

ความเป็นไปได้ทางเทคนิคสำหรับการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียน

Technical feasibility for thermal insulation production from durian peel

ปานใจ สื่อประเสริฐสิทธิ์^{1*}, ชิตชนนตรี บุญเฉลียว², สุทธาทิพย์ จันท์ศิริ²
Panjai Saueprasearsit^{1*}, Chitchanate Boonchaleaw², Sutthathip Junsiri²

Received: 28 April 2020 ; Revised: 15 June 2020 ; Accepted: 30 June 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อศึกษาการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียนโดยปัจจัยที่สำคัญ คือ อัตราส่วนระหว่างเปลือกทุเรียนและน้ำยางพาราซึ่งประกอบด้วยอัตราส่วน 1 : 4, 1 : 3, 1 : 2 และ 1 : 1 (โดยปริมาตร; เปลือกทุเรียน: น้ำยางพารา) โดยพิจารณาอัตราส่วนที่เหมาะสมจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของแผ่นฉนวนกันความร้อน ประกอบด้วย ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การพองตัวตามความหนา ความต้านแรงดัด โมดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า โดยพิจารณาวิธีการตรวจวัดตามมาตรฐาน (มอก.876-2547) นอกจากนี้ มีการศึกษาสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อนโดยอาศัยกฎของ Fourier จากผลการศึกษา พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของเปลือกทุเรียน: น้ำยางพารา คือ อัตราส่วนที่ 1 : 3 โดยปริมาตร โดยแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตได้มีคุณสมบัติที่สำคัญผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 และมีสัมประสิทธิ์ การนำความร้อนเท่ากับ 0.1227 ± 0.0057 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน จากผลการศึกษาทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุทางเลือกในการก่อสร้างได้

คำสำคัญ: แผ่นฉนวนกันความร้อน เปลือกทุเรียน น้ำยางพารา

Abstract

This research aimed to study the production of thermal insulation from durian peel. The significant factor was the ratio of durian peel to liquid rubber. The ratios consisted of 1 : 4, 1 : 3, 1 : 2 and 1 : 1 (V/V; durian peel: liquid rubber). The appropriate ratio was deduced from physical and mechanical properties (density, moisture content, thickness swelling, flexural strength, modulus of elastic, and tensile strength) of produced thermal insulation. These parameters were measured according to TIS standard (TIS 876-2004). Furthermore, the thermal conductivity of the produced thermal insulation was tested using Fourier's law. The results indicated that the optimal ratio of durian peel to liquid rubber was 1 : 3 (V/V) and the significant properties were in line with the TIS 876-2004 standard. The thermal conductivities were 0.1227 ± 0.0057 W/m.K. From the results, it can be concluded that the thermal insulation from durian peel is applicable as an alternative building material.

Keywords: Thermal insulation, Durian peel, Liquid rubber

^{1*} ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

² นิสิตระดับปริญญาตรี, คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

^{1*} Asst. Prof., Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University, Kantarawichai District, MahaSarakhm 44150, Thailand.
Email: panjai.s@hotmail.com

² Bachelor Degree Student, Faculty of Environment and Resource Studies, Mahasarakham University, Kantarawichai District, MahaSarakhm 44150, Thailand.

บทนำ

ในปัจจุบันแผ่นฉนวนกันความร้อนถือเป็นวัสดุที่สำคัญในการก่อสร้างอาคาร บ้านพักอาศัยและโรงงานอุตสาหกรรม โดยแผ่นฉนวนกันความร้อนจะช่วยให้การลดการส่งผ่านความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคาร ช่วยในการรักษาอุณหภูมิให้คงสภาพที่ต้องการซึ่งจะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งหรือการทำงานของเครื่องปรับอากาศ อันจะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานได้อีกทางหนึ่ง¹ ซึ่งแผ่นฉนวนกันความร้อนที่นิยมใช้ส่วนใหญ่ผลิตมาจากวัสดุสังเคราะห์ประเภทใยแก้ว อย่างไรก็ตามมีการรายงานของกองอนามัยสิ่งแวดล้อม ในปี 2539 ว่า เส้นใยแก้วสามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพและร่างกายของผู้ใช้ได้หากมีการสัมผัสหรือหายใจเอาฝุ่นของเส้นใยเข้าไป โดยอาจทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพองหรือโรคมะเร็งหลอดลม² ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีลักษณะเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่ย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติและไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์มาใช้ทดแทนในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนเส้นใยดังกล่าว คือ เส้นใยเปลือกทุเรียน เป็นที่ทราบกันดีว่า ทุเรียนจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ทำให้ในแต่ละปีมีเปลือกทุเรียนที่เหลือทิ้งจากการบริโภค/การค้าทุเรียนเป็นจำนวนมากที่จำเป็นต้องหาวิธีการจัดการให้ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการนำเปลือกทุเรียนมาใช้ประโยชน์นอกจากเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้ง (Waste Utilization) แล้วยังจัดว่าเป็นการจัดการวัสดุเหลือทิ้ง (Waste Management) และนอกจากเส้นใยเปลือกทุเรียนแล้วในงานวิจัยนี้ได้มีการใช้น้ำยางพาราเข้มข้นร้อยละ 60 มาทดแทนการใช้พอร์มัลดีไฮด์ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสภาพแวดล้อม³ อีกทั้งการใช้น้ำยางพารายังเป็นการช่วยสนับสนุนการใช้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรทำให้เกิดการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรชาวสวนยางพาราได้อีกทางหนึ่ง

