JPAGS
Journal of Physics & General Science

การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากวัสดุเชิงประกอบนาโนจากเถ้าแกลบผสมคาร์บอนของดอกธูปฤาษี

Development of Insulation from Nano-composite Materials from Rice Husk Ash and Carbon of Hermit Flowers

รอฮานี โตะ[1*] อีมาน มะแอ[1] และรูฮัยซา ดือราแม[2]

Rohanee Tok[1*], Eman Maae[2] and Ruhaisa Dearamae[2]

[1]หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา

[1]Geneal Science Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala

[2]หลักสูตรฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา

[2]Physics Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala

*Corresponding author e-mail: rohanee.to@yru.ac.th

(Received: November 3, 2020, Revised: November 24, 2020, Accepted: December 30, 2020)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพของวัสดุเชิงประกอบนาโนและทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนจากเถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี เพื่อนำไปใช้เป็นฉนวนกันความร้อนภายในบ้าน ในการวิจัยนี้มีการเก็บรวบรวมค่าความหนาแน่น การลามไฟ การดูดซึมน้ำ และสัณฐานวิทยา ผลจากการวิจัย พบว่า ฉนวนกันความร้อนที่มีอัตราส่วน 94:6 มีค่าความหนาแน่นสูงและสามารถป้องกันการลามไฟได้ ส่วนฉนวนกันความร้อนที่มีอัตราส่วนที่ 92:8 เป็นอัตราส่วนที่ใช้เวลาในการดูดซึมน้ำนานที่สุด จากนั้น ทำการวิเคราะห์สัณฐานของฉนวนภายนอกและสัณฐานภายในของเถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี พบว่า สัณฐานภายนอกที่ได้มีรูพรุน และสัณฐานภายในของแกลบมีขนาดระดับนาโนเมตรและมีรูพรุนมาก นอกจากนี้ ผลการทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนจากเถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี พบว่า อัตราการนำความร้อนแต่ละอัตราส่วนมีค่าอยู่ในช่วง 0.17-0.18 วัตต์ และความต่างของอุณหภูมิมีค่าประมาณ 4 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ฉนวนกันความร้อน วัสดุเชิงประกอบนาโน การดูดซึมน้ำ การวิเคราะห์สัณฐานวิทยา การนำความร้อน

ABSTRACT

The objective of this research is to test the physical properties of nano-composite materials and to test the thermal properties of insulation from rice husk-carbon from hermit flowers, to be used as insulation in the house. In this research, density, fire spread, water absorption, and morphology were collected. The results of the research showed that insulation at a 94:6 ratio had a high density and prevent the spreading of fire. The insulation ratio at 92:8 is the ratio that takes the longest time to absorb water. The external insulator morphology and internal morphology of rice husk with carbon from hermit flowers were analyzed. As a result, the external morphology was porous, and the internal morphology of the rice husk is nanometer level and very porous. In addition, the results for thermal properties of insulation from rice husk with carbon from hermit flowers. It was found that each ratio of heat conductivity ranged from 0.17-0.18 Watt and the temperature difference was approximately 4 degrees Celsius.

Keywords: insulation, nano-composite materials, water absorption, morphological analysis, conductivity

บทนำ

ภาวะโลกร้อนทำให้อุณหภูมิของโลกในปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้นและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลกระทบต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิตอย่างไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ เช่น ทำให้สภาพภูมิอากาศไม่สม่ำเสมอและทำให้ระบบนิเวศทางธรรมชาติแปรปรวน เป็นต้น นอกจากนี้ ยังส่งผลกระทบต่อบ้านเรือนและความเป็นอยู่ของมนุษย์ เช่น อุณหภูมิภายในบ้านเรือนที่ไม่มีฉนวนกันความร้อนบ้านร้อนสูงขึ้นตามสภาพของอุณหภูมิในบรรยากาศ [2] ซึ่งความร้อนในบ้านส่วนใหญ่มาจากหลังคา ทำให้นักออกแบบบ้านและนักวิจัยพยายามหาวิธีการทำฉนวนกันความร้อนมาเสริมตรงหลังคาบ้าน เพื่อต้านทานหรือป้องกันไม่ให้พลังงานความร้อนถูกส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยฉนวนแต่ละชนิดมีความต้านทานความร้อนที่แตกต่างกัน ฉนวนที่ดีต้องมีน้ำหนักเบาประกอบด้วยฟองอากาศเล็ก ๆ จำนวนมาก ซึ่งมีสมบัติสกัดกั้นความร้อนให้อยู่ในฟองอากาศและต้านทานความร้อนที่ผ่านตัวกลาง

