

การศึกษาสมบัติทางกลของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

Study on Mechanical Properties of Roofing tiles Manufactured from Agricultural Residues

อาคม ปาสิโล¹, อัมไพศักดิ์ ทีบุญมา²
Arkorn Pasilo¹, Umphisak Teeboonma²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกลกระเบื้องมุงหลังคาที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร วัสดุที่ใช้ได้แก่ เส้นใยจากปอ ชังข้าวโพด และทะลายปาล์ม โดยใช้กาวสังเคราะห์ยูเรียฟอรัลดีไฮด์เรซิน เป็นสารยึดติด สมบัติที่ศึกษาคือ ค่ามอดูลัสแตกหักและมอดูลัสยืดหยุ่น และได้นำเทคนิค SEM มาใช้วิเคราะห์โครงสร้างภายในแผ่นกระเบื้อง นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบสมบัติกระเบื้องที่ศึกษากับกระเบื้องมุงหลังคาที่จำหน่ายในท้องตลาด ผลการศึกษาพบว่า ค่ามอดูลัสแตกหักและค่ามอดูลัสยืดหยุ่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน นอกจากนี้ยังพบว่าสมบัติค่าการนำความร้อนของกระเบื้องมุงหลังคาที่ผลิตได้มีค่าใกล้เคียงกันกับกระเบื้องมุงหลังคาที่จำหน่ายในท้องตลาด

คำสำคัญ: กระเบื้องมุงหลังคา สมบัติทางกล เส้นใยธรรมชาติ

Abstract

The objective of this research was to study mechanical properties of roofing tiles made from agricultural residues, such as kenaf fibre, corncob fibre and palm fruit bunch fibre. Synthetic urea formaldehyde resin adhesive was selected as the binder. Properties studies in this work were rupture modulus and elasticity modulus. Scanning electron microscope technique was also used to investigate the internal structure of roofing tiles. Consequently, those properties were compared to the properties of commercial roofing tiles. The study results revealed that rupture modulus and elasticity modulus are accordant with standard requirements. Furthermore, it was found that the thermal conductivity property of roofing tiles in this work is similar to commercial roofing tiles.

Keywords: Roofing tiles, Mechanical properties, Natural fibre

บทนำ

ความเจริญเติบโตของประเทศไทยที่มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ก่อให้เกิดความต้องการใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติในปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการอนุรักษ์พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ฟางข้าว กากชานอ้อย ชังข้าวโพด โยกาบมะพร้าว ผักตบชวา ปอปานศรนารายณ์และทะลายปาล์มน้ำมัน เป็นต้น ดังนั้นจึงควรศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้กลับมาใช้ให้เกิด

ประโยชน์สูงสุด ซึ่งจะช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ที่ผ่านมามีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรกลับมาใช้ใหม่หลายชนิด เช่น การนำชานอ้อยมาใช้ทำแผ่นวัสดุผสม เพื่อใช้ทดแทนแผ่นซีเมนต์ในงานก่อสร้าง ซึ่งหลังจากนำแผ่นวัสดุผสมที่ทำจากชานอ้อยไปทดสอบคุณสมบัติความแข็งแรงและคุณสมบัติการดูดความชื้น พบว่า มีค่าใกล้เคียงกับแผ่นซีเมนต์ที่ขายอยู่ในท้องตลาด¹ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการพัฒนาแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร² โดยจากการศึกษาพบว่า การใช้เศษโยกาบมะพร้าวผสมในแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาจะมีค่าความต้านทานแรงกดตามขวางสูงสุดเท่ากับ 336.5 N/mm² การดูดซึมน้ำร้อยละ 32.95 และ

¹ นักศึกษาปริญญาเอก, ²ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34190

¹ Ph.D candidate, ²Assist. Prof., Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubonratchatani University, Ubonratchatani 34190, Thailand

