แผ่นฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ

ราฮูนี ดีตรีเพชร ซุลยาณี ราแดง เพ็ญแข วานิ และอาบีดีน ดะแซสาเมาะ*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ยะลา 95000
*E-mail: abedeen.d@yru.ac.th

รับบทความ: 10 มีนาคม 2555 ยอมรับตีพิมพ์: 7 พฤษภาคม 2555

บทคัดย่อ

เถ้าไม้ยางพาราเป็นสิ่งเหลือใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานชีวมวล มีน้ำหนักเบา มีสมบัติทางความร้อนที่ดี งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าไม้ยางพาราผสมกับเส้นใยธรรมชาติเป็นตัวเสริมแรงเพื่อใช้เป็นฉนวน โดยใช้กาวแดงเป็นตัวเชื่อมประสาน ทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล ตามมาตรฐาน JIS A 5908-1994 ทดสอบการดูดซับเสียง และการนำความร้อนตามมาตรฐานทดสอบ ASTM C 384-03 พบว่า เส้นใยธรรมชาติทำให้ค่าความหนาแน่นและการพองตัวทางความหนาลดลง แต่อัตราการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น และมีสมบัติทางกลดีขึ้น สำหรับสมบัติด้านฉนวน พบว่า เส้นใยธรรมชาติทำให้ฉนวนจากเถ้าไม้ยางพารามีค่าการนำความร้อนลดลง แต่มีผลให้สมบัติในการดูดซับเสียงมีค่าดีขึ้น มีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงปานกลาง ดูดซับเสียงดีที่ความถี่ 2 kHz จัดเป็นวัสดุดูดซับเสียงประเภทรูพรุน (porous dissipative absorber) จากการวิจัยสรุปได้ว่า ฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ มีความเหมาะในการใช้งานเป็นฉนวนทางเสียงในย่านความถี่เสียงสูง

คำสำคัญ: เถ้าไม้ยางพารา เส้นใยธรรมชาติ แผ่นฉนวน

Insulation Board from Para Rubber Wood Fly Ash Reinforced by Mineral Fiber

Rahunee Deetriphet, Sulyanee Radeng, Penkae Vani and Abedeen Dasaesamoh*

Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala 95000, Thailand
*E-mail: abedeen.d@yru.ac.th

Abstract

Para rubber wood fly ash (PWFA), a by-product in the biomass power plant, is light weight with good thermal properties. This study aimed to examine the feasibility of using PWFA mixed with natural fibers as reinforcement for insulation board. Physical properties, mechanical properties, sound absorption coefficient, and thermal conductivity were tested according to JIS A 5908-1994 and ASTM C 384-03 standards. The results showed that density and thickness swelling were decreased while the rate of water absorption was increased. It had better mechanical properties. For insulating properties, thermal conductivity values were decreased; however, the sound absorption property was improved. Insulation board is porous dissipative absorber or medium effective in absorbing and high absorption at a frequency of 2 kHz. It can be concluded that mineral fiber-reinforced PWFA insulating board is recommended to apply for sound insulating materials.

Keywords: Para-Rubber Wood Fly Ash, Natural Fiber, Insulating Board

บทนำ:

จากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทำให้ที่อยู่อาศัยในปัจจุบันนิยมใช้ฉนวนความร้อนกันเพื่อถ่ายโอนความร้อนให้กับที่อยู่อาศัย วัสดุฉนวนส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศและส่วนประกอบของสารเคมี อาจทำให้เกิดอันตรายได้เมื่อสูดดมเข้าไปในร่างกาย ดังนั้น การใช้ฉนวนที่ทำมาจากธรรมชาติจึงเป็นแนวทางในการลดอันตรายจากการใช้งาน และลดค่าใช้จ่ายในการนำเข้าสินค้า อีกทั้งเป็นประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น กาบมะพร้าว (ใยมะพร้าว) ใยกล้วย ใยชานอ้อย เส้นใยเหล่านี้เป็นเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ มีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีความยืดหยุ่นสูง เหนียว แข็งแรง ทนทาน ความหนาแน่นต่ำ มีน้ำหนักเบา ที่สำคัญไม่ก่อให้เกิดอันตราย (มาลินี ชัยศุวกิจ-สิทธิ์, 2553; ศรีไฉล ขุนทน และคณะ, 2541) จึงมีความน่าสนใจในการนำมาเป็นเส้นใยเสริมแรง (reinforcement) เพิ่มความยืดหยุ่นให้กับแผ่นฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราซึ่งมีสมบัติเด่นด้านฉนวนเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้ฉนวน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เสริมแรงแผ่นฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราด้วยเส้นใยธรรมชาติ
2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติในการดูดซับเสียง และสมบัติทางความร้อนของแผ่นฉนวน

