

หลังคาเขียวจากกล่องนมที่ใช้แล้วผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

Green Roof by using Beverage Waste (Drink Boxes)

Mixed with Agricultural Residues

ชัชชติภัส เดชจิรมณี¹ พรชัย ขันทะวงศ์¹ นิชาภา มินาบุญ² และทัศนีย์ ต้นดี²
Chutchatiput Dachjiramanee¹, Pornchai Kuntawong¹, Nichapha Minaboon² and Tusanee Tondee²
¹วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

¹College of Innovation Management, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

²คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

²Faculty of Architecture and Design, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Received: February 7, 2019

Revised: March 19, 2019

Accepted: March 21, 2019

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้วผสมของเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อผลิตกระเบื้องหลังคาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อัตราส่วนการผสมของกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้วผสมของเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ชานอ้อย ฟางข้าว และธูปฤาษี เท่ากับ 5, 10, 20 และ 30% โดยน้ำหนักของ ผลการวิจัยพบว่าการผลิตกระเบื้องหลังคาจากพลาสติกฟอยล์จากกล่องเครื่องดื่มที่ผสมร่วมกับของเหลือใช้ทางการเกษตรมีคุณภาพใกล้เคียงกับกระเบื้องหลังคาคอนกรีตที่ใช้ในปัจจุบัน การดูดซึมน้ำของกระเบื้องหลังคาจาก ชานอ้อย ฟางข้าว และธูปฤาษีที่ใช้ในอัตราส่วน 5% เท่ากับ 5.87, 5.67 และ 6.23% ตามลำดับ ประสิทธิภาพของกระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากวัสดุผสมเหล่านี้เป็นไปตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศไทยโดยมีความแข็งแรงในการรับแรงอัดของกระเบื้องหลังคาที่ผลิตได้สูงกว่า 450 N/cm² ในทุกอัตราส่วนการผสม ดังนั้นกระเบื้องหลังคาที่ผลิตขึ้นนี้จึงจัดเป็นวัสดุก่อสร้างทางเลือกที่ช่วยลดขยะ

คำสำคัญ: หลังคาเขียว, กล่องนม, วัสดุเหลือใช้

Abstract

This research was carried out to develop environmentally friendly roof tiles made from used milk cartons and biomass by hot processing them without chemical additives. The biomass (such as bagasse, rice straw, and cattail) content was varied at 5%, 10%, 20% and 30% by weight. The results indicated that the roof tiles made from foil-plastic of used milk cartons mixed with biomass resulted in the same quality tiles as commercial concrete roof tiles The water absorption of roof tiles made

from used mild carton and 5 wt% of biomass (bagasse, rice straw, and cattail) was 5.87%, 5.67% and 6.23 % respectively. The performance of roof tiles made with these composites is in accordance with Thailand's industrial standard requirements, especially the compression strength of roof tiles which was higher than 450 N/cm² in every mixing ratio. Thus, these roof tiles could be considered as an alternative building material which would also be able to reduce waste.

Keywords: Green roof, Drink Boxes, biomass



บทนำ

ในขณะที่สภาวะสิ่งแวดล้อมของโลกกำลังถูกคุกคาม จากผลพวงของความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของมนุษย์ โลกร้อนจึงกลายเป็นผลกระทบที่ย้อนกลับมาสู่มนุษย์ ส่งผลต่อความเปลี่ยนแปลงในหลาย ๆ มิติของระบบนิเวศทางธรรมชาติ หลังคาสีเขียว เป็นอีกหนึ่งนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์เพื่อที่อยู่อาศัย โดยเป็นการตอบสนอง ในการคิดค้นบรรณรักษ์ภาวะโลกร้อนอาคารปรับอากาศทั่วไป ใช้พลังงานไฟฟ้า ประมาณร้อยละ 60 แสงสว่างประมาณร้อยละ 20 ที่เหลือเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปในอาคารความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคารเป็นความร้อนจากภายนอกที่ผ่านทางเปลือกอาคาร ได้แก่ ผนังและหลังคาประมาณร้อยละ 60 และเกิดจากระบบการใช้แสงสว่างภายในอาคารประมาณร้อยละ 20 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความร้อนภายนอกที่เข้าทางเปลือกอาคารทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากที่สุด ดังนั้นการตัดความร้อนทางหลังคาจึงช่วยประหยัดพลังงานในอาคารปรับอากาศสิ้นเปลืองประมาณระหว่างร้อยละ 30-40 ซึ่งนับว่าประหยัดได้มาก นักวิทยาศาสตร์ประมาณว่าการปลดปล่อย CO₂ ทั้งหมดของโลกเกิดจากการเดินทางและการขนส่งประมาณร้อยละ 40 จากการเกษตรและอุตสาหกรรมประมาณร้อยละ 30 จากการทำกิจกรรมและสร้างสิ่งแวดล้อมมนุษย์ (built environment) อีกประมาณร้อยละ 30 ดังนั้นหากสามารถตัดความร้อนผ่านหลังคา ร่วมกับการใช้ฉนวนความร้อนตามผนังแล้วอาคารทุกประเภททั่วโลกจะช่วยลดการปลดปล่อย CO₂ จากการผลิตกระแสไฟฟ้าลงได้อย่างมหาศาล

ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงมีความคิดที่จะทำโครงการวิจัยเรื่อง หลังคาเขียวจากกล่องนมที่ใช้แล้วผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการเสนอผลการศึกษาความเป็นไปได้การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือ ชานอ้อย ฟางข้าว และธูปฤาษี ในส่วนที่เหลือใช้นามาเก็บรวบรวมเพื่อเผาในเตาเผาโดยมีแนวความคิดที่จะนำฟางข้าวมาผสมกับกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้ว เพื่อผลิตเป็นกระเบื้องหลังคาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยไม่เติมสารเคมีใด ๆ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร นำมาผสมกับกล่องนมที่เหลือทิ้งเพื่อผลิตเป็นกระเบื้องหลังคาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
2. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาจากชานอ้อย ฟางข้าว และธูปฤาษี และเศษกล่องนมที่ใช้แล้ว
3. ทดสอบคุณสมบัติของกระเบื้องมุงหลังคาจากฟางข้าวผสมกล่องนมที่ใช้แล้วตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สมอ. 535-2527
4. เปรียบเทียบคุณสมบัติของกระเบื้องมุงหลังคาจากชานอ้อย ฟางข้าว และธูปฤาษี ผสมกล่องนมที่ใช้แล้วกับกระเบื้องที่มีทั่วไปจากท้องตลาด
5. ศึกษาวิเคราะห์ต้นทุน