ไม่มีการรั่วซึม นอกจากนั้นจากการทดสอบสมบัติเชิงความร้อน กระเบื้องหลังคาที่เปอร์เซ็นต์สารยึดติดกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน 10% พบว่ามีค่าการนำความร้อนเฉลี่ย 0.013 W/m.K, และหากใช้สารยึดติดกาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน 13% จะมีค่าการนำความร้อนเฉลี่ย 0.015 W/m.K นอกจากนั้นงานวิจัยที่ผ่านมา^{3,4,5} พบว่า หากกระเบื้องมีค่าความหนาแน่นต่ำ กระเบื้องจะมีช่องว่างมาก ซึ่งจะทำให้ค่าการนำความร้อนต่ำ และในทางตรงข้ามหากกระเบื้องมีค่าความหนาแน่นสูง ซึ่งช่องว่างในเนื้อกระเบื้องจะมีน้อย จะส่งผลให้กระเบื้องมีค่าการนำความร้อนสูง ดังนั้นเพื่อเป็นส่งเสริมการนำเศษวัสดุกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของกระเบื้องมุงหลังคาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการอัดขึ้นรูปได้แก่ เส้นใยจากปอ ชังข้าวโพดและทะเลสาปาล์ม โดยใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิน ในปริมาณ 12 เปอร์เซ็นต์เป็นสารยึดติด และศึกษาเปรียบเทียบสมบัติทางกลและสมบัติการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่ผลิตได้กับแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่ผลิตวางจำหน่ายตามท้องตลาด นอกจากนั้นยังได้ใช้เทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM) เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างภายในของกระเบื้อง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมวัสดุและเงื่อนไขการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือเส้นใยจากปอ ชังข้าวโพด และทะเลสาปาล์ม ซึ่งมีความชื้นของเส้นใยประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก โดยแยกสิ่งเจือปนที่เป็นอุปสรรคต่อการผลิตแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาออก เช่น ฝุ่นผง ปริมาณน้ำตาล และพิทให้เหลือน้อยที่สุด จากนั้นทำการร่อนแยกขนาดและคัดเส้นใยที่เหมาะสม ในการขึ้นรูปใช้กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซินที่ปริมาณ 12% เป็นสารยึดติดซึ่งผสมกาวกับสารเร่งแข็งและสารเคลือบผิวกันซึมเป็นการฟอร์มแผ่นกระเบื้องมุงหลังคา ก่อนทำการอัดร้อนขึ้นรูป

อุปกรณ์การทดลอง

แผ่นกระเบื้องมุงหลังคาขึ้นรูปจากเส้นใยปอ ชังข้าวโพด หรือทะเลสาปาล์ม ได้กำหนดให้มีขนาด 108 x 219 x 12 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 600 kg/m³ มี อุณหภูมิในการอัดขึ้นรูปเท่ากับ 150°C ใช้ความดันในการอัดขึ้นรูปเท่ากับ 180 kg/m² และใช้เวลาในการอัดขึ้นรูป 15 นาที โดยการออกแบบชุดแม่พิมพ์และแผ่นกระเบื้องดัง Figure 1

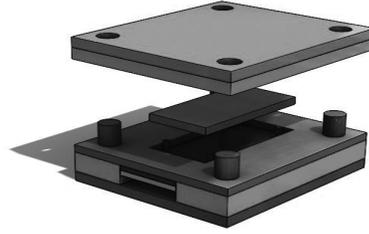


Figure 1 Schematic Mould design of roofing tiles

การขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาจะใช้กรรมวิธีขึ้นรูปแบบแห้ง โดยอาศัยความร้อนทำให้เกิดการเชื่อมยึดติดระหว่างวัสดุเส้นใยธรรมชาติกับสารยึดติดและอัดขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ติดตั้งเข้ากับเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ดังแสดงใน Figure 2

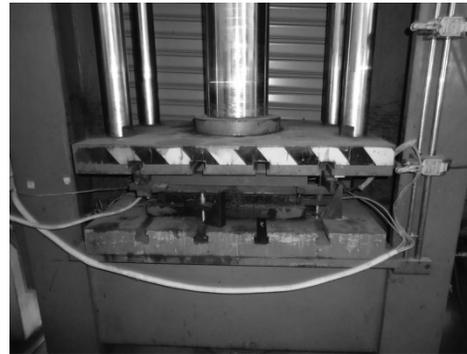


Figure 2 The experimental setup

กระบวนการอัดขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาเริ่มจากการโรยวัสดุเส้นใยจากปอ ชังข้าวโพดหรือทะเลสาปาล์ม ที่ผ่านการผสมสารยึดติด สารเร่งแข็งและสารผสมอื่นๆ และทำการฟอร์มแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาลงในชุดแม่พิมพ์ตัวล่าง (อยู่กับที่) ที่ติดตั้งเข้ากับชุดเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ จากนั้นแม่พิมพ์ตัวบน (เคลื่อนที่) จะเคลื่อนที่ลงอัดส่วนผสมในชุดแม่พิมพ์และขึ้นรูปแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาได้ตามที่ต้องการ จากนั้นทำการปรับสภาพอุณหภูมิของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาและตัดขนาดแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาดังแสดงในรูปที่ 3 ถึง 5 เพื่อนำไปทดสอบสมบัติทางกล สมบัติทางความร้อน และวิเคราะห์ภาพถ่ายตัดขวางด้วยเทคนิค SEM

การทดสอบสมบัติของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคา แผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่ได้จากการอัดขึ้นรูปจะถูกนำมาทดสอบสมบัติทางกลทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 535-2540⁶ สมบัติทางความร้อนทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 177- 2010⁷ และการวิเคราะห์ภาพถ่ายตัดขวางด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope, SEM หลังจากนั้นจะเปรียบเทียบ

เทียบสมบัติการนำความร้อนกับแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่
จำหน่ายตามท้องตลาด



Figure 3 Kenaf fibres specimens



Figure 4 Corn cob fibres specimens



Figure 5 Palm fruit fibres specimens

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดสอบสมบัติทางกล

Figure 6 - 7 แสดงข้อมูลค่าต้านทานมอดูลัสแตกร้าว และค่าต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นกระเบื้องที่ผลิตได้จากเส้นใยปอ ชังข้าวโพด และทะเลายปาล์ม ผลการทดลองพบว่า กระเบื้องที่ผลิตจากเส้นใยปอ ชังข้าวโพด และทะเลายปาล์มมีค่าต้านทานมอดูลัสแตกร้าวเท่ากับ 1.05 MPa, 1.83 MPa และ 1.92 MPa ตามลำดับ และมีค่าต้านทานมอดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 130 MPa, 182 MPa และ 197 MPa ตามลำดับ

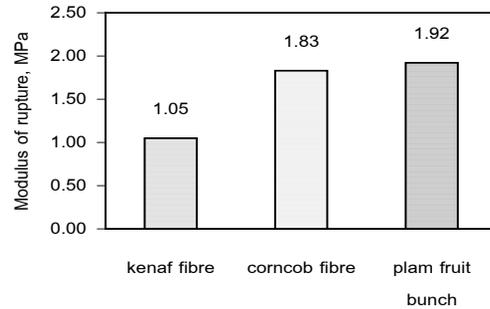


Figure 6 The modulus of rupture (MOR)

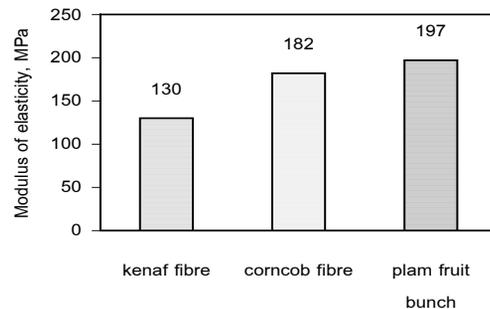
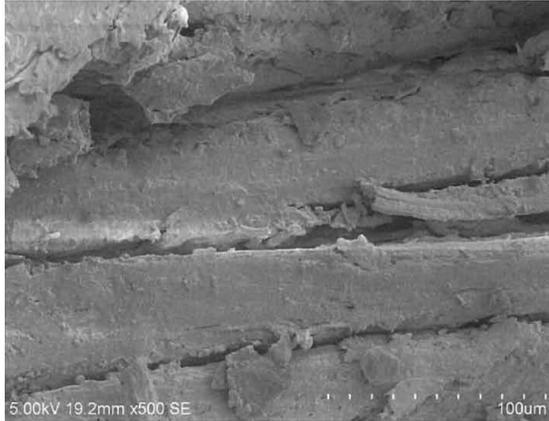
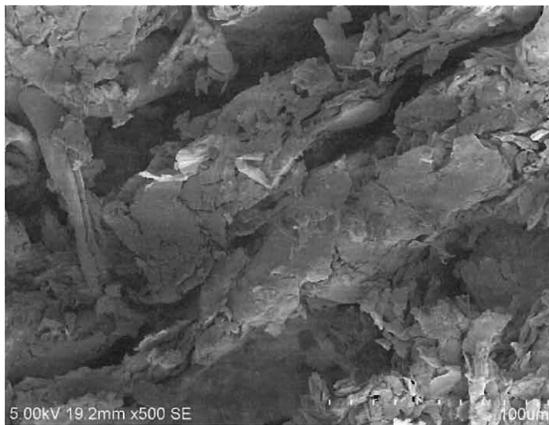
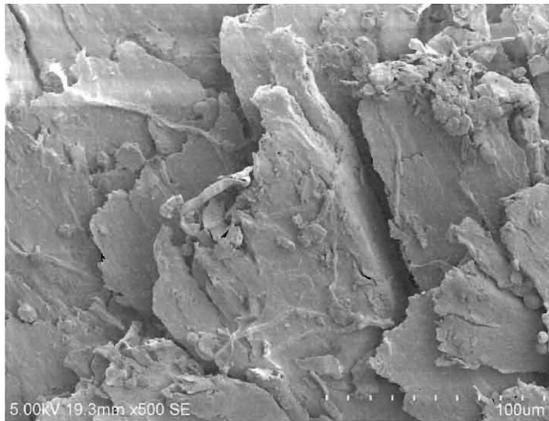