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา⁴

การเตรียมเส้นใยเปลือกทุเรียน

เปลือกทุเรียน ซึ่งเป็นวัสดุดิบตั้งต้นในการเตรียมเส้นใยเปลือกทุเรียน เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากร้านค้าทุเรียนในพื้นที่ใกล้เคียงมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งในขั้นตอนแรกจะนำเปลือกทุเรียนมาตากแดดเพื่อเป็นการลดความชื้นจากนั้นนำไปต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 30 นาที แล้วทำการล้างด้วยน้ำเปล่าให้สะอาดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่สารบอแรกซ์ ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) ความเข้มข้นร้อยละ 10 นาน 30 นาที นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำเส้นใยเปลือกทุเรียนที่ได้ไปทำการบดด้วยเครื่องบดวัสดุให้มีขนาดเล็กแล้วนำมาร้อนผ่านตะแกรงร่อนขนาดเบอร์ 10 (2 มิลลิเมตร)

การเตรียมน้ำยางพารา

น้ำยางพาราที่ใช้เป็นตัวประสานในงานวิจัยนี้ เป็นน้ำยางพาราความเข้มข้นร้อยละ 60 ซึ่งในการใช้งานจะมีการนำไปผสมกับแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 ซึ่งเป็นสารช่วยให้น้ำยางแข็งตัว และ สารพาราฟินอิมัลชันความเข้มข้นร้อยละ 7

การอัดขึ้นรูป

ในการอัดขึ้นรูปผู้วิจัยจะทำการผสมเส้นใยเปลือกทุเรียนกับน้ำยางพาราในอัตราส่วนที่ทำการศึกษาซึ่งประกอบด้วย 1 : 4, 1 : 3, 1 : 2 และ 1 : 1 โดยปริมาตรจากนั้นทำการเทวัสดุผสมใส่แบบพิมพ์ที่จัดทำขึ้นตามขนาดที่กำหนดไว้ในมาตรฐานอุตสาหกรรมการผลิตไม้อัดแผ่นราบ (มอก.876-2547)⁵ อย่างไรก็ตามเพื่อป้องกันปัญหาการขึ้นรูปได้ไม่เต็มแบบพิมพ์ จึงได้มีการจัดทำแม่พิมพ์ที่มีระยะความหนาเป็น 2 เท่าของขนาดมาตรฐาน แต่เมื่อใส่วัสดุและนำไปกดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกจะทำให้ได้แผ่นฉนวนกันความร้อนตามขนาดที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน โดยในการขึ้นรูปจะใช้แรงกดที่มีขนาดเท่ากันที่ 750 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปลดปล่อยไว้เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำ แผ่นฉนวนกันความร้อนที่ได้ออกจากแบบพิมพ์แล้วนำมาผึ่งลมให้แห้ง

การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นฉนวนกันความร้อน

คุณสมบัติของแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย คุณสมบัติทางกายภาพคุณสมบัติทางกลและสมบัติประสิทธิภาพการนำความร้อนโดยทำการศึกษาตามวิธีการที่กำหนดไว้ในมอก. 876-2547⁵ และกฎของ Fourier⁶

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการพองตัวตามความหนา

ความหนาแน่น

นำแผ่นฉนวนกันความร้อนขนาด $50 \times 50 \times 20$ มิลลิเมตร มาทำการชั่งน้ำหนัก และคำนวณหา ความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อนจาก สมการ (1)

$$\rho = m/V \quad (1)$$

โดย

ρ = ความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

m = มวลของแผ่นฉนวนกันความร้อน (กิโลกรัม)

V = ปริมาตรของแผ่นฉนวนกันความร้อน (ลูกบาศก์เมตร)

