ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ
ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – เมษายน 2559

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

การพัฒนาฉนวนกันความร้อนสู่อาคารจากซังข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติ*

The Development of Building Thermal Insulation from Corncob and Natural Rubber Latex

อนุภา สกุลพาณิชย์ (Anupa Sakulpanich)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำซังข้าวโพดที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อนเพื่อทดแทนฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากใยสังเคราะห์และใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นตัวเชื่อมประสานภายในแผ่น เพื่อลดปริมาณการใช้กาวสังเคราะห์ที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม โดยในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองเป็น 4 ขั้นตอนหลักคือ (1) การทดลองผลิตขึ้นรูปแผ่นฉนวน (2) การทดสอบหาค่าคุณสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล และเชิงความร้อนตามมาตรฐาน JIS A 5905 (3) ทดสอบความสามารถในการป้องกันความร้อนด้วยกล่องทดลองเปรียบเทียบกับฉนวนตามท้องตลาด (4) ประเมินต้นทุนการผลิต ในการผลิตฉนวนได้ใช้น้ำยางธรรมชาติผสมกับน้ำในสัดส่วนที่แตกต่างกัน 4 แบบ ได้แก่ น้ำยางธรรมชาติต่อน้ำ 1:0, 1:1, 2:1 และ 1:2 โดยแบ่งความหนาแน่นเป็น 2 แบบ คือ 200 Kg/m³ และ 300 Kg/m³ ขึ้นรูปด้วยการนำซังข้าวโพดมาจุ่มในน้ำยางแล้วใส่ในแม่พิมพ์และอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที จากการวิจัยพบว่า (1) ฉนวนสัดส่วนน้ำยางต่อน้ำ 1:0 และ 2:1 ทั้งความหนาแน่น 200 Kg/m³ และ 300 Kg/m³ มีการจับยึดกันภายในแผ่นดีกว่าฉนวนแบบอื่นๆ แต่แผ่นฉนวนสัดส่วน 1:0 มีน้ำหนักมากกว่าสัดส่วน 2:1 (2) การทดสอบหาค่าคุณสมบัติของแผ่นฉนวนพบว่ามีค่าความหนาแน่น, ค่าปริมาณความชื้น, ค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ และค่าต้านทานความร้อนผ่านตามมาตรฐาน JIS A 5905 ยกเว้นค่ามอดุลัสแตกร้าวที่ไม่ผ่านมาตรฐาน และแผ่นฉนวนความหนาแน่น 300 Kg/m³ สัดส่วนน้ำยางธรรมชาติต่อน้ำ 1:0, 1:1 และ 2:1 มีค่าการนำความร้อน 0.068 W/mK, 0.067 W/mK และ 0.066 W/mK ตามลำดับ (3) ทดสอบการป้องกันความร้อนด้วยกล่องทดลองเปรียบเทียบฉนวนซังข้าวโพดความหนาแน่น 300 Kg/m³ สัดส่วน 2:1 หนา 1.5 เซนติเมตร กับฉนวนโฟมโพลีเอทธีลีนหนา 1 เซนติเมตร พบว่าลดความร้อนได้ใกล้เคียงกัน (4) ฉนวนจากซังข้าวโพดมีราคาต่ำกว่าฉนวนโฟมโพลีเอทธีลีน 49.11% พิจารณาแล้วมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาฉนวนจากซังข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติเพื่อทดแทนฉนวนที่ผลิตจากเส้นใยและกาวสังเคราะห์

---

* บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

This article is part of the thesis. Master of Architecture Program in Architecture, Silpakorn University

** นักศึกษาหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
E-mail: alphazai@yahoo.com อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.พันธุดา พุฒิไพโรจน์

A student in Master of Architecture Program (Architecture), Silpakorn University
E-mail: alphazai@yahoo.com Thesis Advisor: Assoc. Prof. Pantuda Puthipiroj

อนุภา สกุลพาณิชย์. "การพัฒนาฉนวนกันความร้อนสู่อาคารจากซังข้าวโพด " [ออนไลน์] [อ้างถึงวันที่ 11 กันยายน 2560] เข้าถึงจาก https://www.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/view/61875/51003

Abstract

The objective of this research is to explore the way to reuse corncob; the agricultural leftover materials, as 'Thermal Insulation' instead of using synthetic fabrics. The insulation produced from bonding by natural rubber latex in order to reduce synthetic adhesives that affect health and the environment.In the experiment can be separated into 4 steps. (1) The casting (2) Testing for physical, mechanical and thermal properties. (3) Comparative testing of thermal reduction between corncob insulation board and other materials with testing boxes. (4) Estimation of production cost. The process of casting by testing of mixing between natural rubber latex and water with the 4 different specific ratios 1:0, 1:1, 2:1, and 1:2 under different densities as 200 Kg/m³ and 300 Kg/m³. Producing corncob insulation board by dipped corncob in natural rubber latex and then put in the mold plate and done in the hot oven at 100°C for 1 hour 30 minutes.