วิธีดำเนินการวิจัย

ส่วนผสมในการเตรียมฉนวนความร้อนสำหรับการวิจัยนี้ประกอบด้วยเถ้าไม้ยางพารา และเส้นใยธรรมชาติได้แก่ กาบมะพร้าว กล้วย และชานอ้อย เตรียมส่วนผสมโดยร่อนเถ้าไม้ยางพาราผ่านตะแกรงเบอร์ 40 (รูพรุนขนาด 75 μm) สำหรับเส้นใยธรรมชาติ ล้างและตากให้แห้ง จากนั้นฉีกตามแนวของเส้นใย ตัดให้มีขนาดเล็ก และนำไปปั่น สัดส่วนของเถ้าไม้ยางพาราต่อเส้นใย กำหนดให้มีค่าคงที่ที่สัดส่วน 95 ต่อ 5 สำหรับตัวประสานในการเชื่อมประสานเถ้าไม้ยางพาราและเส้นใยธรรมชาติในการวิจัยนี้เลือกใช้กาวผง (กาวแดง) ซึ่งมีสมบัติกันน้ำได้ มีความชื้นน้อยมาก มีน้ำหนักเบา เกิดเชื้อราได้ยาก และทนทานต่อน้ำมันและสารระเหย โดยละลายกาวกับน้ำในอัตราส่วน 1:1

จากสัดส่วนการผสมข้างต้นผสมเถ้าไม้ยางพาราและเส้นใยธรรมชาติกับตัวเชื่อมประสาน ในสัดส่วน 40:60 โดยน้ำหนัก เทลงในแบบขนาด 20 × 20 × 1.6 cm^3 ตั้งทิ้งไว้ 7 วัน จากนั้นนำไปอบเพื่อระเหยความชื้น ที่อุณหภูมิ 60^oC เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติในการดูดซับเสียง และสมบัติทางความร้อน ดังนี้

1. สมบัติทางกายภาพ

สมบัติทางกายภาพที่ทำการทดสอบ ได้แก่ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และการพองตัวทางความหนา ตามมาตรฐานการทดสอบ JIS A 5908-1994 โดยตัดแผ่นฉนวนขนาด 50 × 50 mm^2 ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้

ความหนาแน่น (density) นำชิ้นส่วนชั่งน้ำหนัก (m) คำนวณปริมาตร (V) โดยวัดความกว้างและความยาวของชิ้น โดยวางเครื่องมือให้ทำมุมกับแนวระนาบของชิ้นทดสอบขนานกับขอบแล้วหาค่าเฉลี่ย วัดความหนาของชิ้นทดสอบ 4 ตำแหน่ง ด้วยไมโครมิเตอร์วัด และหาค่าเฉลี่ยความหนาตามสมการที่ 1

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{m}{V} \qquad \text{- - - (1)}$$

การดูดซึมน้ำ (water absorption) นำชิ้นทดสอบไปชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักก่อนการแช่น้ำ (W_1) จากนั้นวางชิ้นทดสอบไปแช่น้ำโดยนำไปวางในน้ำในระนาบเดียวกับระดับผิวน้ำโดยให้ขอบบนอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 20 mm แช่ชิ้นทดสอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำและชั่งหาน้ำหนักหลังแช่น้ำ (W_2) คำนวณร้อยละการดูดซึมน้ำตามสมการที่ 2

$$\text{ร้อยละการดูดซึมน้ำ} = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100 \qquad \text{- - - (2)}$$

การพองตัวทางความหนา (thickness swelling) วัดความหนาชิ้นทดสอบทั้ง 4 มุม หาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาก่อนแช่น้ำ (t_1) นำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำในภาชนะที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแช่ชิ้นครบ 24 ชั่วโมงแล้ว นำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำและวัดความหนาตามตำแหน่งเดิม เป็นความหนาหลังแช่น้ำ (t_2) คำนวณร้อยละการพองตัวตามความหนาตามสมการที่3

$$\text{ร้อยละการพองตัวตามความหนา} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \qquad \text{- - - (3)}$$