ปริมาณความชื้น

นำแผ่นฉนวนกันความร้อนขนาด 50 x 50 x 20 มิลลิเมตร มาชั่งก่อนอบแล้วทำการบันทึกค่าอบแผ่นฉนวนกันความร้อนในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 ± 2 องศาเซลเซียส จนได้มวลคงที่ คือ มวลของแผ่นฉนวนกันความร้อนเมื่อชั่ง 2 ครั้งเป็นเวลาห่างกัน 6 ชั่วโมง ต้องไม่แตกต่างกันเกินร้อยละ 0.1 ของมวลของแผ่นฉนวนกันความร้อน นำไปใส่ในตู้อบความชื้นปล่อยให้เย็น จากนั้นชั่งแผ่นฉนวนกันความร้อน เป็นมวลของ แผ่นฉนวนกันความร้อนหลังอบแห้ง ทำการคำนวณหาปริมาณความชื้นของแผ่นฉนวนกันความร้อนได้จากสมการ (2)

$$H = ((m_1 - m_2)/m_2) \times 100 \quad (2)$$

โดยที่

H = ปริมาณความชื้นของแผ่นฉนวนกันความร้อน (ร้อยละ)

m_1 = มวลแผ่นฉนวนกันความร้อนก่อนอบ (กรัม)

m_2 = มวลแผ่นฉนวนกันความร้อนหลังอบ (กรัม)

การพองตัวตามความหนา

นำแผ่นฉนวนกันความร้อนขนาด 50 x 50 x 20 มิลลิเมตร มาวัดความหนาแล้วทำเครื่องหมายตำแหน่งที่วัดให้ชัดเจนความหนาที่วัดได้จะเป็นความหนาที่วัดก่อนแช่น้ำ จากนั้นนำแผ่นฉนวนกันความร้อนไปแช่ในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส (โดยตั้งแผ่นฉนวนกันความร้อนให้ได้ฉากกับระดับผิวน้ำให้ขอบบนอยู่ใต้ระดับผิวน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร และแต่ละแผ่นต้องห่างจากกัน และต้องห่างจากผนังและกันภาชนะที่ใส่ไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร) นาน 1 ชั่วโมง นำแผ่นฉนวนกันความร้อนขึ้นมาซับน้ำให้หมดด้วยผ้า แล้วปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องโดยวางให้ขอบด้านใดด้านหนึ่งอยู่บนแผ่นวัสดุที่ไม่ดูดซึมน้ำ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำแผ่นฉนวนกันความร้อนขึ้นมาวัดความหนาที่ตำแหน่งเดิม เป็นความหนาหลังแช่น้ำคำนวณหาการพองตัวตามความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อนได้จากสมการ (3)

$$TS = ((t_2 - t_1) / t_1) \times 100 \quad (3)$$

โดยที่

TS = การพองตัวตามความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อน (ร้อยละ)

t_1 = ความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อนก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)

t_2 = ความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อนหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)

คุณสมบัติทางกล

คุณสมบัติทางกลที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย ความต้านแรงดัด มอดูลัสยืดหยุ่น และความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ความต้านแรงดัด และมอดูลัสยืดหยุ่น

นำแผ่นฉนวนกันความร้อนขนาด 50 x 300 x 20 มิลลิเมตร มาวางบนแท่งรองรับของเครื่อง Universal Testing Machine ซึ่งมีระยะห่างกัน 250 มิลลิเมตร (มาตรฐานกำหนดให้ไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร) ให้ปลายแผ่นฉนวนกันความร้อนยื่นออกไปจากจุดที่รองรับข้างละประมาณ 25 มิลลิเมตร ให้แรงกดลงที่จุดกึ่งกลางของแผ่นฉนวนกันความร้อนโดยมีอัตราการเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มกดจนกระทั่งแผ่นฉนวนกันความร้อนหัก โดยเวลาดังกล่าวต้อง ไม่น้อยกว่า 30 วินาที แต่ไม่มากกว่า 90 วินาที ความเร็วในการกดประมาณ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที คำนวณหาความต้านแรงดัดของแผ่นฉนวนกันความร้อนได้จากสมการ (4)

$$F_m = 3 F_{max} l_1 / (2 b t^2) \quad (4)$$

คำนวณหามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นฉนวนกันความร้อนได้จากสมการ (5)

$$E_m = I_1^3 (F_2 - F_1) / (4 b t^3 (a_2 - a_1)) \quad (5)$$

โดยที่

F_m = ความต้านแรงดัดของแผ่นฉนวนกันความร้อน (เมกะพาสคัล)

F_{max} = แรงกดสูงสุดที่แผ่นฉนวนกันความร้อนรับได้ (นิวตัน)

$F_2 - F_1$ = แรงกดที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟระหว่างการแอ่นตัวและแรงกดเป็นเส้นตรง (นิวตัน)

l_1 = ระยะห่างของแท่งรองรับ (มิลลิเมตร)

b = ความกว้างที่จุดกึ่งกลางด้านยาวของแผ่นฉนวนกันความร้อน (มิลลิเมตร)

t = ความหนาที่จุดกึ่งกลางของแผ่นฉนวนกันความร้อน (มิลลิเมตร)