ปัจจุบันมีฉนวนกันความร้อนมีหลากหลายรูปแบบ แต่เนื่องจากมีราคาแพงทำให้ผู้คนส่วนใหญ่ไม่เลือกที่จะนำมาใช้ในการสร้างบ้าน อย่างไรก็ตาม นักวิจัยได้มีการพัฒนาฉนวนกันความร้อนที่ได้จากเส้นใยหญ้าคา ใยมะพร้าว กาบกล้วย ฟางข้าว และกาบหมาก ซึ่งวัสดุธรรมชาติทั้ง 5 ชนิดนี้สามารถนำมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนได้ [5] นอกจากนี้ มีนักวิจัยอีกหลายท่านได้พัฒนาฉนวนกันความร้อนที่เป็นระดับนาโน ซึ่งเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีที่สุด เนื่องจากโครงสร้างภายในประกอบด้วยรูพรุนขนาดเล็กและเป็นวัสดุคอมโพสิต (composite materials) วัสดุคอมโพสิตเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันตั้งแต่ 2 ชนิดหรือมากกว่ามารวมกันเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างใหม่ [1] มีขนาดเล็กกว่า 100 นาโนเมตร การประยุกต์ใช้วัสดุเชิงประกอบนาโน (nanocomposite material) ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เช่น เซนเซอร์ (sensor) การเร่งปฏิกิริยา (catalysis) ไมโครอิเล็กโทรนิกส์ (microelectronic) และเซรามิค (ceramic) [2] ยิ่งไปกว่านั้น ส่วนประกอบในการสร้างเซรามิก พบว่า มีแกลบเป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตเซรามิกที่ใช้ทำวัสดุขัดถู เนื่องจากแกลบมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลัก และมีสมบัติในการป้องกันความร้อน จึงทำให้ซิลิกาจากแกลบเป็นวัสดุที่มีความน่าสนใจในการทำเป็นฉนวนกันความร้อนและจากงานวิจัยของนิภาวรรณ กุลสุวรรณ และคณะ [2] ได้ทำการศึกษาคาร์บอนที่มาจากวัสดุธรรมชาติ คือ ดอกธูปฤาษี ซึ่งเป็นพืชที่มีคาร์บอนมาก มีส่วนช่วยในการป้องกันความร้อนและทำให้ฉนวนที่ได้มีน้ำหนักเบา เหมาะสำหรับนำมาผสมกับซิลิกาจากเถ้าแกลบ นอกจากนี้ ยังเป็นพืชที่สามารถพบได้ง่ายและเจริญเติบโตเร็ว

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการปลูกข้าวเป็นหลัก จึงมีแกลบเหลือทิ้งจากการสีข้าวเป็นจำนวนมาก การนำแกลบมาเผาทำให้ได้ซิลิกาที่มีความบริสุทธิ์สูงและมีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก ซิลิกาเป็นสารประกอบที่เกิดจากธาตุซิลิกอนกับธาตุออกซิเจน และมีสูตรเคมี คือ SiO_2 เป็นสารที่เฉื่อย ไม่ละลายในกรดทุกชนิด (ยกเว้นกรดไฮโดรฟลูออริก) มีลักษณะโครงสร้างแบบรูพรุน มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และมีความเป็นพิษต่ำ จึงทำให้มีการนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารดูดซับ สารเพิ่มความแข็งแรง และสารเติมแต่งในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย [3] องค์ประกอบของแกลบประกอบด้วยสารอนินทรีย์อยู่ประมาณ 20-25 % เซลลูโลส 30-40 % ลิกนิน 19-47 % และน้ำตาลประมาณ 17-26 % โดยในส่วนของสารอนินทรีย์นั้น องค์ประกอบหลัก คือ ซิลิกา ซึ่งมีช่วงอยู่ตั้งแต่ 85-99% และอื่น ๆ อีกทั้งขี้เถ้าแกลบยังมีความพรุนมาก น้ำหนักเบา มีพื้นที่ผิวมาก มีคุณสมบัติดูดซับความชื้นและสารเคมีได้ดี [4, 6-7]

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำขี้เถ้าแกลบผสมกับดอกธูปฤาษีมาทำเป็นฉนวนกันความร้อนภายในอาคารสำหรับงานฝ้าเพดาน โดยทำการศึกษาวัสดุเชิงประกอบนาโน สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนจากขี้เถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพของวัสดุเชิงประกอบนาโนจากเถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี
2. เพื่อทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนจากเถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี

3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้เป็นฉนวนป้องกันความร้อนภายในบ้าน

วิธีการวิจัย

การเตรียมวัสดุตัวอย่าง

การเตรียมดอกธูปฤาษีเตรียมโดยนำดอกธูปฤาษีไปอบแห้งที่อุณหูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบ (hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น FD 260 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้น นำดอกธูปฤาษีไปผ่านกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลในตู้อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อให้ได้เส้นใยคาร์บอน แล้วนำดอกธูปฤาษีไปบดให้ละเอียด หลังจากนั้นนำออกจากเตาอบ

การเตรียมแกลบ เตรียมโดยนำแกลบไปเผา โดยเผาในเตาเผาถ่านไร้ควัน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และนำแกลบไปเผาอีกครั้ง เพื่อให้ได้ขี้เถ้า โดยเผาที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้ได้เป็นเถ้าแกลบ หลังจากนั้น นำเถ้าแกลบไปบดหยาบด้วยเครื่องบดหยาบ แล้วนำเถ้าแกลบไปบดละเอียดด้วยโกร่งบดยา นำขี้เถ้าแกลบไปร่อนในตะแกรงขนาด 200 mesh เพื่อให้ได้ผงเถ้าแกลบที่มีขนาดตามต้องการ หลังจากนั้น เตรียมเถ้าแกลบและผงคาร์บอนที่ได้จากดอกธูปฤาษี โดยมีอัตราส่วนผสมที่ต่างกันทั้งสิ้น 5 แบบ ขึ้นรูปแบบละ 2 ตัวอย่าง โดยมีอัตราส่วนที่แสดงเป็นปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักระหว่างขี้เถ้าแกลบต่อคาร์บอน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนักระหว่างขี้เถ้าแกลบต่อคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี

ตัวอย่าง	ขี้เถ้าแกลบ:คาร์บอนจากดอกธูปฤาษี (อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก)
1	100:0
2	98:2
3	96:4
4	94:6
5	92:8