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Vijaykumar et al. (2006) ได้ศึกษาอาคารส่วนใหญ่ในอินเดียจะมีคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 150 มม. (RCC) ที่สามารถทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ (WC) มีความหนาของปูน 15-100 มม. ปูนก่ออิฐหนา และมีหลังคากันความร้อนที่สัดส่วนประมาณ 40-70% ที่ส่งผ่านเข้าไปในอาคารและจำเป็นต้องมีเครื่องปรับอากาศ มีการทดลองใช้กระเบื้องดินเผาแบบกลวง (HCT) บนหลังคา การส่งผ่านความร้อนที่ผ่านหลังคา ซึ่งการศึกษากการใช้กระเบื้องดินเผา กลวง พบว่า มีการประหยัดไฟฟ้าได้ประมาณ 38-63% เมื่อเทียบกับหลังคาประเภทต่าง ๆ เนื่องจากอากาศไหลผ่านโพรงของกระเบื้อง ซึ่งเป็นการลดอุณหภูมิของอากาศ ที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิที่ลดลงอย่างสม่ำเสมอ

Zheng et al. (2003) ได้ศึกษาการลดความร้อนของหลังคาสังกะสีที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อน ที่มีค่า U-factor ต่ำ $wU-0.25 \text{ Wy} (\text{m}^2 \text{ K})$ สร้างขึ้นเพื่อทดลองที่ KU Leuven ประเทศเบลเยียม การศึกษาโดยการเก็บค่าความร้อนใต้หลังคาจำนวน 28 เดือน โดยการออกแบบหลังคาที่เฉพาะสำหรับการทดลอง แสดงให้เห็นประสิทธิภาพมีการใช้ไม้เป็นฉนวนในการระบายความร้อนที่น่าพอใจ มีปริมาณการลดลงของอุณหภูมิเป็นที่น่าพอใจ มีปริมาณความชื้นโดยทั่วไปต่ำกว่า 20 % อย่างไรก็ตาม ปริมาณความชื้นใต้หลังคาสังกะสี พบว่า การระบายความร้อนของสังกะสีที่มีฉนวนกันความร้อน เป็นสาเหตุที่ทำให้ความชื้นลดลง

Zheng, et al. (2004) ได้ศึกษาการนำลูกกระสอบใส่ น้ำเพื่อเป็นหลังคา (RPWGB) จากการทดลองการใช้เทคนิคการระเหยของน้ำที่มีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของหลังคา มีการใช้สูตรการทดลองตามสูตรคณิตศาสตร์ เพื่อการพัฒนาประสิทธิภาพการทำความเย็น เมื่อเปรียบเทียบกับฉนวนหลังคาแบบเคลื่อนย้ายได้ (RPWGB) ภายใต้สภาพอากาศร้อนแห้ง ซึ่งการทดลองพบว่า การระเหยของน้ำที่ระเหยไปยังรอบข้างของอาคาร มีผลโดยตรงต่อการทำความเย็นแบบระเหย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า (RPWGB) สามารถลดความร้อนได้ดีกว่า RPWMI เล็กน้อย ซึ่งแบบระเหยมีประสิทธิภาพสูงสุด

D'Orazio et al. (2007) ได้วิเคราะห์ผลกระทบของการซึมผ่านของกระเบื้องหลังคาต่อความสามารถต้านทานความร้อนของท่อระบายอากาศ โดยการติดตั้งท่อระบายอากาศใต้แผ่นกระเบื้อง ซึ่งการติดตั้งท่อระบายอากาศเป็นที่นิยมติดตั้งในแถบยุโรป เป็นการศึกษาชนิดของหลังคา 14 ชนิดที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณความร้อนที่ระบายออกไปมีท่อระบายความร้อนมีคุณสมบัติเหมือนกัน โดยความยาวของหลังคาอยู่ที่ 6 และ 1.5 ม. พร้อมอุปกรณ์ที่ยกชั้นของกระเบื้อง เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแมลงที่จะเข้ามาสู่ตัวอาคาร ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง การศึกษาพบว่า การมีช่องว่างของอากาศของแผ่นกระเบื้องสามารถทำให้อากาศซึมผ่านได้ดี กว่าที่ไม่ได้ติดตั้งเครื่องป้องกันแมลง

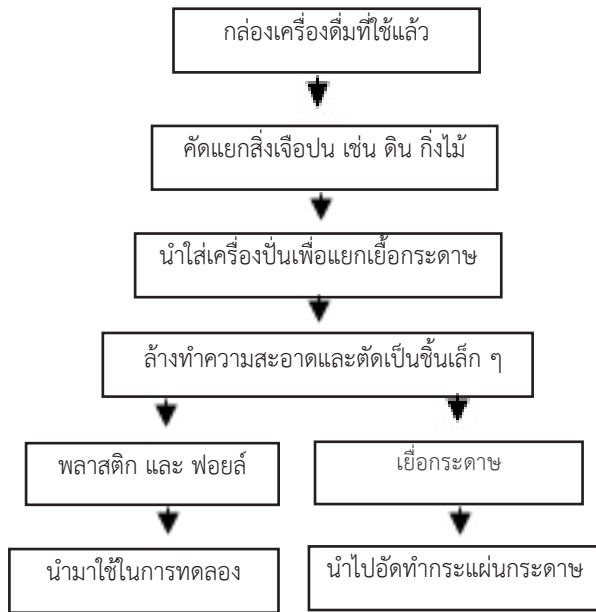
Janssens et al. (2006) ได้วัดประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการออกแบบหลังคาแบบคูโอโทน โดยการทดลองให้หลังคาได้รับความร้อนจากภายนอกอาคารโดยตรง การทดลองนี้เป็นวัตถุประสงค์หนึ่งของการทดลองการลดความร้อนใต้หลังคา ของแผ่นหลังคาที่มีฉนวนกันความร้อน การศึกษาพบว่าความร้อนที่ $(U=0.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}))$ มีความเป็นไปได้หรือไม่ ผลการทดลองพบว่า ลมมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการระบายความร้อนของหลังคา คุณสมบัติทางความร้อนที่วัดได้จากหลังคานำมาเปรียบเทียบกับค่าความสัมพันธ์กับความเร็วลม พบว่า ลมมีผลโดยตรงต่อการลดความร้อนที่เกิดขึ้นกับหลังคา