2. สมบัติทางกล

สมบัติทางกลที่ทดสอบ ได้แก่ มอดูลัสแตกร้าว และมอดูลัสยืดหยุ่น ทดลองโดยวางชิ้นทดสอบขนาด 5 × 20 × 1 cm^3 ลงบนแท่นรองรับ โดยมีระยะห่าง 15 เท่าของความหนา

ของชิ้นทดสอบ ให้ปลายชิ้นทดสอบยื่นออกไปจากแท่นรองรับข้างละ 25 mm เท่าๆ กัน ให้แรงกดลงบนจุดกึ่งกลางของชิ้นทดสอบด้วยเครื่องทดสอบมอดูลัส (Force gauge) รุ่น FG-20 KG -232 อัตราเร็วในการกด 10 mm/s บันทึกระยะแอ่นตัวของชิ้นทดสอบที่ค่าแรงกดต่างๆ เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะแอ่นตัวกับแรงที่ใช้กด นำค่าที่ได้มาคำนวณเพื่อหาค่ามอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นจากสมการที่ 4

ภาพที่ 1 ทดสอบมอดูลัส (Force Gauge) รุ่น FG-20 KG -232

$$f_m = \frac{3F_{max}l_1}{2bt^2} \qquad \text{- - - (4)}$$

$$E_m = \frac{l_1^3(F_2 - F_1)}{4bt^3(a_2 - a_1)} \qquad \text{- - - (5)}$$

เมื่อ f_m แทนมอดูลัสแตกร้าว (MPa), F_{max} แทนแรงกดสูงสุดที่ชิ้นทดสอบได้รับ (N), l แทนระยะห่างของแท่นรองรับ (mm), b แทนความกว้างของชิ้นทดสอบ (mm), t แทนความหนาเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ (mm), Em แทนมอดูลัสยืดหยุ่น (MPa), l_1 แทนระยะห่างของแท่นรองรับ(mm), $(F_1 - F_2)$ แทนแรงกดที่กระทำเพิ่มขึ้นในช่วงที่กราฟเป็นเส้นตรง (N) และ $(a_1 - a_2)$ แทนระยะแอ่นตัวของชิ้นทดสอบที่เพิ่มขึ้นช่วงที่กราฟเป็นเส้นตรง (mm)

3. สมบัติในการดูดซับเสียง

หาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของฉนวนด้วยเทคนิคของท่อคลื่นนิ่งตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM C384-03 ที่พัฒนาโดย อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2553) ทดสอบที่ความถี่ 250 500 1,000 และ 2,000 Hz เปรียบเทียบความสามารถในการลดทอนเสียงด้วยค่าสัมประสิทธิ์การลดระดับความดังของเสียง (Noise Reduction Coefficient, NRC) ซึ่งเป็นค่า เฉลี่ยเลขคณิตของสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ความถี่ 250 500 1,000 และ 2,000 Hz

ภาพที่ 2 ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงโดยเทคนิคท่อคลื่นนิ่ง

4. สมบัติทางความร้อน

ทดสอบการนำความร้อนโดยให้ความร้อนที่บริเวณผิวชิ้นทดสอบด้านล่าง ความร้อนจะมีการถ่ายโอนจากผิวล่างไปยังผิวบนของชิ้นทดสอบ วัดปริมาณความร้อนที่ผ่านชิ้นทดสอบจากผิวล่างไปยังผิวบนด้วยหัววัดการไหลผ่านความร้อน (heat flow sensor) บันทึกค่าอุณหภูมิผิวล่าง (T_h) อุณหภูมิผิวบน (T_l) จากนั้นคำนวณหาสภาพการนำความร้อน ดังสมการที่ 6

$$q_c = kA\frac{T_h - T_l}{L} \qquad \text{- - - (6)}$$

ภาพที่ 3 ทดสอบการนำความร้อน

เมื่อ q_c แทนปริมาณของความร้อนที่ถ่ายเทโดยการนำความร้อน (W), K แทนค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (W/m.K), T_h แทนอุณหภูมิฝั่งที่ร้อนของวัสดุ (K), T_l แทนอุณหภูมิฝั่งที่เย็นของวัสดุ (K), L แทนระยะระหว่างฝั่งที่ร้อนกับกับเย็นหรือความหนา (m) และ A แทนพื้นที่หน้าตัด (area) ของวัสดุตัวนำ (m^2)

ผลการศึกษา

จากการวิจัยเพื่อพัฒนาฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราเตรียมฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ (ภาพที่ 4) และทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สมบัติทางเสียง และสมบัติทางความร้อนได้ผลการทดลองดังนี้