Figure 7 The modulus of elasticity (MOE)

จากการทดลองพบว่า ค่าความแข็งแรงของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่อัดขึ้นรูปจากเส้นใยทะเลายปาล์มจะมีค่าความแข็งแรงมากที่สุด เนื่องจากเส้นใยทะเลายปาล์มสามารถจับตัวกันและยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของเส้นใยได้ดีกว่าเส้นใยชังข้าวโพดและใยปอ นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าความแข็งแรงของกระเบื้องที่ผลิตขึ้นมามีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 535-2540

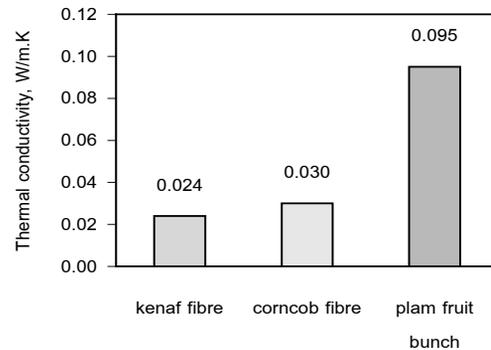
ผลภาพถ่ายตัดขวางด้วยเทคนิค SEM

Figure 8-10 แสดงข้อมูลผลภาพถ่ายตัดขวางของเส้นใยด้วยเทคนิค SEM ของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่ผลิตได้จากเส้นใยปอ ชังข้าวโพดและทะเลายปาล์ม ที่กำลังขยาย 500 เท่า


Figure 8 Microstructure of kenaf fibre

Figure 9 Microstructure of corncob fibre

Figure 10 Microstructure of palm fruit fibre

ผลจากภาพถ่ายตัดขวางของเส้นใยโดยใช้เทคนิค SEM ที่กำลังขยายเท่ากันทั้งหมดของแผ่นกระเบื้องที่ผลิตได้จากวัสดุเส้นใยปอ ช้างข้าวโพดและทะเลลายปาล์ม พบว่า มีช่องว่างระหว่างเส้นใยสำหรับสารยึดเหนี่ยวแทรกซึมเข้าไปทำให้เส้นใยสามารถยึดติดกันได้ดี โดยเฉพาะกรณีกระเบื้องที่ผลิต

จากเส้นใยทะเลลายปาล์มจะพบว่า มีพื้นที่สำหรับสารยึดติดซึมเข้าไปมากที่สุด ผลจากส่วนนี้จะทำให้กระเบื้องมีความแข็งแรงซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบความแข็งแรงที่นำเสนอใน Figure 6 - 7 สำหรับกระเบื้องที่มีพื้นที่สำหรับให้สารยึดติดแทรกซึมเข้าไปถัดมา คือ กระเบื้องที่ผลิตจากเส้นใยชั่งข้าวโพด และเส้นปอ ตามลำดับ


Figure 11 Thermal conductivity (K)