Pavlik et al. (2008) ได้ศึกษาฉนวนกันความร้อนโดยการคิดค้นนวัตกรรมใหม่บนพื้นฐานของน้ำซึ่งสามารถใช้เป็นทางเลือกสำหรับระบบที่ใช้กันทั่วไป โดยการใช้กระดาษเป็นฉนวนกันความร้อน ขั้นตอนแรกของการออกแบบวัสดุ จากนั้นเก็บข้อมูลความร้อนใต้หลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนที่ได้รับการออกแบบ และการทดสอบในสภาพอากาศจริงที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับสภาพอากาศของยุโรป ในการทดลองตรวจพบอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์และปริมาณความชื้นของเหลวในอากาศ แสดงให้เห็นถึงฟังก์ชันการทำงานของฉนวนกันความร้อนถือว่าดีมาก เนื่องจากไม่มีการความแน่นของน้ำในระหว่างการทดสอบ โดยการทดสอบทั้งหมด 5 เดือน พบว่าประสิทธิภาพของการลดความร้อนโดยการใช้ น้ำมีส่วนสำคัญในการลดอุณหภูมิ

Halwatura et al. (2009) ได้ศึกษาการใช้แผ่นหลังคาที่มีฉนวนกันความร้อนที่เป็นทางเลือก หลังคาน้ำหนักเบาแบบดั้งเดิม สำหรับอาคารใช้เครื่องปรับอากาศจากการทดลอง แสดงให้เห็นว่าแผ่นหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนมีพฤติกรรมที่พึงประสงค์เกี่ยวกับประสิทธิภาพของการลดลงของอุณหภูมิอย่างเห็นได้ชัด

วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของกล่องเครื่องตีไม้แล้วในการผลิตกระเบื้องหลังคาผสมวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ขุยขานอ้อย ฟางข้าว และธูปฤาษี ของทุกอัตราส่วนผสมในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20, 30 ของน้ำหนัก ศึกษาคุณสมบัติของกระเบื้องหลังคาที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับมาตรฐานในประเทศไทยผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยคุณสมบัติที่ทำการศึกษาได้แก่ มิติความหนาของแผ่นกระเบื้องหลังคา (มอก. 535-2527 ไม่น้อยกว่า 9 มม.) ลักษณะทางกายภาพของแผ่นกระเบื้องหลังคา การรั่วซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา (มอก. 535-2527 จะต้องไม่ปรากฏหยดน้ำใต้ผิวกระเบื้องหลังจากกักน้ำไว้เหนือผิว กระเบื้องสูง 50 มม. เป็นเวลา 24 ชม.) (ASTM C948) การดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา (มอก. 535-2527 ไม่เกิน 10% โดยน้ำหนัก) ความแข็งแรงของแผ่นกระเบื้องหลังคา (มอก. 535-2527 ไม่น้อยกว่า 450 นิวตัน) การถ่ายเทความร้อนของแผ่นกระเบื้องหลังคา (ASTM C518) วิเคราะห์ต้นทุนในการผลิตกระเบื้องหลังคาเพื่อประเมินความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ การนำกระเบื้องที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ จำนวน 3 ซ้ำ ทดลองกระเบื้องบริเวณอาคารทดลอง เปรียบเทียบและวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเบื้องต้น จากนั้นสรุปผลการวิจัย ดังภาพ 1



ภาพ 1 ขั้นตอนในการทำวิจัยในการการผลิตกระเบื้องการ

ผลิตกระเบื้องหลังคาจากพลาสติกฟอยล์จากกล่องตีไม้ใช้แล้วร่วมกับของเหลือใช้ทางการเกษตร

การเตรียมพลาสติกและฟอยล์ จากกล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้ว โดยการนำกล่องเครื่องตีไม้ที่ได้มาทำความสะอาดและฉีกออกเป็นชิ้น ๆ และใส่ลงในถังปั่น หลังจากนั้นก็เริ่มเดินเครื่องในการปั่นกระดาษ พลาสติก และฟอยล์จะแยกออกจากกัน หลังจากนั้นนำมารองด้วยเครื่องกรองแนวราบหลังการแยกเยื่อกระดาษออกก็จะได้พลาสติกและฟอยล์ที่จะนำไปใช้ในการผลิตแผ่น

กระเบื้องกระเบื้องหลังคา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Halwatura & Jayasinghe, 2009; Chaisupakitsin, 2010; Pakunworakij, 2005) พบว่า การใช้กระดาษและของเหลือใช้ในการผสมในการผลิตกระเบื้อง การผลิตฉนวนหลังคา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการต้านทานความร้อนที่เข้ามาในอาคาร ดังตาราง 1

ตาราง 1

อัตราส่วนของขุยมะพร้าว ขี้เถ้า และรูดกล้วย ผลผสมพอลิเมอร์และพลาสติกจากกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้วผสม ที่ใช้ในการทดลอง (กิโลกรัม) และอัตราส่วนพลาสติกที่ใช้ (กิโลกรัม)

ลำดับ	ผสมวัสดุธรรมชาติ (กิโลกรัม)				ผสมพลาสติก (กิโลกรัม)			
อัตราส่วนร้อยละโดยน้ำหนัก	5	10	20	30	5	10	20	30
ขุยมะพร้าว	1	2	4	6	19	18	16	14
ขี้เถ้า	1	2	4	6	19	18	16	14
รูดกล้วย	1	2	4	6	19	18	16	14