ภาพที่ 4 ฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ

ลักษณะทางกายภาพปรากฏ ของฉนวนมีลักษณะสีน้ำตาลคล้ำ ผิวเรียบ มีเส้นใยปรากฏเล็กน้อย ส่วนฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราที่ไม่มีการเสริมเส้นใยจะมีสีดำคล้ำกว่าผิวเรียบ

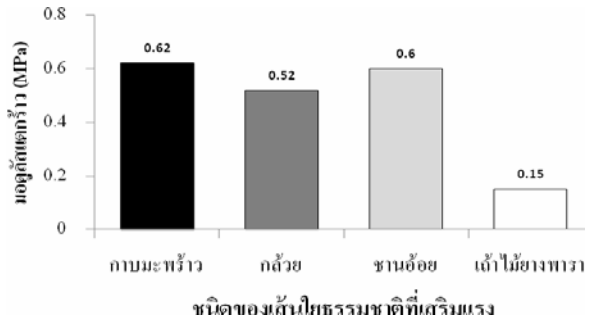
ตารางที่ 1 สมบัติต่าง ๆ ของฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ

คุณสมบัติ	ฉนวนจากเถ้าไม้ยางพารา	ชนิดของเส้นใยที่เสริมแรง		
		กาบมะพร้าว	กล้วย	ชานอ้อย
ความหนาแน่น (g/cm^2)	1.16	0.94	1.14	0.92
การดูดซึมน้ำ (%)	15.69	27.91	24.44	17.02
การพองตัวทางความหนา (%)	1.07	0.92	0.63	1.50

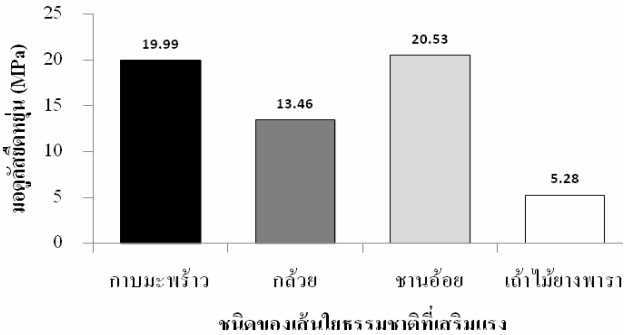
จากการศึกษาฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติจากเส้นใยกาบมะพร้าว เส้นใยกล้วย และเส้นใยชานอ้อย เมื่อมีการเติมเส้นใยมีผลทำให้ความหนาแน่นและการพองตัวทางความหนาลดลง เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเติมเส้นใย

มอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่น

มอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ จะเห็นได้ว่า เส้นใยมีผลทำให้ฉนวนแข็งแรงมากยิ่งขึ้นแต่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 20 MPa และ 2,200 MPa ตามลำดับ (Japanese Standards Association, 1994) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 มอดูลัสแตกร้าวของฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ



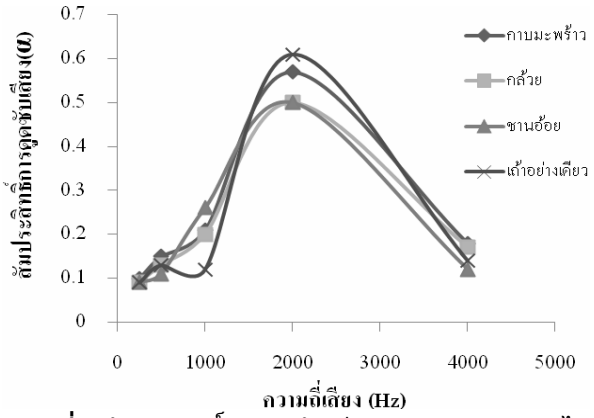
ภาพที่ 6 มอดูลัสยืดหยุ่นของฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ

การนำความร้อน

จากการทดสอบ พบว่า เส้นใยธรรมชาติมีผลต่อค่าการนำความร้อน กล่าวคือ เส้นใยธรรมชาติมีผลทำให้มีสภาพการนำความร้อนลดลง แสดงว่า ฉนวนจากเถ้าไม้ยางพารามีค่าสภาพการนำความร้อนเท่ากับ 0.44 W/mK โดยเมื่อมีการเติมเส้นใยธรรมชาติทำให้ค่าสภาพการนำความร้อนมีค่าเป็น 0.39 0.38 และ 0.29 W/mK สำหรับค่าสภาพการนำความร้อนที่เสริมแรงด้วยเส้นใยกาบมะพร้าว เส้นใยกล้วย และเส้นใยชานอ้อย ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเส้นใยธรรมชาติที่เสริมแรงทำให้ค่าการนำความร้อนของฉนวนมีค่าลดลง สภาพการนำความร้อน ขึ้นอยู่กับการเสริมเส้นใย แต่ไม่ขึ้นกับชนิดของเส้นใย เมื่อเปรียบเทียบการนำความร้อนของฉนวนต่าง ๆ ของ สมเจตน์ พัชรพันธ์ และคณะ (2545) จะมีค่าการนำความร้อนที่สูงกว่า ค่าการนำความร้อนค่าที่ต่ำกว่าจะลดการสูญเสียพลังงานได้ดีกว่า

