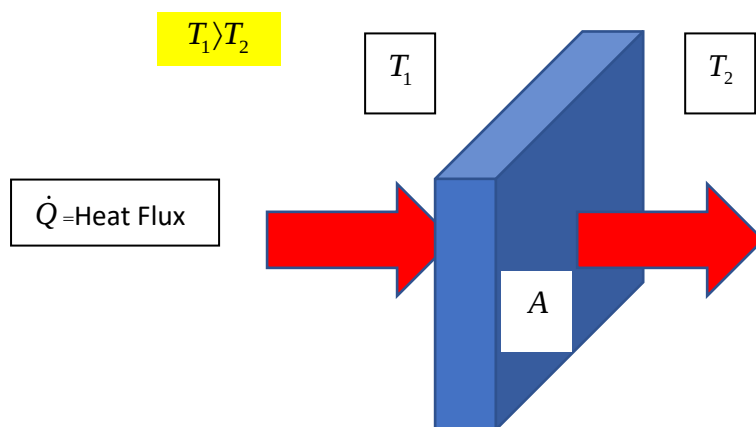
k คือ สภาพการนำความร้อน มีหน่วยเป็น ($\frac{W}{m.K}$)

$-\nabla T$ คือ เกรเดียนต์ลบเฉพาะบริเวณของอุณหภูมิ เท่ากับ $-\left(\frac{\Delta T}{\Delta x}\right)$

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ ($T_{outside} - T_{inside}$) (K)

Δx คือ ความหนาของชิ้นงาน (m)

ซึ่ง $\frac{k}{\Delta x} = U$ (Conductance) คือ การนำความร้อน มีหน่วยเป็น ($\frac{W}{m^2.K}$) และส่วนกลับของความนำคือ



รูปที่ 1 แสดงการถ่ายโอนพลังงานความร้อนตามสมการการนำความร้อนของฟูรีเยร์

ความต้านทาน (resistance) ดังนั้นค่าความต้านทานความร้อน (Heat resistance) มีหน่วยเป็น ($\frac{m^2.K}{W}$)

จึงเป็น

$$R = \frac{1}{U} = \frac{\Delta x}{k} \quad (3)$$

- 3) พัฒนารอบแนวคิดวิธีการดำเนินการเป็นกรอบแนวทางการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา
- 4) เตรียมตัวอย่างวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากใบพลวงและเปลือกข้าวโพด จากกระบวนการที่พัฒนาขึ้น
- 5) หาค่าความหนาแน่นของตัวอย่าง โดยตัดชิ้นตัวอย่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 5×5 ตารางเซนติเมตร นำมาชั่งมวลและวัดความหนาของชิ้นตัวอย่างเพื่อคำนวณหาความหนาแน่นของชิ้นตัวอย่าง ตามสมการที่ (4)

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4)$$

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่นของวัตถุ ($\frac{kg}{m^3}$)

m คือ มวลของวัตถุ (kg)

V คือ ปริมาตรของวัตถุ (m^3)

- 6) เปรียบเทียบค่าสภาพนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากใบพลวงและเปลือกข้าวโพด

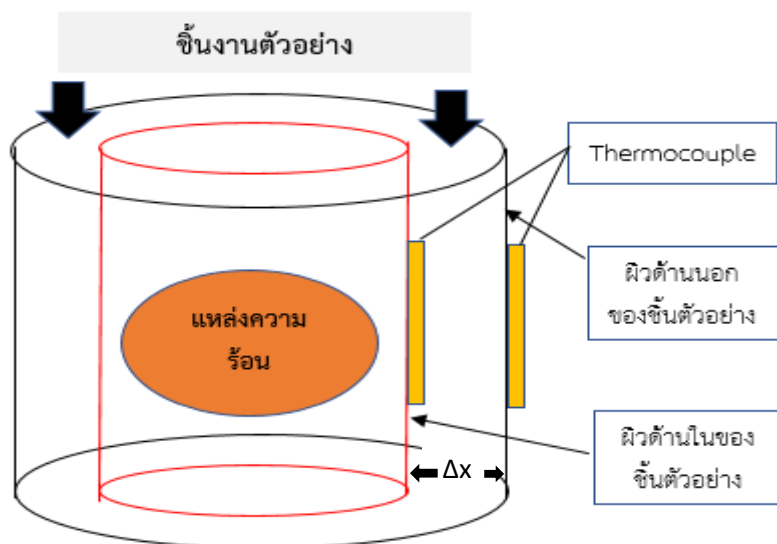
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