การเตรียมวัตถุดิบ

การเตรียมพลาสติกและพอลิเมอร์ จากกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้ว โดยการนำกล่องเครื่องดื่มที่ได้มาทำความสะอาดและฉีกออกเป็นชิ้น ๆ และใส่ลงในถังปั่น หลังจากนั้นเริ่มเดินเครื่องในการปั่นกระดาษ พลาสติก และพอลิเมอร์แยกออกจากกัน หลังจากนั้นนำมากรองด้วยเครื่องกรองแนวราบ หลังการแยกเยื่อกระดาษออกก็จะได้พลาสติกและพอลิเมอร์ที่จะนำไปใช้ในการผลิตแผ่นกระเบื้องกระเบื้องหลังคา ดังภาพ 2



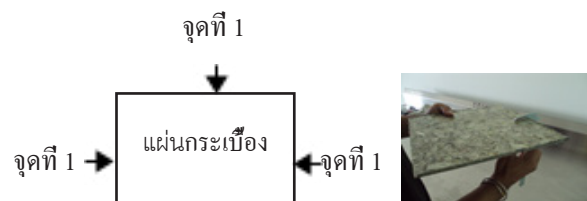
ภาพ 2 วัตถุดิบในการผลิตกระเบื้องการผลิตกระเบื้องหลังคาจากพลาสติกพอลิเมอร์จากกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้วร่วมกับของเหลือใช้ทางการเกษตร

การทดสอบคุณสมบัติ

มิติความหนาของแผ่นกระเบื้องหลังคา

การศึกษาด้านความหนาของแผ่นกระเบื้องเป็นการศึกษาถึงความหนาที่มีผลต่อน้ำหนักของแผ่นกระเบื้องหลังคา โดยทำการตัดกระเบื้องหลังคาให้มีขนาด 30x30 เซนติเมตร ความหนาที่แผ่นกระเบื้องจำนวน 3 ด้านของ

แผ่นกระเบื้อง โดยที่แต่ละด้านจะทำการวัดจำนวน 3 ครั้ง บันทึกผลการทดลอง ดังภาพ 3



ภาพ 3 การวัดความหนาของแผ่นกระเบื้อง

ลักษณะทางกายภาพของแผ่นกระเบื้องหลังคา

ลักษณะทั่วไปเมื่อตรวจพินิจ ผิวของกระเบื้องมุงหลังคาจะเรียบหรือหยาบก็ได้ แต่ต้องไม่มีรอยแตก รอยบุบ รอยเว้า หรือตำหนิอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการมุงหลังคา ยกเว้นการบิ่นเพียงเล็กน้อยที่อาจเกิดขึ้นในกรรมวิธีการผลิตตามปกติ การเคลื่อนย้ายหรือขนส่ง ซึ่งในการศึกษาใช้มาตรฐานของ มอก. ดังภาพ 4



ภาพ 4 ลักษณะทางกายภาพการผลิตกระเบื้องหลังคาจากพลาสติกพอลิเมอร์จากกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้วร่วมกับของเหลือใช้ทางการเกษตร

การรั่วซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา

การศึกษาการรั่วซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา ทำการตัดแผ่นกระเบื้องหลังคาให้มีขนาด 25x45 เซนติเมตร (ขนาดของแผ่นกระเบื้องที่ใช้ในการทดลองขึ้นอยู่กับ กรอบที่จะทำการทดลอง) นำแผ่นกระเบื้องหลังคา ที่ได้ไปใส่ในกรอบโลหะกรอบโลหะเป็นการนำโลหะมาทำการขึ้นรูปเพื่อขังน้ำไว้ไม่ให้รั่วซึมออกมา แล้วยาแนวด้วยสารกันรั่ว (sealing compound) กันน้ำ ทั้งไว้ให้แห้งสนิท เมื่อสารกันรั่ว (sealing compound) แห้งสนิทแล้ว นำน้ำมาเทลงในกรอบโลหะให้สูงกว่าแผ่นกระเบื้องไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร ดังภาพ 5



ภาพ 5 การทดสอบการรั่วซึมน้ำการผลิตกระเบื้องหลังคาจากพลาสติกพอลิเอทิลีนจากกล่องดื่มที่ใช้แล้วร่วมกับของเหลือใช้ทางการเกษตร

อัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา

การทดสอบอัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้อง คือการศึกษาถึงคุณสมบัติของอัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้อง โดยใช้สูตรคำนวณ สูตรอัตราการซึมน้ำของแผ่นกระเบื้อง (เปอร์เซ็นต์)=(น้ำหนักหลังแช่น้ำ-น้ำหนักก่อนแช่น้ำ)/น้ำหนักก่อนแช่น้ำx100 โดยการศึกษาเริ่มจาก การตัดแผ่นกระเบื้องให้ได้ขนาด 25x25 เซนติเมตร หลังจากนั้น นำแผ่นกระเบื้องที่ได้ไปทำการแช่น้ำไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้วนำขึ้นทดสอบมาชั่งน้ำหนักให้แห้งมาทดสอบทันที หลังจากนั้น นำแผ่นกระเบื้องที่ได้จากการแช่น้ำไว้มาทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกผลไว้เมื่อบันทึกผลเสร็จแล้ว นำแผ่นกระเบื้องที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100 ถึง 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดังภาพ 6



ภาพ 6 การบันทึกค่าการดูดซึมน้ำการผลิตกระเบื้องหลังคาจากพลาสติกพอลิเอทิลีนจากกล่องดื่มที่ใช้แล้วร่วมกับของเหลือใช้ทางการเกษตร