According to the experiment, (1) the ratio of water and corncob 1:0 and 2:1 has the better bonding property than other ratio. However, using pure natural latex ratio 1:0 weight more than the ratio of 2:1. (2) According to the testing for the properties of insulation, the test defined that the insulations have the density, moisture, swelling in thickness after immersion in water and thermal comply with JISA 5905 standard for except modulus of rupture property. The 300 Kg/m³ density corncob insulation that was use the ratio between natural latex and water 1:0, 1:1 and 2:1 have the convection result 0.068 W/mK, 0.067 W/mK and 0.066 W/mK respectively. (3) Comparative testing of thermal reduction, corncob insulation ratio 2:1 with density of 300 Kg/m³ 1.5 cm thick reduced temperatures similar to 1 cm thick polyethylene foam. (4) The corncob insulation cost 49.11% lower than polyethylene foam. There are possibilities of insulation improvement from corncob by natural latex as bonding instead of using the synthetic fiber thermal insulation and synthetic adhesive.

บทนำ

ปัจจุบันฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคารส่วนใหญ่ที่มีอยู่ตามท้องตลาดนั้นผลิตมาจากวัสดุสังเคราะห์ เช่น ใยแก้ว โฟม อลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งเป็นวัสดุที่มีมูลค่าในการนำเข้าสูงและมักมีข้อกังวลว่าอาจจะส่งผลต่อสุขภาพเมื่อนำมาใช้งาน ประจวบกับในแต่ละปีประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรมจะมีผลพลอยได้หรือสิ่งเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมทางการเกษตรมากถึงหลายล้านตัน จึงได้มีการวิจัยเพื่อนำสิ่งเหลือใช้เหล่านี้มาผลิตเป็นวัสดุใหม่ นอกเหนือจากการนำไปเป็นอาหารสัตว์และเชื้อเพลิง หนึ่งในนั้นคือฉนวนป้องกันความร้อน เพราะในโครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติมีลักษณะเป็นโพรงอากาศ ทำให้มีค่าการนำความร้อนต่ำและมีสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อน นอกจากนี้วัสดุทางการเกษตรซึ่งเป็นพืชที่มีเส้นใยจะมีโครงสร้างประกอบด้วยสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส(hemi-cellulose) และลิกนิน (lignin) โดยเฉพาะเซลลูโลสมีปริมาณที่

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

สูงถึงร้อยละ 60-80 ของสารประกอบทั้งหมดสามารถนำมาทำเป็นฉนวนได้เป็นอย่างดี หาได้ง่าย ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

งานวิจัยนี้ได้เลือกซังข้าวโพดซึ่งเป็นหนึ่งในวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมการเกษตรมาทำการทดสอบผลิตเป็นแผ่นฉนวนกันความร้อนสู่อาคาร เนื่องจากข้าวโพดมีปริมาณการผลิตสูงในแต่ละปี ซึ่งหลังจากการแปรรูปฝักข้าวโพดในอุตสาหกรรมการเกษตรโดยการคัดเมล็ดออกแล้วจะมีส่วนเหลือทิ้งเป็นซังข้าวโพดจำนวนมาก นอกจากนี้จากการวิจัยเพื่อการพัฒนาแผ่นฉนวนความร้อนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของธนัญชัย ปคุณวรกิจ (2548) ระบุว่าเส้นใยจากซังข้าวโพดยังมีคุณลักษณะของฉนวนกันป้องความร้อนที่ดี เมื่อพิจารณาแล้วมีความเป็นไปได้ที่จะนำซังข้าวโพดมาทำเป็นฉนวนป้องกันความร้อน และ จากการวิจัยการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยหญ้าแฝกและน้ำยางธรรมชาติของสมเจตน์ พัชรพันธ์และคณะ (2550) พบว่าน้ำยางธรรมชาติสามารถนำมาใช้เป็นตัวประสานในการขึ้นรูปแผ่นฉนวนป้องกันความร้อนแทนการใช้กาวยูเรีย-ฟอร์มาลดีไฮด์ที่เป็นสารจำพวกฟอร์มาลดีไฮด์ซึ่งมีผลกระทบกับสุขภาพได้ จึงนับว่าเป็นแนวทางที่ดีในการพัฒนาฉนวนป้องกันความร้อนจากวัสดุทางธรรมชาติเพื่อความยั่งยืนในการอนุรักษ์พลังงานต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากซังข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติ โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนสู่อาคารและต้นทุนในการผลิตกับแผ่นฉนวนที่มีขายตามท้องตลาด รวมถึงเป็นแนวทางในการพัฒนาหรือปรับปรุงฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานต่อไปในอนาค