เนื่องจากต้องการจะพัฒนาให้เป็นชุดกิจกรรมจัดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษาดังนั้นกระบวนการในการเตรียมตัวอย่างวัสดุห่อหุ้มแก้ว จะต้องเป็นวิธีการที่ง่าย ใช้อุปกรณ์ไม่ยุ่งยาก หาได้ในท้องถิ่นโดยแม่พิมพ์ในการทำวัสดุห่อหุ้มแก้วต้องเป็นวัสดุที่มีผิวมันลื่นเพื่อสามารถแกะวัสดุห่อหุ้มแก้วจากวัสดุธรรมชาติออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายและมีรูปร่างเป็นแก้วที่สามารถนำไปห่อหุ้มแก้วได้จริง ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แก้วอะครีลิกสำเร็จรูปเป็นแบบแม่พิมพ์ ในการทำวัสดุห่อหุ้มแก้ว เนื่องจากผิวนอกมีความมันและลื่นสามารถแกะวัสดุห่อหุ้มแก้วออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายและมีรูปร่างเป็นแก้ว สามารถนำไปห่อหุ้มแก้วได้จริง ตัวอย่างชิ้นงานแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งชิ้นงานตัวอย่างจากการอัดขึ้นรูปวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากใบพลวงและเปลือกข้าวโพด มีความหนาเฉลี่ย เท่ากับ 8.07 ± 0.21 มิลลิเมตร และ 8.02 ± 0.19 มิลลิเมตร ตามลำดับ และแนวทางการจัดเครื่องมือเพื่อหาค่าสภาพนำความร้อน มีแนวคิดจากกฎการนำความร้อนของฟูริเออร์แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 ชิ้นงานตัวอย่างวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากใบพลวง (1) และเปลือกข้าวโพด (2)

การหาค่าสภาพการนำความร้อนจากกฎการนำความร้อนของฟูรีเยร์ จะต้องมีการกำหนดความร้อนที่ส่งผ่านฟลักซ์ความร้อน (Heat flux) ไปสู่ชิ้นงานตัวอย่าง และต้องหาความแตกต่างของอุณหภูมิด้านในและด้านนอกของชิ้นงาน ดังนั้น แนวคิดการจัดเครื่องมือเพื่อหาค่าสภาพนำความร้อนตามกฎการนำความร้อนของฟูรีเยร์ จึงเป็น ดังรูปที่ 3 ซึ่งมีลักษณะแนวคิดคล้ายคลึงกับระบบทดสอบ GHP (Guarded Hot Plate test) (Wang, 2018)



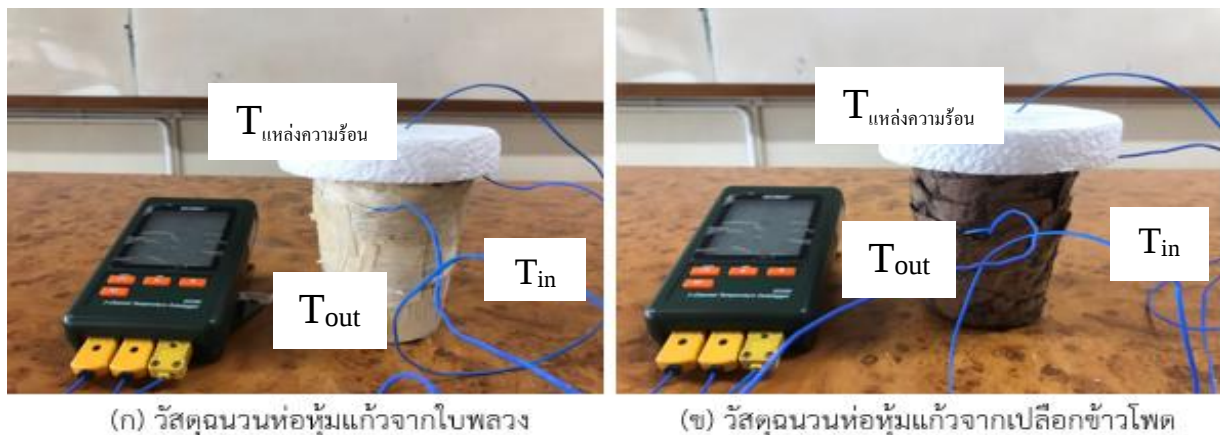
รูปที่ 3 แนวคิดการจัดเครื่องมือเพื่อหาค่าสภาพนำความร้อน