ความแข็งแรงของแผ่นกระเบื้อง

การศึกษาความแข็งแรงเป็นการศึกษาความแข็งแรงตามขวางของแผ่นกระเบื้อง เพื่อศึกษาถึงความแข็งแรงของแผ่นกระเบื้องที่มีการผลิต ขนาดของแผ่นกระเบื้องหลังคาที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติโดยการตัดขนาดของแผ่นกระเบื้องให้ได้ขนาดที่ 25x25 เซนติเมตร นำกระเบื้องมุงหลังคาที่ตัดไว้แล้ว มาแช่ลงในน้ำ ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบแล้วยกออก ทดสอบกระเบื้องในสถานะอิมมิดด้วยน้ำทันที วิธีการโดยเริ่มจาก ใช้ไม้ระแนงที่เป็นชิ้นตรงและมีผิวหน้าเรียบ 2 ชิ้น แต่ละชิ้นกว้าง 50 มม. หนาไม่น้อยกว่า 25 มม. วางหนุนไว้ใต้กระเบื้องให้ชิดกับส่วนเกาะระแนงของกระเบื้อง และให้กระเบื้องวางอยู่ในแนวที่มีลักษณะเป็นแนวราบ ปลายของกระเบื้องจะต้องวางให้อยู่แนวกึ่งกลางของไม้ระแนงขนาดเดียวกัน สำหรับกระเบื้องที่มีบัวกันน้ำต้องระวังไม่ให้บัวกันน้ำกดกับไม้ระแนงวางกระเบื้องบนไม้ทั้งสองและปรับระดับ แล้วจึงใช้น้ำหนักกดตลอดแนว ความกว้างของแผ่นกระเบื้อง โดยมีไม้ระแนงอีกชิ้นหนึ่งรองรับแรงกด ที่กึ่งกลาง ให้ขนานกับไม้ระแนงที่ให้รองรับกระเบื้องดังรูปภาพที่ 3.22 ผิวหน้าของไม้ระแนงที่สัมผัสกับแนวกระเบื้องให้รองรับด้วยสีกหลายหนา 6 มม. 1 ชั้น เพิ่มแรงกดด้วยอัตราสามเท่าเสมอด้วยแรงกดไม่เกิน 13.5 นิวตันต่อวินาที (1.35 กิโลกรัมแรงต่อวินาที) จนกระทั่งกระเบื้องแตก ซึ่งในการศึกษาใช้มาตรฐานของ มอก.535-2527

การถ่ายเทการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้อง

การทดสอบการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้อง หลังคาแก้วความร้อน อุณหภูมิภายนอกและความดันปกติ โดยใช้สภาวะที่คงที่ โดยการทดสอบการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องเพื่อศึกษาถึงลักษณะที่ดีในการนำความร้อนที่จะเข้ามาสู่อาคาร โดยแผ่นกระเบื้องหลังคาที่ได้หลังจากการกด มีขนาด 20x20 เซนติเมตรโดยการทดสอบการส่องผ่านความร้อนในแนวตั้งของแผ่น

ผลการวิจัยมิติความหนาของแผ่นกระเบื้องหลังคา

ฉนวนกันความร้อน ติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและการไหลของคลื่นความร้อนที่ส่องผ่าน จุดเซ็นเซอร์ของการตรวจความร้อนถูกวางไว้ในแผ่นภายในพื้นที่วัดทั้งสองด้านของแผ่น ขนาดระยะการติดตั้ง 100x100±0.1 มิลลิเมตรตามลำดับ

ตาราง 2

อัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

วัสดุดิบ	อัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)				
	0	5	10	20	30
กล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้ว	0.31 ±0.01 ⁱ	-	-	-	-
กล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วผสม ขุยขานอ้อย	-	0.38 ±0.03 ^{b,z}	0.55 ±0.05 ^{a,x}	0.57 ±0.07 ^{b,x}	0.76± 0.04 ^{b,w}
กล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วผสม ฟางข้าว	-	0.35 ±0.03 ^{b,z}	0.52 ±0.05 ^{a,z}	0.45 ±0.03 ^{c,y}	0.74±0.04 ^{b,w}
กล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วผสม รูปฤาษี	-	0.48 ±0.06 ^{a,y}	0.47 ±0.05 ^{b,y}	0.68 ±0.04 ^{a,x}	0.86±0.02 ^{a,w}

หมายเหตุ ^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความต่างทางสถิติ (P<.05)

^{w-z} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความต่างทางสถิติ (P<.05)

ผลการวิจัยพบว่ากระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากกล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วอย่างเดียว มีความหนา 0.30±0.01 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาจากความหนาของกระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากกล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วร่วมกับขุยขานอ้อย ฟางข้าว และรูปฤาษีในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20, 30 พบว่ากระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากกล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้ว ผสมวัสดุธรรมชาติในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้น แผ่นกระเบื้องหลังคาก็จะมีความหนาเพิ่มขึ้น ตามลำดับ ซึ่งเนื่องจาก

การวิเคราะห์ราคาต้นทุนต่อหน่วย

ต้นทุนในการผลิตกระเบื้องหลังคาแก้วความร้อน จากวัสดุธรรมชาติผสมกล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้ว ความหนาแน่น 2.40x0.90xเมตร 1 แผ่น พิจารณาการคิดราคาจาก ค่าไฟฟ้า ค่าแรงคนงาน ค่าน้ำมัน ค่าบำรุงรักษาสูตรในการทดลอง (1) การคิดคำนวณค่าไฟฟ้า จำนวนหน่วย (ยูนิต) ใน 1 วัน=((กำลังไฟฟ้า(วัตต์)×จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า)/1000)×จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานในหนึ่งวัน (2) การคิดค่าแรงคนงาน ค่าแรงคนงานต่อการผลิตกระเบื้อง 1 แผ่น=(ราคาค่าแรง (บาท/วัน)×จำนวนกระเบื้องที่ผลิตได้ต่อวัน)/จำนวนคนงาน (3) การคิดค่าขนส่งค่าขนส่งต่อการผลิตกระเบื้อง 1 แผ่น=(ระยะทางในการขนส่ง×จำนวนกระเบื้องที่ขนส่ง)/ราคาน้ำมัน

วัสดุธรรมชาติที่นำมาผสมในการผลิตกระเบื้องหลังคา มีลักษณะเป็นเส้นใยธรรมชาติซึ่งมีการเรียงตัวกันแบบไม่หนาแน่นเท่ากับพลาสติกและพอลิเมอร์ จึงทำให้กระเบื้องหลังคาที่กล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วร่วมกับขุยขานอ้อย ฟางข้าว และรูปฤาษีในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20, 30 จึงมีความหนา มากกว่ากระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากกล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (D'Orazio & Di Perna, 2003) พบว่า การติดตั้งท่อระบายอากาศได้

หลังคาพบว่ามีการทำให้หลังคาหนาขึ้นจากการยกตัวของแผ่นกระเบื้องแต่ไม่ทำให้การติดตั้งนั้นเสียไป