การเตรียมตัวประสานที่ใช้ขึ้นรูปและการขึ้นรูปวัสดุตัวอย่าง

เตรียมแป้งมันสำปะหลังสำหรับขึ้นรูปฉนวนโดย 1 ตัวอย่างใช้แป้งมันสำปะหลัง 8 กรัม ผสมกับน้ำ 160 มิลลิลิตร สำหรับการขึ้นรูปในบล็อกไม้อัด ขนาด 10 x 10 x 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมแป้งเปียกที่เตรียมไว้ผสมกับขี้เถ้าแกลบและผงคาร์บอนจากดอกธูปฤาษีตามอัตราส่วนดังตารางที่ 1 จากนั้น เทแต่ละอัตราส่วนลงในบล็อกไม้อัด เพื่อทำเป็นฉนวน หลังจากนั้น นำฉนวนที่ได้เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น นำฉนวนที่ได้ออกจากบล็อกไม้อัดแล้วนำฉนวนที่ได้เข้าตู้อบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของวัสดุเชิงประกอบนาโนจากขี้เถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี

1) การหาค่าความหนาแน่น

นำตัวอย่างฉนวนของทุกอัตราส่วนที่ได้จากการผสมระหว่างขี้เถ้าแกลบและคาร์บอนจากธูปฤาษีชั่งที่อุณหภูมิห้องด้วยเครื่องชั่งระยะ A หลังจากนั้น หาปริมาตรของฉนวนที่ได้ โดยใช้สูตรการปริมาตร คือ กว้าง × ยาว × สูง จากนั้น นำไปหาค่าความหนาแน่นโดยใช้สมการที่ 1 ดังนี้

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

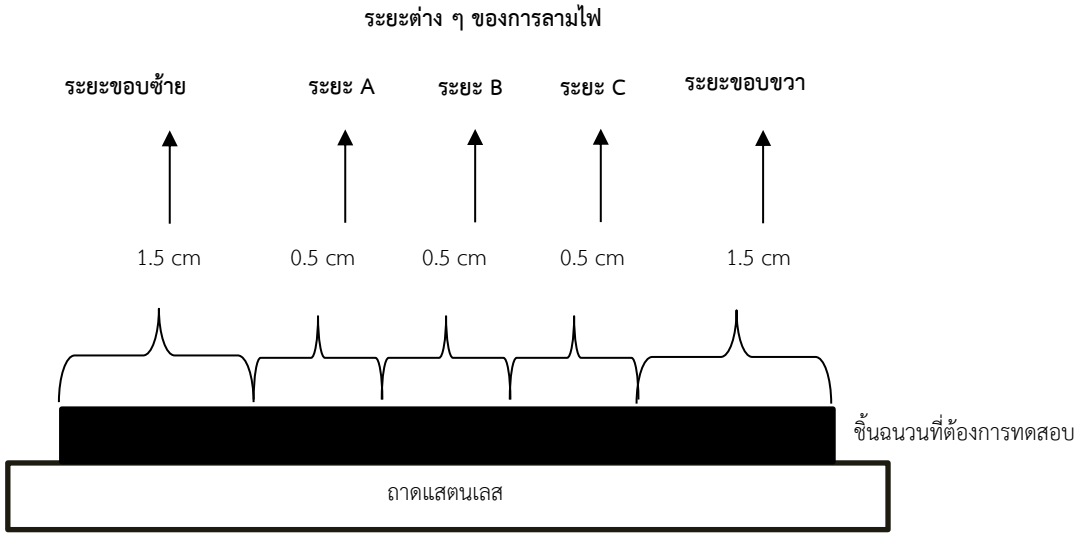
เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของฉนวน มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

m คือ มวลรวมของฉนวน มีหน่วยเป็นกรัม

v คือ ปริมาตรรวมของฉนวน มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

2) ทดสอบการลามไฟ

การทดสอบการลามไฟ เตรียมโดยนำฉนวนที่ได้จากขี้เถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษีวางบนถาดสแตนเลสสำหรับการทดสอบ โดยฉนวนมีระยะห่างจากขอบขอบซ้ายและขวาเท่ากับ 1.5 เซนติเมตร จากภาพที่ 1 ระยะ A ระยะ B และระยะ C เท่ากับ 0.5 เซนติเมตร หลังจากนั้นใช้เทียนลนไปยังฉนวนที่จุด A เพื่อสังเกตการลามไฟ จากจุด A ไปยังจุด B และ



ภาพที่ 1 การทดสอบการลามไฟที่มีการระบุระยะต่าง ๆ ของการลามไฟ

จับเวลาพร้อมบันทึกข้อมูล หลังจากนั้น ทดสอบกับจุดอื่น ๆ จากนั้น นำไปคำนวณหาค่าอัตราเร็วโดยใช้สมการที่ 2 ดังนี้

$$V = \frac{s}{t} \quad (2)$$

เมื่อ V คือ อัตราเร็ว มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อนาที

s คือ ระยะทาง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

t คือ เวลา มีหน่วยเป็นนาที

3) ทดสอบการดูดซึมน้ำ

ชั่งน้ำหนักแห้งของฉนวนตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้น ตวงน้ำในปริมาณ 100 มิลลิลิตร และเทลงในภาชนะที่เตรียมไว้ วางฉนวนตัวอย่างในแนวนอนโดยไม่สัมผัสกับส่วนล่างของภาชนะ พร้อมจับเวลาและบันทึกผล