โดยความร้อนจะถูกส่งผ่านจากทรงกระบอกด้านในสู่ผิวทรงกระบอกด้านนอกและพื้นที่ (A) ตามสมการที่ 2 คือพื้นที่ผิวของทรงกระบอกด้านนอกเมื่อเคลื่อนออกมาจะเป็นพื้นที่ของสี่เหลี่ยมผืนผ้า จากแนวคิดดังกล่าวนำไปสู่การสร้างตารางเก็บข้อมูล ตัวอย่างตารางเก็บข้อมูลแสดงในรูปที่ 4 ที่จะนำไปคำนวณค่าสภาพต้านทานความร้อนและค่าความต้านทานความร้อน และถูกนำไปใช้ในชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

$t(\text{min})$	$T_{w(\text{initial})}$	$T_{w(t)}$	ΔT_w	$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{m_w c_w \Delta T}{\Delta t}$	T_{inside}	T_{outside}	$\Delta T = T_{\text{in}} - T_{\text{out}}$	$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t} \right) \frac{\Delta x}{A(\Delta T)} = k$	$R = \frac{\Delta x}{k}$
0	98								
5		A	98 - A		A ₁	B ₁			
10		B	A - B		A ₂	B ₂	A ₁ - B ₂		
		C	B - C		A ₃	B ₃	A ₂ - B ₃		
...		D...K	...		...	...	...		
60		L	K - L		A ₁₂	B ₁₂	A ₁₁ - B ₁₂		
								$k_{\text{avg}} \pm \text{std error}$	$R_{\text{avg}} \pm \text{std error}$

รูปที่ 4 ตัวอย่างการออกแบบตารางบันทึกผล

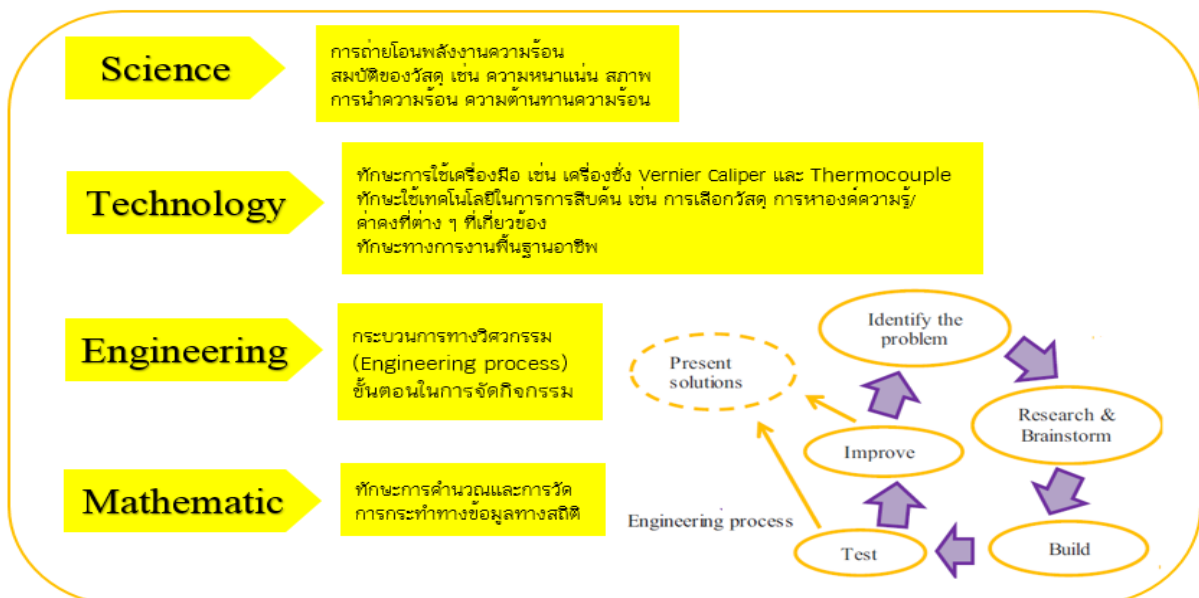
โดยการวัดอุณหภูมิเพื่อหาค่าสภาพการนำความร้อนแสดงในรูปที่ 5 และกรอบแนวคิดการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาแสดงในรูปที่ 6