E_m = มอดุลัสยืดหยุ่นของแผ่นฉนวนกันความร้อน (เมกะพาสคัล)

$a_2 - a_1$ = ระยะแฉ่งตัวที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่เส้นกราฟเป็นเส้นตรง (มิลลิเมตร)

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

นำแผ่นฉนวนกันความร้อน ขนาด 50 x 50 x 20 มิลลิเมตร มาตัดผิวหน้าทั้งสองของแผ่นฉนวน กันความร้อน กับแผ่นดิ่ง โดยใช้กาวสังเคราะห์ที่ให้ แรงยึดระหว่างแผ่นฉนวนกันความร้อนกับแผ่นดิ่งได้มากกว่าแรงยึดในแผ่นฉนวนกันความร้อน จากนั้น นำแผ่นฉนวนกันความร้อนที่เตรียมได้ ไปเข้าเครื่อง Universal Testing Machine ดึงให้แผ่นฉนวนกันความร้อนแยกออกจากกัน โดยใช้อัตราการเพิ่มแรงดึงที่สม่ำเสมอ และเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มดึงจนกระทั่งแผ่นฉนวนกันความร้อนแยกออกจากกันต้องไม่น้อยกว่า 30 วินาทีแต่ไม่มากกว่า 90 วินาที คำนวณหา ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นฉนวน กันความร้อนได้จากสมการ (6)

$$IB = F / (W \times L) \quad (6)$$

โดยที่

IB = ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นฉนวนกันความร้อน (เมกะพาสคัล)

F = แรงดึงที่มากกระทำ (นิวตัน)

W = ความกว้างของแผ่นฉนวนกันความร้อน (มิลลิเมตร)

L = ความยาวของแผ่นฉนวนกันความร้อน (มิลลิเมตร)

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

นำแผ่นฉนวนกันความร้อน ขนาด 100 x 100 x 50 มิลลิเมตร มาทำให้ความร้อนที่ด้านหนึ่งของแผ่นฉนวนกันความร้อน โดยแหล่งกำเนิดความร้อน คือ หลอดไฟขนาด 100 วัตต์ ในขณะที่ทำการทดลองจะมีการควบคุมปัจจัยที่อาจจะทำให้การทดลองคลาดเคลื่อนโดยทำการทดลองในพื้นที่ปิดทำการวัดอุณหภูมิที่ผิวหน้าของ แผ่นฉนวนกันความร้อนด้านที่ได้รับความร้อน (T_1) และด้านตรงกันข้าม (T_2) ทุก 5 นาที จนกว่าอุณหภูมิที่วัดได้จะมีค่าคงที่ จากนั้นนำอุณหภูมิที่วัดได้ของทั้งสองด้านของแผ่นฉนวนกันความร้อนไปใช้ในการ

คำนวณตามหลักการของ Fourier's law⁶ ตามสมการ (7)

$$q = -k (T_1 - T_2) / \Delta x \quad (7)$$

เมื่อ

q = ฟลักซ์ความร้อน (วัตต์ต่อตารางเมตร)

k = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน)

T_1 = อุณหภูมิของแผ่นฉนวนกันความร้อนด้านที่ได้รับความร้อน (เคลวิน)

T_2 = อุณหภูมิของแผ่นฉนวนกันความร้อนด้านตรงกันข้ามกับด้านที่ได้รับความร้อน (เคลวิน)

Δx = ความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อน (เมตร)

ผลการศึกษา

ความหนาแน่น

ความหนาแน่นจัดว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่มีผลต่อ คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางกล ตลอดจนสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวน กันความร้อน ซึ่งผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า โดยทั่วไปวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงจะมีสัมประสิทธิ์การนำ ความร้อนสูง^{4,7} จากผลการศึกษาความหนาแน่นของ แผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียนที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 539 - 583 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลการศึกษาแสดงดัง Figure 1

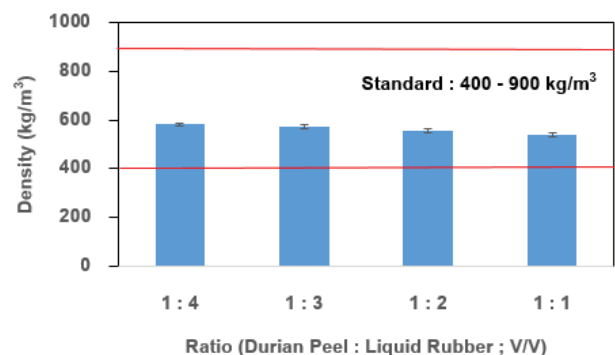


Figure 1 Density of thermal insulations

จาก Figure 1 พบว่า เมื่ออัตราส่วนของน้ำยางพาราลดลงจะทำให้ความหนาแน่นของแผ่นฉนวน กันความร้อนมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้ เนื่องมาจากการลดลงของน้ำยางพาราซึ่งเป็นตัวประสาน ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยเปลือก

ทุเรียนมีค่าลดลง ทำให้เกิดการยึดจับกันอย่างหลวมๆ ก่อให้เกิดช่องว่างหรือ รูพรุนในแผ่นฉนวนกันความร้อนเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อนลดลง และเมื่อนำความหนาแน่นที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ระหว่าง 400 - 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่า ความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อนทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นจัดเป็นคุณสมบัติที่มีผลต่ออายุการใช้งานของแผ่นฉนวนกันความร้อน เนื่องจากแผ่นฉนวนกันความร้อนมีปริมาณความชื้นมากอาจก่อให้เกิดเชื้อราส่งผลต่อสุขภาพของผู้ใช้งาน และส่งผลให้อายุการใช้งานของแผ่นฉนวนกันความร้อนลดลง⁸ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติดังกล่าว ซึ่งจากการศึกษาปริมาณความชื้นของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียน พบว่า มีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 6.71 - 8.93 ผลการศึกษาแสดงดัง Figure 2

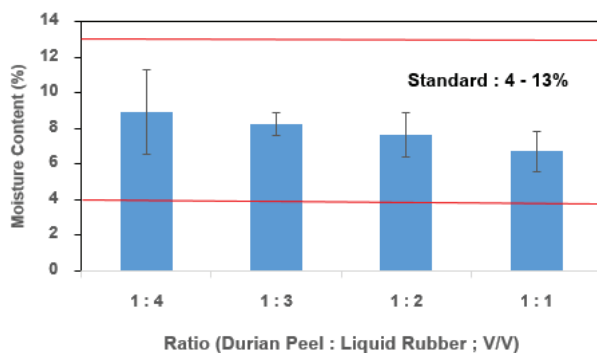


Figure 2 Moisture content of thermal insulations

จาก Figure 2 พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนจะมีปริมาณความชื้นลดลงเมื่ออัตราส่วนของน้ำยางพาราลดลง ทั้งนี้ เนื่องจากน้ำยางพาราเข้มข้น ร้อยละ 60 มีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก⁹ ดังนั้นการลดอัตราส่วนของน้ำยางพาราจึงเป็นการลดปริมาณน้ำหรือปริมาณความชื้นของแผ่นฉนวนกันความร้อนได้ และ เมื่อนำปริมาณความชื้นที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ระหว่างร้อยละ 4-13 พบว่า ปริมาณความชื้นของแผ่นฉนวนกันความร้อนทุกอัตราส่วน ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

การพองตัวตามความหนา

การพองตัวตามความหนาเป็นคุณสมบัติที่บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (ขยายตัว) ของแผ่นฉนวน กันความร้อนเมื่อได้รับปริมาณน้ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญที่มีผลต่ออายุ

การใช้งานของแผ่นฉนวนกันความร้อน ซึ่งจากการศึกษาการพองตัวตามความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียน พบว่า มีการพองตัวตามความหนาอยู่ระหว่างร้อยละ 7.74 – 9.86 ผลการศึกษาแสดงดัง Figure 3

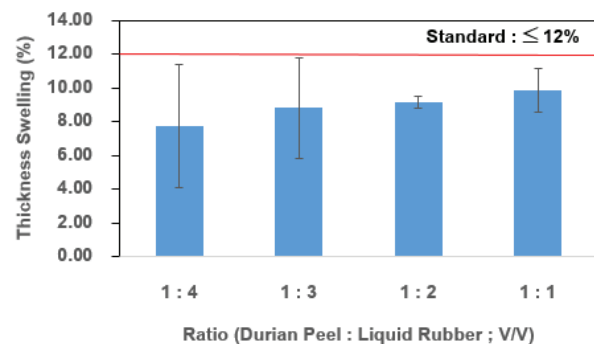


Figure 3 Thickness swelling of thermal insulations

จาก Figure 3 พบว่า การพองตัวตามความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อนมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่ออัตราส่วนของน้ำยางพาราลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อน้ำยางพาราลดลง ทำให้โมเลกุลของน้ำสามารถเข้าไปแทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างเส้นใยหรือแทรกในรูพรุนของเส้นใยหรือดูดซึมน้ำได้มากขึ้น¹⁰ ทำให้แผ่นฉนวนกันความร้อนเกิดการพองตัวได้มากขึ้นและเมื่อนำการพองตัวตามความหนาที่ได้เปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ไม่เกินร้อยละ 12 พบว่า การพองตัวตามความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อนทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ความต้านแรงดัด