ผลการทดสอบสมบัติทางความร้อน

Figure 11 แสดงข้อมูลผลการทดสอบสมบัติค่าการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่ผลิตได้จากเส้นใยปอ ช้างข้าวโพดและทะเลลายปาล์ม ผลการทดลองพบว่า ค่าการนำความร้อนของแผ่นกระเบื้องที่ผลิตได้จากเส้นใยปอ ช้างข้าวโพด และทะเลลายปาล์มมีค่าเท่ากับ 0.024 W/m.K, 0.030 W/m.K และ 0.095 W/m.K ตามลำดับ จากกราฟสมบัติค่าการนำความร้อนพบว่าแผ่นกระเบื้องจากเส้นใยจากทะเลลายปาล์มมีค่าการนำความร้อนสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากช่องว่างหรือความพรุนของกระเบื้องที่ผลิตจากเส้นใยทะเลลายปาล์มมีค่าต่ำ ซึ่งเกิดจากสารยึดติดสามารถแทรกซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างเส้นใยทะเลลายปาล์มได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยชนิดอื่น

ผลเปรียบเทียบสมบัติการนำความร้อนกับ แผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่ผลิตวางขายตามท้องตลาด

ตารางที่ 1 นำเสนอผลการทดสอบค่าการนำความร้อนกระเบื้องที่ผลิตได้จากเส้นใยปอ ช้างข้าวโพดและทะเลลายปาล์มกับแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่จำหน่ายตามท้องตลาดจำนวน 4 ชนิด ผลการทดสอบพบว่า ค่าการนำความร้อนของกระเบื้องที่ผลิตในงานวิจัยนี้มีค่าใกล้เคียงกับกระเบื้องที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด โดยพบว่า กระเบื้องที่ผลิตจากเส้นใยปอมีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด หรือกล่าวในอีกความหมายคือ มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับชนิดอื่นๆ



Table 1 The properties of each roofing tiles.

Type of Roofing tiles	Density (kg/m ³)	Thermal Conductivity (W/m.K)	Remark
Kenaf fibre	600	0.024	Commercial roofing tiles
Corn cob fibre	600	0.030	
Palm fruit fibre	600	0.095	
Roofing tiles : A	775	0.229	
Roofing tiles : B	745	0.030	
Roofing tiles : C	745	0.040	
Roofing tiles : D	885	0.041	

สรุปผล

จากการศึกษาสมบัติของแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถสรุปผลได้ดังนี้ สมบัติทางกลของกระเบื้องมุงหลังคาที่ผลิตได้จากเส้นใยปอ ชังข้าวโพดและทะเลสาปาล์มมีค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

ผลการถ่ายภาพตัดขวางของเส้นใยด้วยเทคนิค SEM พบว่าสารยึดติดสามารถแทรกซึมเข้าไปตามช่องว่างของเส้นใยได้ดี โดยเส้นใยที่สารยึดติดแทรกซึมเข้าไปในช่องว่างได้มากที่สุดคือ เส้นใยจากทะเลสาปาล์ม

สมบัติการนำความร้อนของกระเบื้องที่ผลิตได้จากเส้นใยปอ ชังข้าวโพด และทะเลสาปาล์ม พบว่ามีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกับกระเบื้องที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด นอกจากนี้ยังพบว่ากระเบื้องที่ผลิตจากเส้นใยปอมีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด

จากผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นกระเบื้องมุงหลังคา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. สติถย์ ถิ่นแก้ว. การศึกษาการใช้เศษใยมะพร้าวผสมในแผ่นหลังคา,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (2550).

2. อาคม ปาสีโล และอำไพศักดิ์ ที่บุญมา. การศึกษาพัฒนาแผ่นกระเบื้องมุงหลังคาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11 (2558).
3. Kuhad, R.C. Lignocellulose Biotechnology: Current and future prospects. Critical Review in Biotechnology 1993; 3(2):151-172.
4. Alpagut Kara , Fahri Ozer , Kagan Kayaci and Pinar Ozer. Development of a multipurpose tile body: Phase and microstructural development. Journal of the European Ceramic Society 2006; 26:3769-3782.
5. Raimondoa, M., Ceroni, C., Dondi, M. Guarini, G., Marsigli, M., Venturi, I. and Zanelli, C. Durability of clay roofing tiles: the influence of microstructural and compositional variables. Journal of the European Ceramic Society 2009; 29:3121–3128.
6. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา, มอก. 535-2540, กระทรวงอุตสาหกรรม (2540).
7. Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus. ASTM C177-10.