4) การวิเคราะห์สัณฐานวิทยา

นำตัวอย่างชิ้นส่วนฉนวนกันความร้อนที่ต้องการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาทั้งพื้นผิวภายนอกและพื้นผิวภายในนำมาวางบน stub โดยบน stub มีการแปะกาวเยื่อไม้และน้ำยาทาเล็บเพื่อช่วยในการยึดติดของฉนวน จากนั้น นำไปเคลือบทองโดยใส่

ในเครื่อง sputter coater ตรวจสอบฉนวนกันความร้อนที่ต้องการโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscopy: SEM) รุ่น Apreo

ทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนจากเถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤๅษี

ทำการทดสอบการป้องกันความร้อน โดยสร้างห้องจำลอง (ตู้ทดสอบ) สำหรับทดสอบการป้องกันความร้อน ดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3 โดยตู้ทดสอบประกอบด้วย เทอร์โมมิเตอร์ดิจิทัล 2 ชุด และหลอดไฟที่มีกำลัง 18 วัตต์ คำนวณอัตราการนำความร้อนจากสมการที่ 3 ดังนี้

$$\mathrm{Q} = -\mathrm{kA}\frac{dT}{dx} \tag{3}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการนำความร้อน มีหน่วยเป็นวัตต์

K คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อเซนติเมตร องศาเซลเซียส

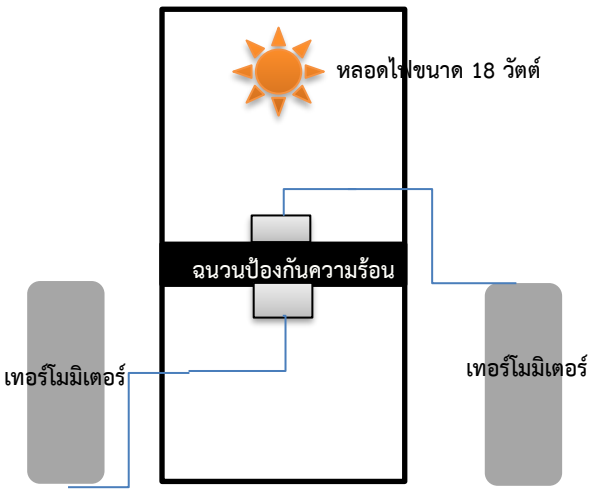
A คือ พื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อน มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร

dT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

dx คือ ระยะทางในการเคลื่อนที่ของความร้อน มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

ภาพที่ 2 ตู้ทดสอบ (สภาพจริง) สำหรับทดสอบการป้องกันความร้อน

การทดสอบการป้องกันความร้อนนั้น ได้ทำการทดสอบโดยวางชิ้นทดสอบฉนวนกันความร้อนที่ต้องการในตู้ทดสอบ หลังจากนั้น นำเทอร์มอมิเตอร์ดิจิทัลวางด้านบนและด้านล่างของชิ้นทดสอบ ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า อุณหภูมิบน และอุณหภูมิล่าง ตามลำดับ โดยการทดสอบได้ใช้หลอดไฟที่มีกำลังขนาด 18 วัตต์ ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้ง ใช้เวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมง โดยจับเวลาและสังเกตอุณหภูมิทุก ๆ 5 นาที และบันทึกผลการทดลอง



ภาพที่ 3 แผนภาพของตู้ทดสอบการป้องกันความร้อน

ผลการวิจัยและอภิปราย

ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ มีดังนี้

1) การหาค่าความหนาแน่น การคำนวณหาค่าความหนาแน่นเป็นการทดสอบทางกายภาพอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นการคำนวณหามวลต่อปริมาตรของสาร ซึ่งมีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรเมตร โดยใช้สมการที่ 1 ในการคำนวณ โดยได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าความหนาแน่น

อัตราส่วนระหว่างเถ้าแกลบต่อคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี	ค่าความหนาแน่น (g/cm^3)
100:0	1.170
98:2	1.015
96:4	1.015
94:6	1.115
92:8	1.095

จากตารางที่ 2 สังเกตได้ว่า ฉนวนที่มีอัตราส่วนที่ 94:6 มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ 1.115 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยนำฉนวนที่มีอัตราส่วนนี้เป็นตัวอย่างที่จะทำการทดสอบการลามไฟและการดูดซึมน้ำ

2) การลามไฟ การทดสอบการลามไฟเป็นการทดสอบทางกายภาพอย่างหนึ่ง เพื่อหาค่าอัตราเร็วของการลามไฟของฉนวนกันความร้อนโดยใช้สมการที่ 2 โดยได้ผลของเวลาในการเผาไหม้ ดังตารางที่ 3 และนำไปคำนวณอัตราเร็วของการลามไป ดังตารางที่ 4 จากตารางที่ 3 ขี้เถ้าแกลบต่อคาร์บอนจากดอกธูปฤาษีที่อัตราส่วน 94:6 สามารถป้องกันการลามไฟได้ดีที่สุด เนื่องจากฉนวนติดไฟช้า และใช้เวลานานในการลามไฟระยะ A เป็น 4.42 นาที ระยะ A+B เป็น 7.49 นาที และระยะ A+B+C เป็น 9.41 นาที จากตารางที่ 4 เห็นได้ว่า ฉนวนกันความร้อนที่มีอัตราส่วน 94:6 เป็นฉนวนที่ดีที่สุด เนื่องจากมีค่าอัตราเร็วต่ำในการลามไฟ โดยในช่วงระยะ A มีค่าอัตราเร็วเท่ากับ 0.113 เซนติเมตรต่อนาที ในช่วงระยะ A+B มีอัตราเร็ว 0.067 เซนติเมตรต่อนาที และในช่วงระยะ A+B+C มีอัตราเร็ว 0.053 เซนติเมตรต่อนาที ซึ่งสอดคล้องกับเวลาการลามไฟของฉนวนที่มีอัตราส่วน 94:6 ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เวลาของการเผาไหม้