ด้วยลักษณะการใช้งานของแผ่นฉนวนกัน ความร้อนที่ติดกับผนังหรือฝ้าเพดาน จึงอาจมีกรณีหรือสถานการณ์ต่างๆ ที่ทำให้แผ่นฉนวนกันความร้อนจะต้องรับแรงดัดมากระทำ เช่น การติดตั้งหรืออุปกรณ์กับ ฝ้าเพดานทำให้มีน้ำหนักถ่วงหรือแรงดัดในแนวดิ่ง เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาความต้านแรงดัดของแผ่นฉนวนกันความร้อนซึ่งจากการศึกษาความต้านแรงดัดของแผ่นฉนวนกันความร้อนจาก เปลือกทุเรียน พบว่าความต้านแรงดัดอยู่ในช่วง 10.53 – 14.35 เมกะพาสคัล ผลการศึกษาแสดงดัง Figure 4

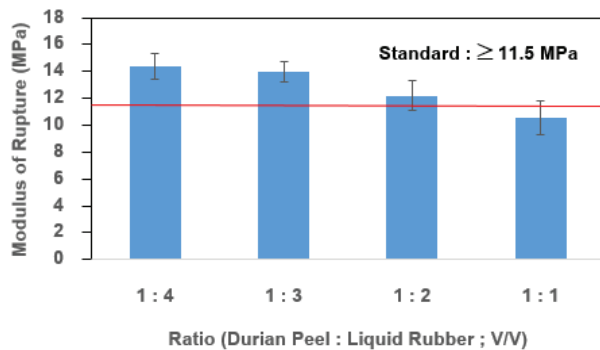


Figure 4 Modulus of rupture of thermal insulations

จาก Figure 4 พบว่า ความต้านแรงดัดของแผ่นฉนวนกันความร้อนจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของน้ำยางพาราลดลง ทั้งนี้เนื่องจากแรงดัดของน้ำยางพาราทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยเปลือกทุเรียนลดลง ดังนั้นเมื่อมีแรงมากกระทำจึงทำให้แผ่นฉนวนกัน ความร้อนเกิดการเปลี่ยนแปลง (หัก) ได้ง่ายขึ้น และเมื่อนำความต้านแรงดัดที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ความต้านแรงดัดต้องไม่น้อยกว่า 11.5 เมกะพาสคัล พบว่า ความต้านแรงดัดของแผ่นฉนวนกันความร้อนที่อัตราส่วนที่อัตราส่วน 1 : 4 - 1 : 2 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

มอดูลัสยืดหยุ่น

มอดูลัสยืดหยุ่นเป็นคุณสมบัติที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการคงรูปของแผ่นฉนวนกันความร้อนเมื่อมีแรงดัดมากกระทำ โดยแผ่นฉนวนกันความร้อนที่มีมอดูลัสยืดหยุ่นมากจะทนทานต่อแรงดัดที่มากกระทำได้ดี เสียรูปร่างเดิมได้ยากกว่าแผ่นฉนวนกันความร้อนที่มี มอดูลัสยืดหยุ่นน้อย⁸ ซึ่งจากการศึกษาโมดูลัสยืดหยุ่นจากแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียน พบว่า มอดูลัสยืดหยุ่นอยู่ในช่วง $36.83 - 50.93 \times 10^3$ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) ผลการศึกษาแสดงดัง Figure 5

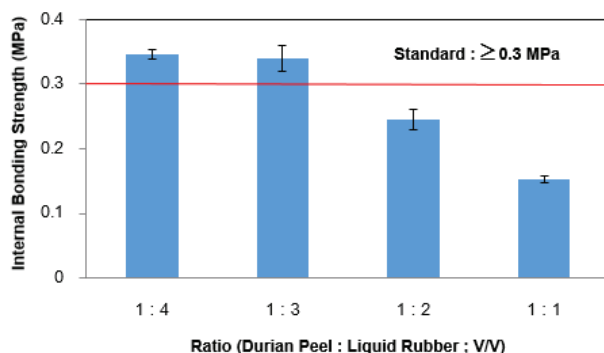


Figure 5 Modulus of elasticity of thermal insulations

จาก Figure 5 พบว่า มอดูลัสยืดหยุ่นของ แผ่นฉนวนกันความร้อนลดลงเมื่ออัตราส่วนของ น้ำยางพาราลดลง ทั้งนี้เนื่องจากแรงดัดของน้ำยางพาราทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยเปลือกทุเรียนดัดที่กล่าวข้างต้น รวมถึงการลดลงของน้ำยางพาราที่จัดว่าเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ให้ความยืดหยุ่นสูงที่เป็นองค์ประกอบ และเมื่อเปรียบเทียบกับมอดูลัสยืดหยุ่นที่ได้กับมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่มอดูลัสยืดหยุ่นต้องอยู่ในช่วง $25 - 125 \times 10^3$ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)⁹ พบว่า มอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นฉนวนกันความร้อนทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าเป็นคุณสมบัติทางกลที่สำคัญที่ทำให้ทราบว่าแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตได้มีการยึดเหนี่ยวภายในมากน้อยเพียงใด เป็นค่าที่ใช้ประเมินความแข็งแรงของแผ่นฉนวนกันความร้อนภายใต้สภาพแวดล้อมในการใช้งาน ซึ่งจากการศึกษาความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของ แผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียน พบว่า อยู่ในช่วง 0.153 – 0.346 เมกะพาสคัล ผลการศึกษาแสดงดัง Figure 6