ลักษณะทางกายภาพของแผ่นกระเบื้องหลังคา

ผลการวิจัยพบว่า แผ่นกระเบื้องหลังคาที่ผลิตได้ลักษณะ มีรอยขรุขระเล็กน้อยเนื่องจาก วัตถุดิบหลักคือพลาสติกและฟอยล์ที่ได้จากกล่องเครื่องตีไม้แล้ว จึงทำให้แผ่นกระเบื้องหลังคาที่ผลิตมีลักษณะไม่เรียบและไม่สม่ำเสมอ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Chusri, 2013) พบว่าผลิตภัณฑ์กระเบื้องที่ได้ความหนาแน่นลดลงมาก จึงมีศักยภาพผลิตกระเบื้องมวลเบา พัฒนาทำเป็นกระเบื้องฉนวนความร้อน (Lertwatt, 2015) ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัสดุโพลีเมอร์ซีเมนต์ ได้ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C1185 และ ASTM C20

อัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา

ประกอบด้วย ค่าความหนาแน่น ปริมาณความชื้นและความสามารถในการดูดซึมน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 4-6 พบว่า เมื่อมีการเพิ่มปริมาณการแทนที่เส้นใยทั้งสองชนิด ค่าความหนาแน่นของแผ่นทดสอบจะลดลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น เนื่องจากเส้นใยที่มีปริมาณช่องว่างและมีรูพรุนมากกว่าจะเข้าไปแทนที่ปูนซีเมนต์ทำให้โมเลกุลภายในเกาะกันโดยมีช่องระยะระหว่างโมเลกุลมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการใช้พลาสติกและฟอยล์เป็นส่วนผสมในการผลิต

จะทำให้กระเบื้องหลังคานั้นเป็นการเพิ่มคุณสมบัติในการยึดเกาะและยังคงมีคุณสมบัติอื่นๆ เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สมอ. 535-2527

การรั่วซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา

ผลการวิจัยพบว่าไม่ปรากฏหยดน้ำใต้แผ่นกระเบื้องหลังคาในทุกอัตราส่วนของกล่องเครื่องตีไม้แล้วผสมกับขุขี้เถ้า ฟางข้าว และธูปฤๅษี ที่ทำการศึกษาคือเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์

อุตสาหกรรม สมอ. 535-2527 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Padkoh, 2017) ค่าปริมาณความชื้นของแผ่นกระเบื้องหลังคาที่ใช้กาบสังเคราะห์ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 5.43% และค่าปริมาณความชื้นของแผ่นกระเบื้องหลังคาที่ใช้กาบสังเคราะห์ไอโซไซยานูเรซิน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.65% ส่วนค่ามาตรฐาน มอก. 876-2547 ปริมาณความชื้นเฉลี่ยต้องอยู่ในช่วง 4-13% เนื่องจากพลาสติกและฟอยล์คุณสมบัติในการต้านทานการซึมผ่านของน้ำได้เป็นอย่างดีโดยเฉพาะพลาสติกที่มีคุณสมบัติการเกาะเกี่ยวที่ดี จึงทำให้แผ่นกระเบื้องหลังคาที่ผลิตได้มีคุณสมบัติต้านทานการซึมผ่านของน้ำลงสู่ด้านล่างของแผ่นกระเบื้องหลังคาได้เป็นอย่างดี

ตาราง 3

อัตราการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคา น้ำหนักกระเบื้องหลังคา (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

วัสดุ	อัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)				
	0	5	10	20	30
พอลิและพลาสติก	0.23±0.01 ^k	-	-	-	-
กล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วผสม ขุยขานอ้อย	-	5.77± 0.17 ^{b,z}	18.58±0.01 ^{b,y}	20.88± 0.02 ^{b,x}	46.41±0.01 ^{b,w}
กล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วผสม ฟางข้าว	-	5.67± 0.01 ^{b,z}	17.60±0.01 ^{c,y}	21.08± 0.02 ^{b,x}	42.39±0.02 ^{c,w}
กล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วผสม รูปถั่ว	-	6.28± 0.04 ^{a,z}	23.47±0.25 ^{a,y}	32.41± 0.28 ^{a,x}	57.62±0.30 ^{a,w}

หมายเหตุ ^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความต่างทางสถิติ (P<.05)

^{w-z} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความต่างทางสถิติ (P<.05)

ผลการวิจัยพบว่าการทดสอบการดูดซึมน้ำของกระเบื้องหลังคาที่ผสมกล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วที่ผสมขุยขานอ้อย ฟางข้าว และรูปถั่ว ในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 โดยเกณฑ์มาตรฐานระบุไว้ว่าค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคาต้องไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักแผ่นกระเบื้องหลังคา โดยการทดสอบพบว่า ในการผสมขุยขานอ้อยในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 ผลการทดลองคือ 5.87±0.01, 18.57±0.02, 20.89±0.01, 46.41±0.03 ตามลำดับ การผสมฟางข้าวในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 ผลการทดลองคือ 5.67±0.01, 17.69±0.01, 21.06±0.02, 42.37±0.03 ตามลำดับ และการผสมรูปถั่วในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 ผลการทดลองคือ 6.23±0.01, 23.18±0.02, 32.11±0.01, 57.31±0.03 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าในอัตราส่วนผสมที่ 5% ของทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐานของไทย ส่วนอัตราส่วนผสมร้อยละ 10, 20 และ 30 ตามลำดับของทุกอัตราส่วนไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Zheng & Janssens, 2003) พบว่า การนำกระสอบใส่ไม้และมาติดตั้งบนหลังคา จะการช่วยระบายความร้อนที่เกิดขึ้นใต้หลังคา (Deepanya, 2016) พบว่า เมื่อแผ่นกระเบื้องมีปริมาณเศษพลาสติกมากขึ้น ส่วนค่าการ

ดูดซึมน้ำ เท่ากับร้อยละ 0 ในทุกอัตราส่วน ซึ่งเป็นผลดีเมื่อนำไปปูพื้น และบุผนัง

ความแข็งแรงของแผ่นกระเบื้อง

ผลการวิจัยพบว่า กระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากกล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วกับวัสดุธรรมชาติคือ ขุยขานอ้อย ฟางข้าว รูปถั่ว ในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 ตามมาตรฐานกำหนดค่าความแข็งแรงของกระเบื้องไม่น้อยกว่า 450 นิวตัน ซึ่งกระเบื้องหลังคาที่ทำการทดสอบทุกอัตราส่วน มีค่าความแข็งแรงมากกว่า 1,200 นิวตัน ซึ่งมีความแข็งแรงและยืดหยุ่น ซึ่งเมื่อนำไปทดสอบความแข็งแรง กระเบื้องหลังคายังคงสภาพดีไม่เสียหายหรือแตกหัก แต่มีรอยร้าวหรือรอยหักที่เกิดจากการ