ขอบเขตของการวิจัย

1. ทดสอบวิธีการขึ้นรูปแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากซังข้าวโพดและน้ำยางธรรมชาติ
2. ทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฉนวนที่ผลิตจากซังข้าวโพดภายใต้มาตรฐาน JIS A 5905
3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนของแผ่นฉนวนซังข้าวโพดกับแผ่น ฉนวนที่มีขายตามท้องตลาดด้วยกล่องทดลอง

วิธีการวิจัย

มีขั้นตอนการวิจัยตามลำดับดังต่อไปนี้

1. การเตรียมองค์ประกอบในการผลิตแผ่นฉนวน

เป็นการจัดเตรียมวัสดุในการผลิต ได้แก่ ซังข้าวโพด, น้ำยางธรรมชาติและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัยโดยซังข้าวโพดที่นำมาทดลองต้องผ่านการบดและคัดแยกขนาด

2. การทดลองผลิตแผ่นฉนวน

ทดลองการขึ้นรูปแผ่นฉนวนกันความร้อนจากซังข้าวโพดโดยใช้น้ำยางธรรมชาติ (Latex 60%) เป็นตัวประสานโดยแบ่งเป็นแผ่นความหนาแน่น 200 Kg/m^3 และ 300 Kg/m^3 (มาตรฐาน JIS A 5905 ระบุให้แผ่นฉนวนมีความหนาแน่นไม่เกิน 350 Kg/m^3)

3. การทดสอบคุณสมบัติของแผ่นฉนวน

ทั้งสมบัติเชิงกายภาพ (Physical properties tests), สมบัติเชิงกล (Mechanical properties tests) และสมบัติเชิงความร้อน (Thermal conductivity properties tests) โดยอ้างอิงการทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5905 โดยหาค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างทดสอบ 3 ชิ้นในแต่ละหัวข้อ

4. การทดสอบความสามารถในการป้องกันความร้อนด้วยกล่องทดลองเปรียบเทียบกับฉนวนตามท้องตลาด โดยใช้ Data logger รุ่น Testo177-T4 และสาย Thermocouple Type-T เป็นตัวัดอุณหภูมิแล้วประมวลผลด้วยโปรแกรม Testo Comfort

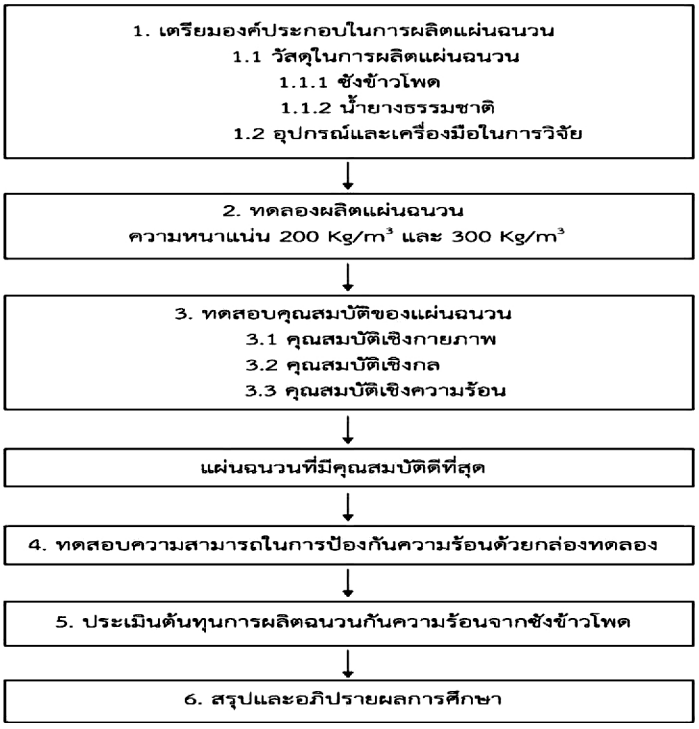
5. ประเมินต้นทุนการผลิตฉนวนกันความร้อนจากซังข้าวโพด