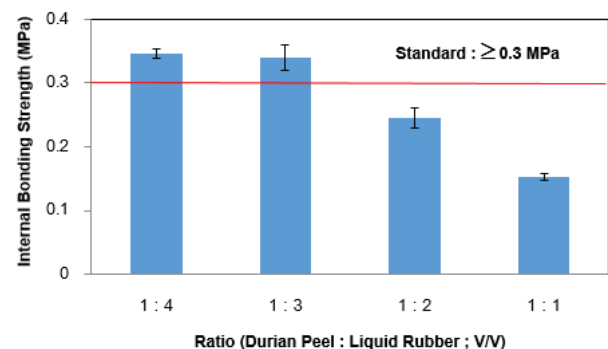


Figure 6 Internal bonding strength of thermal insulations

จาก Figure 6พบว่า ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นฉนวนกันความร้อนมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนของน้ำยางพาราลดลง ทั้งนี้ เนื่องจากการลดน้ำยางพาราดังกล่าวจะทำให้แรงยึดประสานภายในของเส้นใยเปลือกทุเรียนลดลง¹¹ และเมื่อนำ ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ได้มีการกำหนดไว้ที่ไม่น้อยกว่า 0.30เมกะพาสคัลพบว่า ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นฉนวนกันความร้อนที่อัตราส่วน 1 : 4 และ 1 : 3 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกล เมื่อนำมาวิเคราะห์หาอัตราส่วนที่เหมาะสมพบว่า อัตราส่วน 1 : 3 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดทั้งนี้

เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลผ่านเกณฑ์มาตรฐานทุกคุณสมบัติ และมีการใช้เส้นใยเปลือกทุเรียนที่มาจากวัสดุเหลือทิ้งที่ต้องการจัดการมากกว่าเมื่อเทียบกับอัตราส่วน 1 : 4 ที่มีคุณสมบัติทุกคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานเช่นกัน นอกจากนี้ การเลือกอัตราส่วนดังกล่าวยังส่งผลดีด้านต้นทุนการผลิต เนื่องจากน้ำยางพาราจัดว่าเป็นวัสดุที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อและจัดเตรียม ถือว่าเป็นส่วนของต้นทุนที่สำคัญในการผลิตฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียน

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

นอกจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่บ่งบอกว่าเมื่อนำแผ่นฉนวนกันความร้อนไปใช้งานความร้อนจะส่งผ่านแผ่นฉนวนกันความร้อนเข้ามายังตัวอาคารหรือสิ่งก่อสร้างต่างๆ ได้มากน้อยเพียงใด หรืออีกนัยหนึ่งคือ สามารถบ่งบอกถึงศักยภาพการป้องกันความร้อนของแผ่นฉนวนกัน ความร้อน ซึ่งจากการศึกษาสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ผลิตได้ ณ อัตราส่วนที่เหมาะสม (อัตราส่วน 1 : 3 โดยปริมาตร) พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.1227 ± 0.0057 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของไม้อัด แผ่นยิปซัมแผ่นเรียบ และกระเบื้องแผ่นเรียบ จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนจาก เปลือกทุเรียนมีค่าต่ำกว่าวัสดุทั้งสามชนิด แสดงผลดัง Table 1 แสดงให้เห็นว่าการใช้แผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียนที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้ทดแทนหรือควบคู่กับการใช้แผ่นไม้อัด ยิปซัมบอร์ดหรือกระเบื้องแผ่นเรียบและจะสามารถช่วยลดการนำความร้อนของวัสดุดังกล่าวได้

นอกจากนี้ใน Table 1 เมื่อทำการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียนกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีค่าใกล้เคียงกับแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งชนิดอื่นจากงานวิจัยที่ผ่านมา

Table 1 Thermal conductivity coefficient (k) of materials

Materials	k (W/m.K)
Thermal insulation from durian peel	0.1227
Plywood ¹²	0.169
Gypsum board ¹² (smooth type)	0.204
Tile (smooth type) ¹²	0.242
Rice Straw ¹⁴	0.21
Rice Straw ²¹⁵	0.125
Plastic Waste ¹⁶	0.10 - 0.14