(ก) วัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากไบโพลวง

(ข) วัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากเปลือกข้าวโพด

รูปที่ 5 การวัดอุณหภูมิเพื่อหาค่าสภาพการนำความร้อน



รูปที่ 6 กรอบแนวคิดการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา

ผลการหาค่าความหนาแน่น ค่าสภาพการนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากไบโพลวงและเปลือกข้าวโพด แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่น ค่าสภาพการนำความร้อนและค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุฉนวนห่อหุ้ม

ชนิดของวัสดุ	ค่าความหนาแน่น (kg/m^3)	สภาพการนำความร้อน (W/m.K)	ความต้านทานความร้อน ($\text{m}^2\text{-K.W}$)
วัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้ว จากไบโพลวง	285.040 ± 5.148	0.096 ± 0.003	0.014 ± 0.003
วัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้ว จากเปลือกข้าวโพด	751.061 ± 12.111	0.103 ± 0.003	0.013 ± 0.003

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าสภาพนำความร้อนของวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากเปลือกข้าวโพดมีค่าใกล้เคียงกับค่าสภาพนำความร้อนของฉนวนสังเคราะห์ข้าวโพด จากงานวิจัยของ Pakunworakij และคณะ (Pakunworakij et.al., 2006) ที่ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากฉนวนสังเคราะห์ข้าวโพดกับฉนวนต้นมันสำปะหลัง ซึ่งที่ความหนาแน่น 800 kg/m^3 มีค่าสภาพนำความร้อนเท่ากับ 0.123 W/m.K และจากงานวิจัยของ Pakunworakij และคณะ ยังพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพนำความร้อนของผลิตภัณฑ์คือความหนาแน่น โดยเมื่อผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีความหนาแน่นสูงขึ้นค่าสภาพนำความร้อนจะมีค่าสูงขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pandecha และคณะ (Pandecha et. al., 2015) ที่ทำการศึกษาคุณสมบัติทางความร้อนของเส้นใยเปลือกข้าวโพดที่ใช้เป็นฉนวนสำหรับแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบและพบว่าค่าสภาพนำความร้อนของฉนวนเส้นใยเปลือกข้าวโพดมีค่าเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นที่สูงขึ้น สำหรับค่าสภาพนำความร้อนวัสดุฉนวนห่อหุ้มแก้วจากใบพลวง มีค่าใกล้เคียงกับค่าสภาพนำความร้อนจากใบหญ้าแห้ง ที่ความหนาแน่น 223 kg/m^3 มีค่าสภาพนำความร้อนเท่ากับ 0.0702 W/m.K จากงานวิจัยของ Alhabeeb และคณะ (Alhabeeb et.al., 2021) ที่ได้ศึกษาฉนวนความร้อนจากวัสดุเหลือทิ้ง ดั้งเช่น เส้นผมมนุษย์ ใบหญ้าแห้ง เส้นใยปาล์ม เมล็ดปาล์ม ดอกอัลบิเซียโอโดราทิสซิม่า ที่ความหนาแน่น ต่าง ๆ พบว่าวัสดุเหล่านั้นมีค่าสภาพนำความร้อนอยู่ในช่วง $0.053 - 0.107 \text{ W/m.K}$