อัตราส่วนระหว่างขี้เถ้าแกลบต่อคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี	เวลาการเผาไม้ (นาที)		
	ระยะ A	ระยะ A+B	ระยะ A+B+C
100:0	3.12	6.38	8.50
98:2	3.50	6.55	8.15
96:4	4.04	7.06	8.28
94:6	4.42	7.49	9.41
92:8	4.48	7.15	8.56

ตารางที่ 4 อัตราเร็วของการลามไฟ

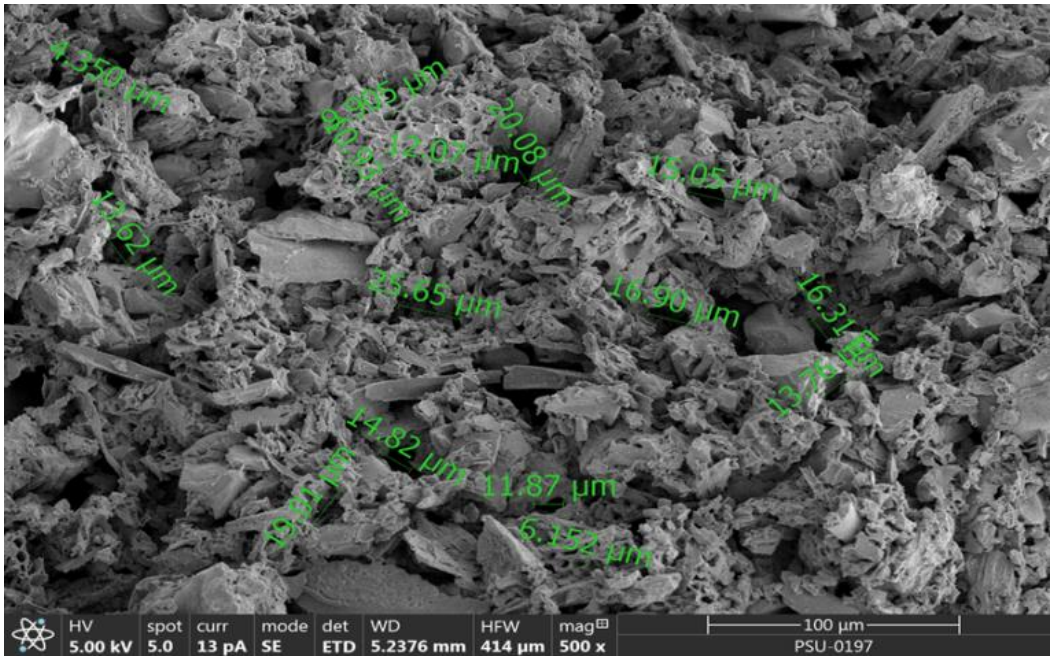
อัตราส่วนระหว่างขี้เถ้าแกลบต่อคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี	อัตราเร็ว (ซม./นาที)		
	ระยะ A	ระยะ A+B	ระยะ A+B+C
100:0	0.160	0.078	0.059
98:2	0.143	0.076	0.061
96:4	0.124	0.070	0.060
94:6	0.113	0.067	0.053
92:8	0.111	0.070	0.058

3) การทดสอบการดูดซึมน้ำ การทดสอบการดูดซึมน้ำเป็นการทดสอบทางกายภาพอย่างหนึ่ง เพื่อวัดค่าการดูดซึมน้ำของฉนวนกันความร้อน โดยเวลาในการดูดซึมน้ำของฉนวนกันความร้อนได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 โดยจากตารางที่ 5 ผลปรากฏว่า ขี้เถ้าแกลบต่อคาร์บอนจากดอกธูปฤาษีในอัตราส่วน 92:8 ใช้เวลาในการดูดซึมน้ำนานที่สุด คือ 8.41 นาที

4) การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของฉนวนกันความร้อนจากขี้เถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษีนั้น ได้แสดงไว้ในภาพที่ 4 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาภายนอกโดยใช้เครื่อง SEM ที่มีกำลังขยาย 500 เท่าในการวิเคราะห์ ซึ่งลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกของเถ้าแกลบและคาร์บอนจากดอกธูปฤาษีนั้น ประกอบไปด้วยรูพรุนมาก ซึ่งมีความกว้างอยู่ในระดับ 6 ถึง 30 ไมโครเมตร จาภาพที่ 5 เป็นการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาภายในของขี้เถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี โดยใช้เครื่อง SEM กำลังขยาย 100,000 เท่า ซึ่งพื้นผิวภายในของแกลบมีขนาดระดับนาโนเมตร กล่าวคือ มีขนาดอยู่ในช่วง 20-80 นาโนเมตร จากภาพที่ 6 เป็นการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาภายในของคาร์บอนจากดอกธูปฤาษีที่ได้จากเครื่อง SEM โดยใช้กำลัง