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาทั้งหมด พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจาก เปลือกทุเรียน คือ อัตราส่วน 1 : 3 โดยปริมาตร ซึ่งแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเปลือกทุเรียนที่ผลิตได้มีความหนาแน่น 555.67 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณความชื้นร้อยละ 7.64 การพองตัวตามความหนาร้อยละ 8.80 ความต้านแรงดัด 13.99 เมกะพาสคัล โมดูลัสความยืดหยุ่น 48×10^3 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า 0.339 เมกะพาสคัล และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.1227 ± 0.0057 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876-2547 ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ทางเทคนิคที่จะใช้แผ่นฉนวนกัน ความร้อนจากเปลือกทุเรียนทดแทน/ควบคู่กับ แผ่นฉนวนชนิดอื่น ทั้งนี้การใช้ดังกล่าวยังจะเป็นการช่วยลดการนำความร้อนของวัสดุได้อีกทางหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกล และหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยประกอบการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี

เอกสารอ้างอิง

1. กรองทิพย์ เต็มเกาะ. การทดสอบสภาพนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนคอมโพสิต. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ 2551 ; 60(190) : 9-11.
2. จุฬารัตน์ แซ่ปึง, อมรเทพ เตียเจริญภักดิ์ และภวิตร ภาวะโคตร. การศึกษากำลังรับแรงอัด ค่าการไหลและระยะเวลาการก่อตัวของจีโอโพลิเมอร์มอร์ตาร์ผสมวัสดุนำกลับมาใช้ [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทมหาบัณฑิต]. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น ; 2556.
3. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. คู่มือการจัดการสารเคมี. ได้จาก URL: <http://php.diw.go.th/safety/wp-content/uploads/2015/01/formaldehyde.pdf> [1 มีนาคม 2563]
4. บุญญรัตน์ พิมพ์พร, ปิยวรา แดงนา และปานใจ สือประเสริฐสิทธิ์. การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากฟางข้าว. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัย ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคาม ; 2560. หน้า 358-367.

5. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแผ่นขึ้นไม้อัดชนิต้อตราบ.มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ได้จาก URL: <http://research.rid.go.th/Vijais/moa/fulltext/TIS876-2547.pdf> [1 มีนาคม 2563]
6. กระทรวงพลังงาน. บทที่ 4 หลักการเบื้องต้นของการถ่ายเทความร้อน. ตำราฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (ผชพ) ด้านความร้อน. ได้จาก URL: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Heat/pre_heat_4.pdf [1 มีนาคม 2563]
7. ธนัญชัย ปุณณวรกิจ, พันธดา พุฒิปาโรจน์, วรธรรม อุณจิตติชัย และพรรณจิรา ทิศาวิภาต. ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนของฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. Journal of Achitectural/Planning Research and Studies 2006 ; 4: 3-13.
8. จิตติวัลค์ เลื่อมกาญจนพันธ์. การศึกษาสมบัติเชิงกายภาพสมบัติเชิงกล และสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยกกช้าง [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2555.
9. ปราโมทย์ วีรานุกูล, จักรวัฒน์ เรืองแรงสกุล, สัจจะชาญพรตมะลิ และประชุม คำพุ่ม. การใช้กากมะพร้าว ต้นข้าวโพดและเปลือกทุเรียนเป็นวัสดุประกอบชีวภาพทดแทนไม้ในแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ; 2554.
10. ฉันทิตติ คำนวนทิพย์ และมนทิพย์ ล้อสุริยนต์. แผ่นอัดจากใยมะพร้าว ชานอ้อย และแกลบ [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ; 2550.
11. กิตติศักดิ์ บัวศรี. การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ; 2544.
12. อาปิติน ดะแซสาเมาะ, อีรฟาน ยูโซะ, อีเลียส มูยา อีเลียส มูยา, อนันท์ ดอเลาะ และคอดีเยาะ เจ๊ะและ. การพัฒนาอุปกรณ์วัดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสำหรับวัสดุก่อสร้าง. ได้จาก URL: http://qa.yru.ac.th/cheqa/qadoc/Science/school%20year_2556/elements-4/indicat-5/sci_5-7.pdf [1 มีนาคม 2563]
13. Cetiner, I. and Shea, A. D. Wood waste as an alternative thermal insulation for buildings. Energy & Buildings, 2018 ; 168: 374-384.
14. Hareedy, N.Z., Nasar, E.S., Sadek, E.F. Properties and Performance of Normal Pressed Rice Straw Thermal Insulation Boards. Internation Journal of Scientific & Engineering Research, 2019 ; 10(6) : 837-844.
15. รจนา ณะศรี และสุภัทรา คนงาม. การผลิตแผ่นฉนวนเส้นใยธรรมชาติจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร [วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ; 2558.
16. นิรา น้อยยะ, ศุภามาศ หล้าหา และปานใจ สือประเสริฐสิทธิ์. การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากขยะพลาสติก. ในงานประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 2 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ; 2562. 123-135.