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาเทคนิคการขึ้นรูปวัสดุฉนวนสำหรับห่อหุ้มแก้วจากวัสดุธรรมชาติด้วยมือและแนวปฏิบัติการหาค่าสภาพการนำความร้อน ค่าความต้านทานความร้อน เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การกิจกรรมสะเต็มศึกษาพบว่าแม่พิมพ์ในการทำวัสดุห่อหุ้มแก้วต้องเป็นวัสดุที่มีผิวมันลื่นเพื่อสามารถแกะวัสดุห่อหุ้มแก้วจากวัสดุธรรมชาติออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายและมีรูปร่างเป็นแก้วที่สามารถนำไปห่อหุ้มแก้วได้จริง แก้วเบหมีกิ่งสำเร็จรูปใช้แล้วจึงเป็นแบบแม่พิมพ์ที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นไปตามคุณสมบัติในข้างต้นเนื่องจากหาง่ายและไม่เสียค่าใช้จ่ายและการหาค่าสภาพการนำความร้อน ปฏิบัติการตามกฎการนำความร้อนของฟูริเยร์ ค่าสภาพการนำความร้อนของวัสดุฉนวนสำหรับห่อหุ้มแก้วจากใบพลวงมีค่าต่ำกว่าวัสดุฉนวนจากเปลือกข้าวโพด มีค่าตามลำดับดังนี้ 0.096 ± 0.003 , $0.103 \pm 0.003 \text{ W/m.K}$ และในทางตรงข้ามค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุฉนวนจากใบพลวงมีค่าสูงกว่าวัสดุฉนวนจากเปลือกข้าวโพด มีค่าตามลำดับดังนี้ 0.014 ± 0.003 , $0.013 \pm 0.003 \text{ m}^2.\text{K/W}$ และพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพนำความร้อนของผลิตภัณฑ์คือความหนาแน่น โดยเมื่อผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีความหนาแน่นสูงขึ้นค่าสภาพนำความร้อนจะมีค่าสูงขึ้นด้วยเมื่อเชื่อมโยงการเรียนรู้ทั้งหมดกับสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 พบว่าเหมาะสมจะนำไปใช้กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา และจากข้อมูลของการศึกษาจะถูกนำไปออกแบบชุดกิจกรรม สร้างคู่มือครู และแบบบันทึกกิจกรรม ที่เชื่อมโยงไปกับสาระการเรียนรู้ในเรื่องการถ่ายโอนพลังงานความร้อน และประยุกต์ใช้ความรู้ในเรื่องการนำความร้อน หาสมบัติทางกายภาพของวัสดุ ผ่านขั้นตอนการสอนโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ใฝ่รู้ พัฒนาทักษะ ผ่านการปฏิบัติในการสร้างผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการจัดปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

- โรสลิษา จาราแว. (2559). *การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตท้องถิ่น* (รายงานผลการวิจัย). ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
- Alhabeeb, B. A., Mohammed, H. N. and Alhabeeb, S. A. (2021). Thermal insulators based on abundant waste materials. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 1067: 1-10.
- Cetiner, I. and Shea, A. D. (2018). Wood waste as an alternative thermal insulation for buildings. *Energy & Buildings*, 168: 374–384.
- Korjenic, A., Petranek, V., Zach, J. and Hroudova, J. (2011). Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable re- source. *Energy Build*, 43: 2518–2523.
- Pandecha, K., Pongtornkulpanich, A., Sukchai, S. and Suriwong, T. (2015). Thermal properties of corn husk fiber as insulation for flat plate solar collector. *International Journal of Renewable Energy*, 10(1): 27-36.
- Pakunworakij, T., Puthipiroj, P., Oonjittichai, W. and Tisavipat, P. (2006). Thermal Resistance Efficiency of Building Insulation Material from Agricultural Waste. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 4: 3-13.
- Panyakaew, S. and Fotios, S. (2011). New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. *Energy Build*, 43: 1732–1739.
- Wang, J.S., Demartino, C., Xiao, Y. and Li, Y.Y. (2018). Thermal insulation performance of bamboo- and wood-based shear walls in light-frame buildings. *Energy & Buildings*, 168: 167–179
- Zhou, X., Zheng, F., Li, H. and Lu, C. (2010). An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers. *Energy Build*, 42: 1070–1074.