ตารางที่ 5 เวลาในการดูดซึมน้ำ

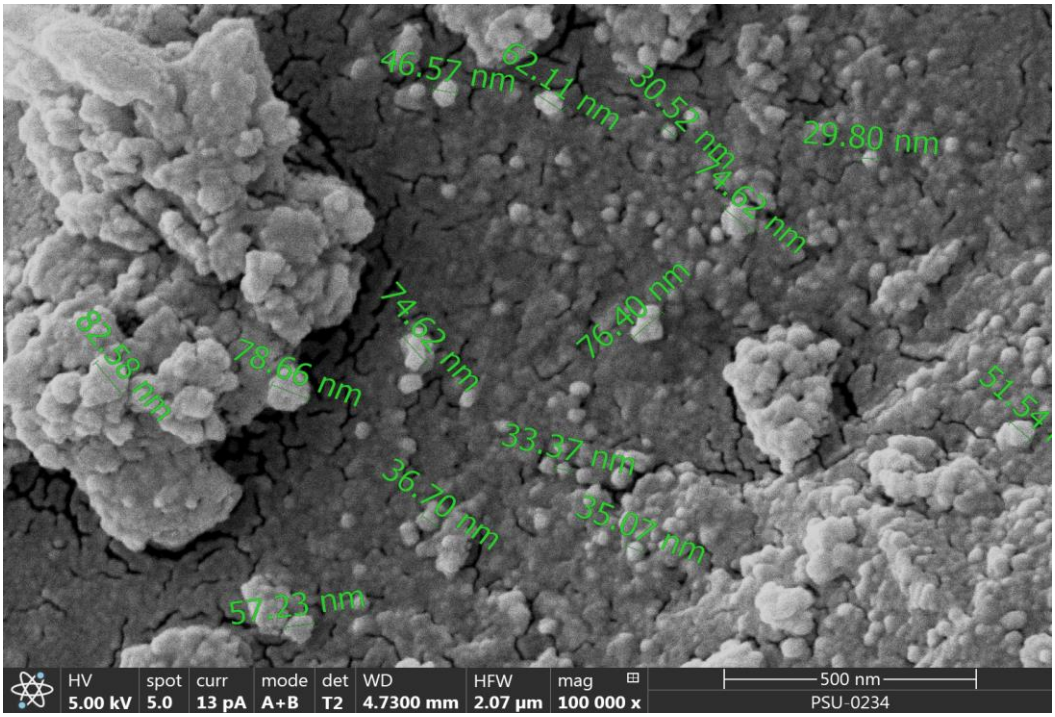
อัตราส่วนระหว่างขี้เถ้าแกลบต่อคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี	มวลตัวอย่างก่อนการแช่น้ำ (กรัม)	เวลาในการดูดซึมน้ำ (นาที)
100:0	6.27	1.20
98:2	7.71	2.18
96:4	7.49	1.47
94:6	6.94	6.12
92:8	7.20	8.41



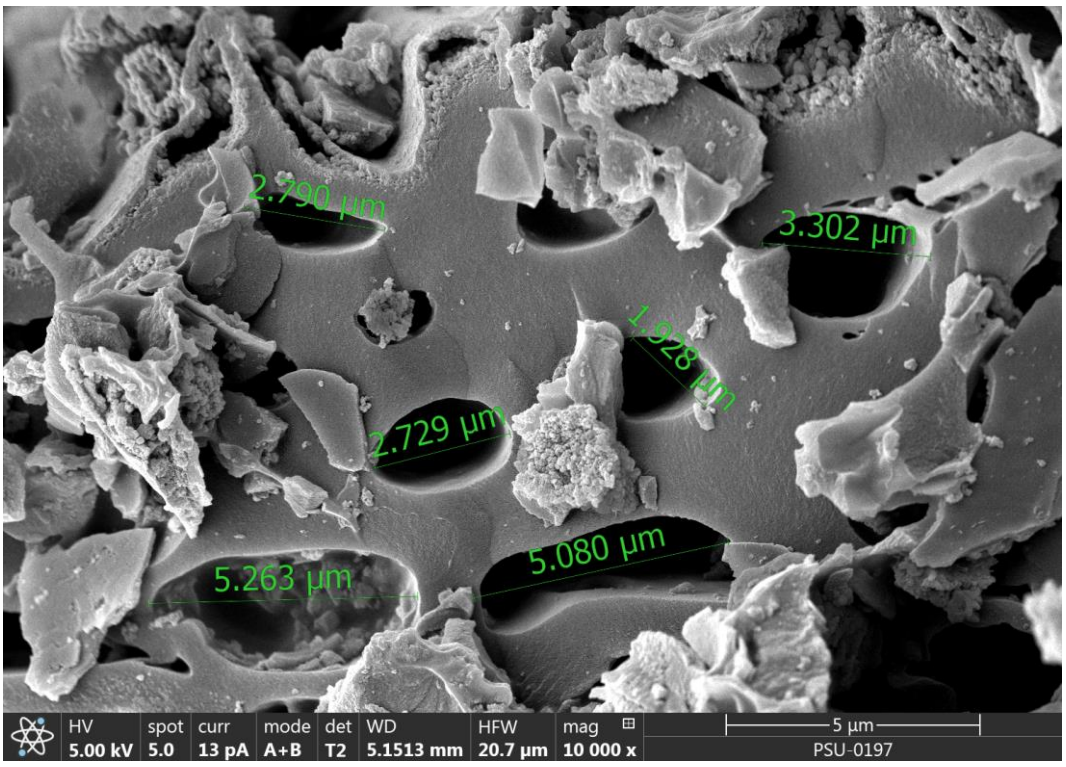
ภาพที่ 4 สัณฐานวิทยาภายนอกที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM ซึ่งมีการระบุขนาดความกว้างของรูพรุน