การถ่ายเทการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้อง

ทดสอบ แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของกระเบื้องหลังคาซึ่งเป็นไปตามผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
สมอ. 535-2527

ตาราง 4

การถ่ายเทการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้อง

วัสดุ	อัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)				
	0	5	10	20	30
กล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้ว	0.28±0.02 ^a	-	-	-	-
กล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วผสม ขุยขานอ้อย	-	0.19±0.01 ^{b,x}	0.20±0.12 ^{b,w}	0.14±0.05 ^{b,y}	0.09±0.05 ^{b,z}
กล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วผสม ฟางข้าว	-	0.26±0.02 ^{b,w}	0.21±0.01 ^{a,x}	0.12±0.04 ^{c,y}	0.08±0.02 ^{b,x}
กล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วผสม รูปฤาษี	-	0.27±0.03 ^{b,w}	0.21±0.00 ^{a,x}	0.18±0.06 ^{a,y}	0.22±0.04 ^{a,x}

หมายเหตุ ^{a-c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงถึงความต่างทางสถิติ (P<.05)

^{w-z} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความต่างทางสถิติ (P<.05)

ผลการวิจัยพบว่าการทดสอบการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้องหลังคา ที่ผสมกล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้วที่ผสม ขุยขานอ้อย ฟางข้าว และรูปฤาษี ในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 โดยเกณฑ์มาตรฐานระบุไว้ว่าการถ่ายเทความร้อนของกระเบื้องหลังคา ต้องไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Vijaykumar & Srinivasan, 2006) การใช้กระเบื้องดินเผาแบบกลวง มีการส่งผ่านความร้อนได้น้อยกว่า ทำให้มีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าประมาณ 38-63 % และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Zheng & Janssens, 2003); Janssens and Hens (2006) พบว่า การติดตั้งฉนวนกันความร้อนภายใต้ของหลังคาสังกะสี มีปริมาณการถ่ายเทความร้อนลดลง 20 % Kiangkoo (2017) พบว่า วัสดุตั้งกล่าวแผ่นกันความร้อนอัตราส่วนอื่นคือ 44.66±4.10 กรัมต่อชิ้นงาน 0.17±0.03 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ 8.35±0.15%การศึกษาพบว่า ในการผสมขุยขานอ้อยในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 ผลการทดลอง คือ 0.279±0.0029, 0.215±0.0029, 0.125±0.0029 และ 0.079±0.0029 ตามลำดับ การผสมฟางข้าวในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 ผลการทดลอง คือ 0.284±0.0029, 0.202±0.0029, 0.140±0.0029 และ 0.097±0.0029 ตามลำดับ และในการผสมรูปฤาษีในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 ผลการทดลอง คือ 0.118±0.0029, 0.145±0.0029, 0.189±0.0029 และ 0.264±0.0029 ตามลำดับ จากการ

ศึกษาพบว่า ผลการทดสอบในทุกอัตราส่วนผสมของทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐานของไทย

การวิเคราะห์ราคาต้นทุนต่อหน่วย

ผลการวิจัยพบว่าการคำนวณค่าใช้จ่าย (1) ค่าไฟฟ้าในการอัดร้อน 1 แผ่น ใช้ค่าไฟคิดเป็นเงิน 35 บาท (2) ค่าไฟฟ้าสำหรับการตัดแผ่น 1 แผ่น ใช้ค่าไฟคิดเป็นเงิน 12 บาท (3) ค่าแรงคนงานใช้คนงาน 3 คน คิดเป็นเงิน 300 บาท (4) ค่าขนส่งใช้น้ำมัน 50 บาท (5) ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ 300 บาท ค่าขุยขานอ้อย ฟางข้าว และรูปฤาษี ราคา กิโลกรัม 50 บาท รวมค่าใช้จ่ายในการผลิตกระเบื้อง 1 แผ่น ใช้เงิน 747 บาท

การอภิปรายผล

จากการศึกษาการผลิตกระเบื้องหลังคาจากวัสดุธรรมชาติผสมกล่องเครื่องตีไม้ใช้แล้ว โดยการผสมวัสดุทางธรรมชาติ คือ ขุยขานอ้อย ฟางข้าว และรูปฤาษี ในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 โดยศึกษาประสิทธิภาพและคุณสมบัติของกระเบื้องหลังคาที่ผลิตได้ โดยสรุปผลจากการทดลองเป็น ดังนี้

จากการศึกษาด้านมิติความหนาและลักษณะทางกายภาพของแผ่นกระเบื้องหลังคาในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10,

20 และ 30 โดยน้ำหนัก พบว่าแผ่นกระเบื้องหลังคาทุกอัตราส่วนผสมมีความหนาเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 535-2527 ของประเทศไทย อันเนื่องมาจากพลาสติกและพอยล์ที่มีคุณสมบัติที่ดีในการเกาะเกี่ยว ซึ่งความหนาของแผ่นกระเบื้องจะมีความหนาเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสมของวัสดุธรรมชาติ ส่วนลักษณะทางกายภาพของแผ่นกระเบื้องหลังคาทุกอัตราส่วนผสมมีลักษณะผิวมันวาวและขรุขระ ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของแผ่นกระเบื้องหลังคา นอกจากนี้กระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติผสมกึ่งเครื่องปั้นดินเผาเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.535-2527

จากการทดสอบการรั่วซึมของแผ่นกระเบื้องหลังคา โดยวิธีการรีดร้อน พบว่ากระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติผสมกึ่งเครื่องปั้นดินเผาในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ทุกอัตราส่วนที่ทำการทดลองเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 535-2527 เนื่องจากคุณสมบัติของพลาสติกและพอยล์เมื่อได้รับความร้อนจะรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน จึงทำให้มีคุณสมบัติกันน้ำ มีความเหนียวและยืดหยุ่นสูง น้ำจึงไม่สามารถซึมผ่านได้

จากการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นกระเบื้องหลังคาจากกึ่งเครื่องปั้นดินเผาผสมกับวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ขุขี้เถ้า อ้อย ฟางข้าว และธูปฤาษี พบว่าในอัตราส่วนร้อยละ 5 มีอัตราการดูดซึมน้ำเท่ากับ 5.87, 5.67 และ 6.23 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานของ มอก.535-2527 ซึ่งระบุว่า การดูดซึมน้ำของกระเบื้องหลังคาต้องไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

จากการทดสอบค่าความแข็งแรงของกระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากกึ่งเครื่องปั้นดินเผาผสมวัสดุธรรมชาติ โดยการรีดร้อน พบว่าแผ่นกระเบื้องหลังคาทุกอัตราส่วนผสมมีค่าความแข็งแรงเป็นไปตามมาตรฐาน

มอก.535-2527 ของประเทศไทย ซึ่งระบุว่าค่าความแข็งแรงของกระเบื้องหลังคา ต้องมีค่าความแข็งแรงไม่น้อยกว่า 450 นิวตัน จากการทดสอบค่าความแข็งแรงในทุกอัตราส่วนผสมสามารถรับแรงกดได้มากกว่า 1,200 นิวตัน โดยไม่มีผลกระทบต่อทดสอบคุณสมบัติอื่น ๆ

จากการการนำความร้อนของกระเบื้องหลังคาที่ผลิตจากกึ่งเครื่องปั้นดินเผาผสมวัสดุธรรมชาติ โดยการรีดร้อน พบว่าแผ่นกระเบื้องหลังคาทุกอัตราส่วนผสมมีค่าการนำความร้อนเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.535-2527 ของประเทศไทย ซึ่งระบุว่าค่าการนำความร้อนของกระเบื้องหลังคา ต้องมีค่าการนำความร้อนไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตร เนื่องจากวัสดุธรรมชาติมีคุณสมบัติที่ดีในการต้านทานความร้อนซึ่งเหมาะในการที่จะมาผสมทำกระเบื้องหลังคา

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษากาการผลิตกระเบื้องหลังคาจากกึ่งเครื่องปั้นดินเผาผสมวัสดุธรรมชาติ ควรจะมีการศึกษาควรจะมีการนำวัสดุธรรมชาติชนิดอื่นมาผสม เช่น ต้นกล้วย ผักตบชวา เป็นต้น
2. ควรจะมีการศึกษากาการนำวัสดุที่เหลือจากระบบอุตสาหกรรมที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับพลาสติกและพอยล์มาทำการศึกษาเพื่อทดแทนกึ่งเครื่องปั้นดินเผา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนทุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ งบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560



References

ASTM C948-81. (2009). *Standard Test Method for Dry and Wet Bulk Density, Water Absorption, and Apparent Porosity of Thin Sections of Glass-Fiber Reinforced Concrete*. Retrieved from www.astm.org.

- ASTM C518-10. (2009). *Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus*. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010. Retrieved from www.astm.org.
- Chaisupakitsin, M. (2010). Properties of Fiberboard Made from Coconut Coir/Polystyrene Foam Containing Flame Retardant. *Burapha Science Journal*, 15(2), 57-66. (in Thai)
- Chusri, S.(2013). Production of Ceramic and Light weight Tile from Waste and Andesite Fine and PARA Rubber Wood Ash. *Kasem Bundit Engineering Journal*, 3(1), 70-83. (in Thai)
- Deepanya,W. (2016). Floor Tiles Made from the Mixture of Para rubber and Plastic Wastes from Factories. *Journal of Community Development and Life Quality–ThaiJO*, 4(3), 451–460. (in Thai)
- D’Orazio, M., Di Perna, C., Principi P., & Stazi A. (2007). Effects of roof tile permeability on the thermal performance of ventilated roofs: Analysis of annual performance. *Energy and Buildings*, 40(2008), 911–916.
- Halwatura, R.U., & Jayasinghe, M.T.R. (2009). Influence of insulated roof slabs on air Conditioned spaces in tropical climatic conditions A life cycle cost approach. *Energy and Buildings*, 41(2009), 678–686.
- Janssens, A., & Hens, H. (2006). Effects of wind on the transmission heat loss in duo-pitched insulated roofs: A field study. *Energy and Buildings*, 39(2007), 1047–1054.
- Kiangkoo, N. (2017). Manufacturing of Thermal Insulation Sheet from Beverage Labelling Waste and Bagasse fiber. *Thaksin University Journal*, 20(2), 44-53. (in Thai)
- Lertwattanakul, P. (2015). Investigation of Sound Insulation Properties of Fiber Cement Board Containing Natural Fibers. *KMUTT Research and Development Journal*, 18(1), 71-86. (in Thai)
- Pakunworakij, T. (2005). Thermal Resistance Efficiency of Building Insulation Material from Agricultural Waste. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 4(2006), 3-13. (in Thai)
- Padkoh, N. (2017). Investigation of Tile Roofs Properties of Natural Fibers from pineapple Leaf Fibers and Maize Husk Fiber. *SWU Engineering Journal*, 12(1), 11-19. (in Thai)
- Pavlik, Z., & Robert, C. (2008). Hygrothermal performance study of an innovative interior thermal insulation system. *Applied Thermal Engineering*, 29(2009), 1941–1946.
- TIS 535-2527. (1984). *Thailand Industrial standard Institute, Ministry of Industry, Thailand*. Retrieved from www.tisi.go.th.

- Vijaykumar, K., Srinivasan, S., & Dhandapani, S. (2006). A performance of hollow clay tile (HCT) laid reinforced cement concrete (RCC) roof for tropical summer climates. *Energy and Buildings*, 39(2007), 886–892.
- Zheng, R., Janssens, A., Carmeliet, J., Bogaerts, W. & Hens, H. (2003). An evaluation of highly insulated cold zinc roofs in a moderate humid regionpart I: hygrothermal performance. *Construction and Building Materials*, 18(2004), 49–59.
- _____. (2003). Cooling performance of roof ponds with gunny bags floating on water surface as compared with a movable insulation. *Construction and Building Materials*, 18(2004), 49–59.