การดูดซับเสียง

การดูดซับเสียงพบว่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติจะดูดซับเสียงสูงที่ความถี่ 2,000 Hz ดังภาพที่ 7 เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงที่ค่าความถี่ 250 500 1,000 2,000 และ 4,000 Hz คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียง (NRC) มีค่า 0.28 0.24 0.23 และ 0.23 สำหรับฉนวนที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าว เส้นใยชานอ้อย เส้นใยกล้วย และที่มีเถ้าไม้ยางพารา ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า วัสดุมีประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงปานกลาง และสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงมีค่าขึ้นกับความหนาแน่นของวัสดุ



ภาพที่ 7 สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา พบว่า สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำและการพองตัวทางความหนาของฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ (เส้นใยกาบมะพร้าว เส้นใยกล้วย และเส้นใยชานอ้อย) พบว่าเมื่อมีการเติมเส้นใยธรรมชาติมีผลทำให้ความหนาแน่นและการพองตัวทางความหนาลดลง เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น สำหรับสมบัติทางกลได้แก่มอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ แต่ยังมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์กำหนด คือ ค่ามอดูลัสแตกร้าวและมอดูลัสยืดหยุ่นมีค่าไม่น้อยกว่า 20 MPa และ 2,200 MPa (Japanese Standards Association, 1994) ตามลำดับ สำหรับสมบัติด้านฉนวน พบว่า ฉนวนจากเถ้าไม้ยางพาราเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติมีค่าการนำความร้อนลดลงเมื่อมีการเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติ แต่มีค่าการดูดซับเสียงที่เพิ่มขึ้น ดูดซับเสียงสูงที่ย่านความถี่เสียง 2 kHz โดยจากค่าการนำความร้อนและค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงพบว่าฉนวนจากเถ้าไม้ยางพารา ยังไม่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นฉนวนทางความร้อน เนื่องจากมีค่าการนำความร้อนที่สูง (สมเจตน์ พัชรพันธ์ และคณะ, 2545) แต่มีความน่าสนใจใช้เป็นฉนวนทางเสียง เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของเสียงจัดอยู่ในช่วงการดูดซับเสียงปานกลาง (Cowan, 1994)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ปี พ.ศ. 2554

เอกสารอ้างอิง

มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ ทิพย์รัตน์ พิฑูรทัศน์ พนิดา พุทธชาด สมบัติ และรัชมาลิณี สุเริงฤทธิ์. (2553). สมบัติของแผ่นใยไม้อัดจากใยมะพร้าวกับโฟมพอลิสไตรีนผสมสารหน่วงไฟ. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา** 15(2): 57-66.

ศรีไฉล ขุนทน โสภณ เริงสำราญ และปราณี รัตนวลีดิโรจน์. (2541). **การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากชานอ้อย**. สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมเจตน์ พัชรพันธ์ พัฒนะ รักความสุข ณรงค์ฤทธิ์ สมบัติ สมภพ วรธรรม อุ่นจิตติชัย ชลาธร จันทร์ทัด ศกุนธี สมบูรณ์วิทย์ และรุ่งอรุณ ประเสริฐศักดิ์. (2545). **การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยหญ้าแฝกและน้ำยางธรรมชาติ**. โครงการทุนวิจัยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ ไลลา ดะดุนะ และสูฮัยลา สือแม. (2553, กรกฎาคม). สัมประสิทธิ์การดูดซับเสียงของวัสดุปูพื้น. **การประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อนำเสนอผลงานวิจัย.** มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

Cowan, J. P. (1994). **Handbook of Environmental Acoustics.** Van Nostrand Reinhold: International Thomson.

Japanese Standards Association. (1994). **Fiberboards JIS A 5905-1994.** Japanese Industrial Standard. Tokyo: Hohbunsha.