ขยาย 10,000 เท่า ซึ่งพื้นผิวภายในของคาร์บอนจากดอกธูปฤาษีมีรูพรุน ซึ่งมีความกว้างอยู่ในช่วง 1–5 ไมโครเมตร

ผลการทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนจากขี้เถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษีนั้น ได้ทำการทดสอบการป้องกันความร้อนเป็นการทดสอบการป้องกันความร้อนที่ไหลผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ซึ่งใช้เทอร์มอมิเตอร์ดิจิทัลในการวัดอุณหภูมิด้านบนและด้านล่างของฉนวนขี้เถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี โดยอุณภูมิของฉนวนแสดงดังตารางที่ 6 จากตารางที่ 6 อุณหภูมิของฉนวนของขี้เถ้าแกลบแต่ละอัตราส่วนมีความแตกต่างกัน โดยหาค่าความแตกต่างของอุณหภูมิจากอุณหภูมิด้านบนลบอุณหภูมิด้านล่าง โดยผลของความแตกต่างของอุณหภูมิมีค่า 3-4 องศาเซลเซียส เนื่องจากอัตราส่วนของเถ้าแกลบและคาร์บอนของฉนวนกันความร้อนมีค่าใกล้เคียงกัน จากความแตกต่างของอุณภูมิ ในตารางที่ 6 สามารถหาค่าอัตราการนำความร้อนที่มีการเคลื่อนที่ของความร้อนในระยะความสูง 15 เซนติเมตร โดยใช้สมการที่ 3 โดยค่าอัตราการนำ



ภาพที่ 5 สัณฐานภายในของเถ้าแกลบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM ซึ่งมีการระบุขนาดของเถ้าแกลบ



ภาพที่ 6 สัณฐานภายในของคาร์บอนจากดอกธูปฤาษีที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM

ตารางที่ 6 การทดสอบการกันความร้อน

เวลา (นาที)	อัตราส่วนของตัวอย่างเถ้าแกลบ/อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)									
	100:0		98:2		96:4		94:6		92:6	
	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง	บน	ล่าง
0	29.1	26.2	28.7	25.6	29.8	26.8	29.6	26.2	30.4	26.2
5	29.7	25.8	29.2	25.5	30.2	26.9	30.6	26.5	30.6	26.8
10	30.0	25.9	29.3	25.7	30.4	26.9	30.6	26.6	30.6	27.0
15	30.2	26.1	29.5	25.8	30.4	26.9	30.7	26.6	31.1	27.2
20	30.3	26.3	29.6	25.9	30.4	26.8	30.7	26.6	31.1	27.2
25	30.4	26.4	29.6	25.8	30.5	26.9	30.6	26.6	31.3	27.4
30	30.4	26.5	29.7	26.0	30.5	26.8	30.7	26.6	31.4	27.4
35	30.3	26.5	29.6	25.9	30.2	26.7	30.5	26.5	31.4	27.4
40	30.5	26.4	29.6	26.0	30.4	26.8	30.6	26.6	31.5	27.5
45	30.4	26.4	29.7	26.0	30.4	26.7	30.6	26.6	31.5	27.4
50	30.3	26.3	29.7	26.0	30.3	26.6	30.5	26.6	31.4	27.4
55	30.2	26.3	29.8	26.0	30.2	26.5	30.6	26.6	31.4	27.4
60	30.2	26.3	29.6	25.3	30.1	26.4	30.5	26.5	31.4	27.4

ความร้อนแสดงดังตารางที่ 7 จากตารางที่ 7 ผลปรากฏว่า อัตราการนำความร้อนในแต่ละอัตราส่วนมีค่าอยู่ในช่วง 0.17-0.18 วัตต์ ซึ่งทั้ง 5 อัตราส่วนมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากแหล่งให้ความร้อนมีกำลังเท่ากัน คือ 18 วัตต์ และอุณหภูมิของฉนวนที่แตกต่างกัน 3-4 องศาเซลเซียสในแต่ละอัตราส่วน ดังนั้น จึงไม่สามารถใช้การทดสอบการกันความร้อนในการคัดเลือกฉนวนกันความร้อนที่ดีที่สุดได้ เนื่องจากค่าอัตราการนำความร้อนในแต่ละอัตราส่วนมีค่าใกล้เคียงกัน

สรุปผลการวิจัย

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของวัสดุเชิงประกอบนาโนจากเถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี เพื่อทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนจากเถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี เพื่อนำไปใช้เป็นฉนวนกันความร้อนภายในบ้านในการวิจัยนี้มีการเก็บรวบรวมการหาค่าความหนาแน่น การลามไฟ การดูดซึมน้ำ และการวิเคราะห์สัณฐานวิทยา ผลจากการวิจัย พบว่า ฉนวนกันความร้อนที่มีอัตราส่วน 94:6 มีค่าความหนาแน่นสูงสุดและสามารถป้องกันการลามไฟได้ ส่วนฉนวนกัน