6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย

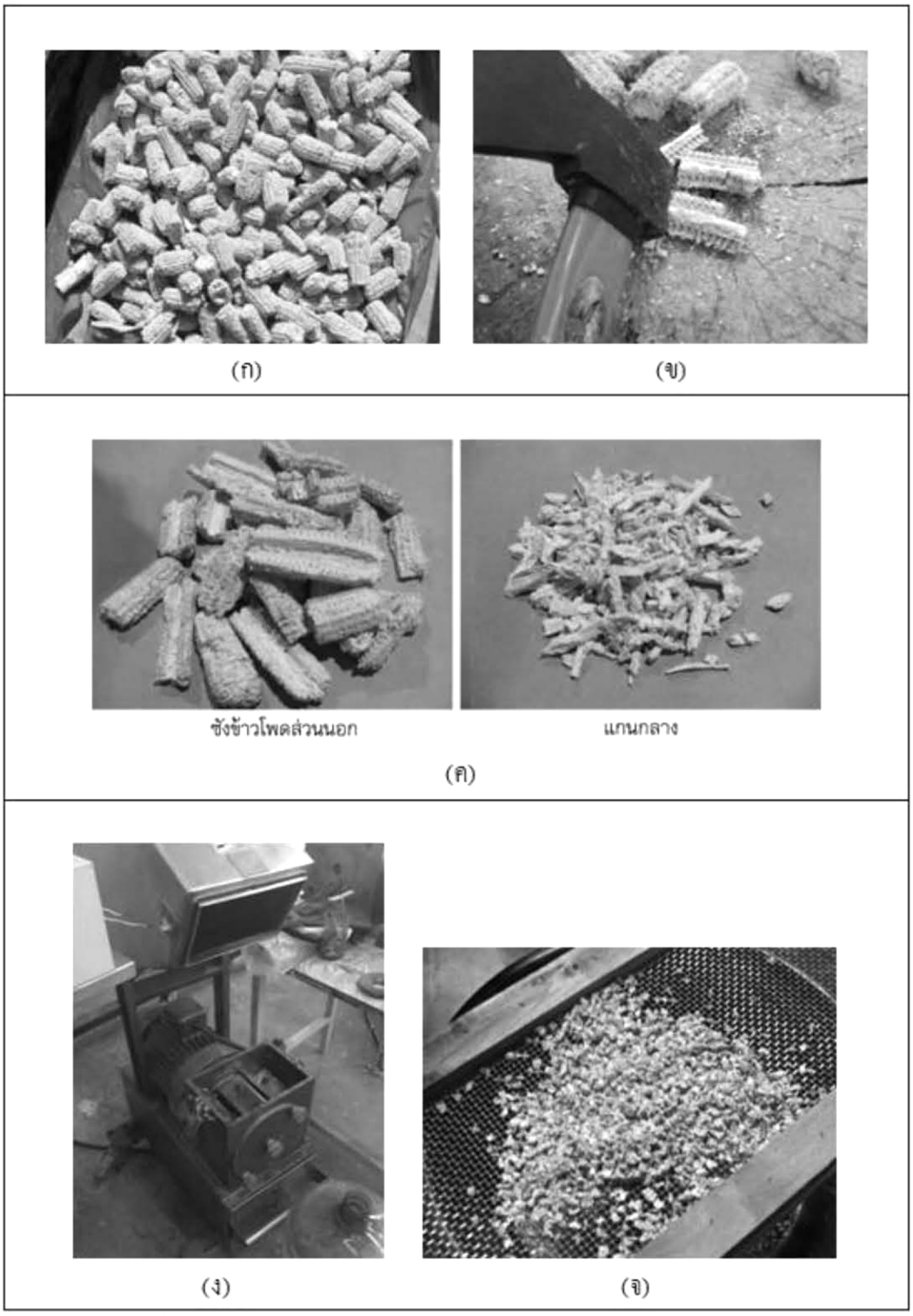
1. ผลการทดสอบผลิตแผ่นฉนวนซังข้าวโพด

จากทดสอบการขึ้นรูปแผ่นฉนวนด้วยการฉีดพ่นน้ำยางเพื่อให้เคลือบซังข้าวโพดก่อนนำไปอบด้วยเครื่อง Dryer Hopper หรือตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมงนั้นไม่สามารถทำให้ฉนวนยึดกันเป็นแผ่นได้ จึงต้องเปลี่ยนเป็นวิธีขึ้นรูป โดยนำซังข้าวโพดไปจุ่มลงในน้ำยางให้ทั่วถึงก่อนจะนำมาเรียงอัดใส่ในแม่พิมพ์แล้วอบด้วยเครื่อง Dryer Hopper ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ผลปรากฏว่าซังข้าวโพดที่จุ่มในน้ำยางก่อนนำไปอบนั้นสามารถยึดเหนี่ยวเป็นแผ่นได้ดี แต่ปัญหาที่พบต่อมาคือน้ำหนักของเนื้อยางทำให้แผ่นฉนวนมีน้ำหนักมากขึ้นกว่าที่คาดไว้ จึงได้ปรับการทดลองด้วยการเจือจางน้ำยางด้วยน้ำ เพื่อลดน้ำหนักลง โดยแบ่งสัดส่วนระหว่างน้ำยางและน้ำเป็น 4 สัดส่วน คือ (1) น้ำยางอย่างเดียวไม่ผสมน้ำ (2) น้ำยาง 1 : น้ำ 1 (3) น้ำยาง 2 : น้ำ 1 (4) น้ำยาง 1 : น้ำ 2