ตารางที่ 7 ตารางแสดงข้อมูลอัตราการนำความร้อน

เวลา (นาที)	อัตราส่วนของตัวอย่างเถ้าแกลบ/อัตราการนำความร้อน (W)				
	100:0	98:2	96:4	94:6	92:8
0	0.1794	0.1792	0.1800	0.1738	0.1792
5	0.1794	0.1771	0.1782	0.1755	0.1755
10	0.1774	0.1800	0.1771	0.1742	0.1800
15	0.1774	0.1771	0.1771	0.1755	0.1794
20	0.1742	0.1771	0.1800	0.1755	0.1794
25	0.1742	0.1796	0.1800	0.1742	0.1794
30	0.1794	0.1771	0.1728	0.1755	0.1742
35	0.1796	0.1771	0.1771	0.1742	0.1742
40	0.1744	0.1800	0.1800	0.1742	0.1742
45	0.1742	0.1771	0.1771	0.1742	0.1755
50	0.1742	0.1771	0.1728	0.1794	0.1742
55	0.1794	0.1796	0.1728	0.1742	0.1742
60	0.1794	0.1773	0.1728	0.1742	0.1755

ความร้อนที่มีอัตราส่วน 92:8 ใช้เวลาในการดูดซึมน้ำนานที่สุด จากนั้น ทำการวิเคราะห์สัณฐานของฉนวนภายนอกและพื้นผิวภายในของเถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี พบว่าสัณฐานภายนอกที่ได้มีรูพรุน และสัณฐานภายในของแกลบมีขนาดระดับนาโนเมตร โดยสัณฐานภายในของคาร์บอนจากดอกธูปฤาษีมีรูพรุนมาก นอกจากนี้ การทดสอบสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนจากเถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษี ผลที่ได้พบว่า อัตราการนำความร้อนในแต่ละอัตราส่วนมีค่าอยู่ในช่วง 0.17-0.18 วัตต์ และความต่างของอุณหภูมิด้านบนและด้านล่างของฉนวนตัวอย่างมีค่าประมาณ 4 องศาเซลเซียส

มีความเป็นไปได้ที่จะนำเถ้าแกลบจากการวิจัยนี้ไปใช้เป็นฉนวนกันความร้อนภายในบ้าน เนื่องจากฉนวนกันความร้อนที่ได้ มีการลามไฟที่น้อย สามารถป้องกันการลามไฟที่ดีได้ นอกจากนี้ ฉนวนกันความร้อนยังใช้เวลาในการดูดซึมน้ำที่นานและสามารถป้องกันการนำความร้อนได้

ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากวัสดุเชิงประกอบนาโนจากเถ้าแกลบผสมคาร์บอนจากดอกธูปฤาษีผู้ศึกษามีข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

1. การหาค่าความหนาแน่นควรมีปริมาตรที่เท่ากันทั้ง 5 อัตราส่วน ซึ่งความแตกต่างของปริมาตรอาจมีผลมาจากการผสมวัตถุดิบในการขึ้นรูป

2. การทดสอบการป้องกันความร้อนนั้น ควรทดสอบในช่วงเวลาเดียวกัน หากมีงบประมาณควรสร้างตู้ทดสอบให้พอกับจำนวนฉนวนที่ต้องการทดสอบ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร. โรชวรรณา เชฟโฆลาม และอาจารย์ปิยศิริ สุนทรนนท์ สินไชย อาจารย์ประจำรายวิชาการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจแก้ไข และให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ให้งานวิจัยมีความให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจและทุ่มเทของอาจารย์และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ดี ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาในการเอื้ออำนวยเครื่องมือในการทำการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ Science Mathematics Program (SMP) มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่อำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือในการทำการทดลอง

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดู ตลอดจนส่งเสริมการศึกษา และให้กำลังใจเป็นอย่างดี อีกทั้งขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา และขอขอบพระคุณเจ้าของเอกสารและงานวิจัยทุกท่านที่ผู้วิจัยค้นคว้าได้นำมาอ้างอิง ในการทำวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] คณวุฒิ ประมวลวุฒิรณ และจักรพันธ์ อร่ามพงษ์พันธ์, “การพัฒนาวัสดุนาโนคอมโพสิตพลาสติกชีวภาพในกระบวนการอัดขึ้นรูปด้วยการออกแบบการทดลอง,” ใน *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ*, เพชรบุรี, น. 1305 - 1312, 2555.

[2] นิภาวรรณ กุลสุวรรณ และบรรพต กุลสุวรรณ, “วัสดุกันความร้อนฝ้าเพดานจากวัสดุเชิงประกอบนาโนระหว่างดินขาวตามธรรมชาติและคาร์บอน,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 25, ฉ. 4, น. 703 -713, 2560.

[3] พิมพ์นิภา สวนสมบุญ และมะลิวรรณ บุญรักษ์, “การผลิตและการศึกษาสมบัติของซิลิกาเจลจากชานอ้อยที่ผ่านการแช่กรดไฮโดรคลอริก,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,* ปีที่ 27, ฉ. 2, น. 227-237, 2562.

[4] ภัทรนันท์ ทวดอาจ, “การศึกษานาโนซิลิกาจากของเหลือทิ้งทางการเกษตรสู่วัสดุเชิงพาณิชย์,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 20, ฉ. 1, น. 188-202, 2561.

[5] โรสลีนา จาราแว, *การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจาพืชในเขตท้องถิ่น*. ยะลา: คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 2559.

[6] หฤทภัค กีรติเสวี, ฉัตรชัย วีระนิติสกุล และอภิรัตน์ เลาห์บุตรี, “ภาพรวมของวัสดุเชิงประกอบ,” *วิศวกรรมสาร มก.*, ปีที่ 22, ฉ. 70, น. 18-32, 2552.

[7] อนุภา สกุลพาณิชย์, “การพัฒนาฉนวนกันความร้อนสู่อาคารจากซังข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติ,” ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม, 2558.