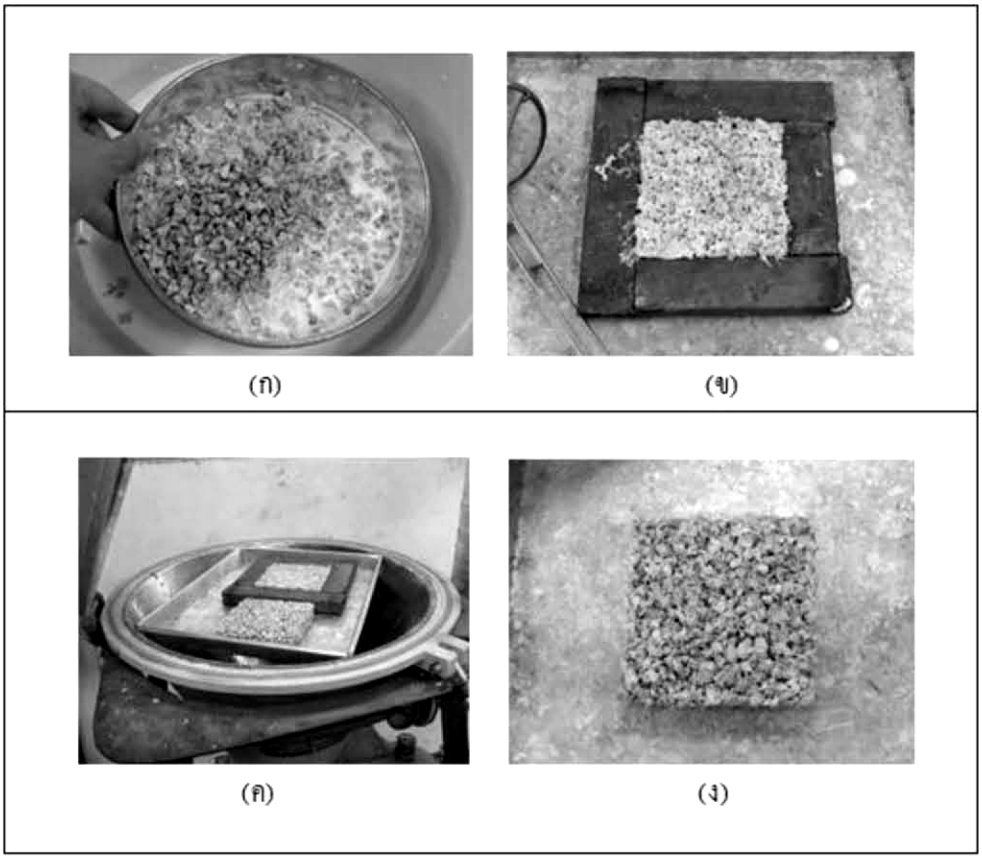


Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

แผนภูมิที่ 1 แสดงขั้นตอนดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมซังข้าวโพด (ก) ขั้นตอนที่ 1 การตากแห้งซังข้าวโพด (ข) ขั้นตอนที่ 2 การทุบซังข้าวโพด (ค) ซังข้าวโพดส่วนนอกและแกนกลาง (ง) ขั้นตอนที่ 3 บดซังข้าวโพดในเครื่อง Crusher (จ) ขั้นตอนที่ 4 ร่อนซังข้าวโพดหลังบดเพื่อคัดแยกขนาด



ภาพที่ 2 ขั้นตอนขึ้นรูปของฉนวนซังข้าวโพด (ก) การจุ่มซังข้าวโพดลงในน้ำยาง (ข) ใส่ซังข้าวโพดที่ผ่านการจุ่มน้ำยางลงในแม่พิมพ์ (ค) การอบแผ่นฉนวนในเครื่อง Dryer Hopper ให้ยางคงรูป (ง) แผ่นฉนวนหลังอบเสร็จแล้ว

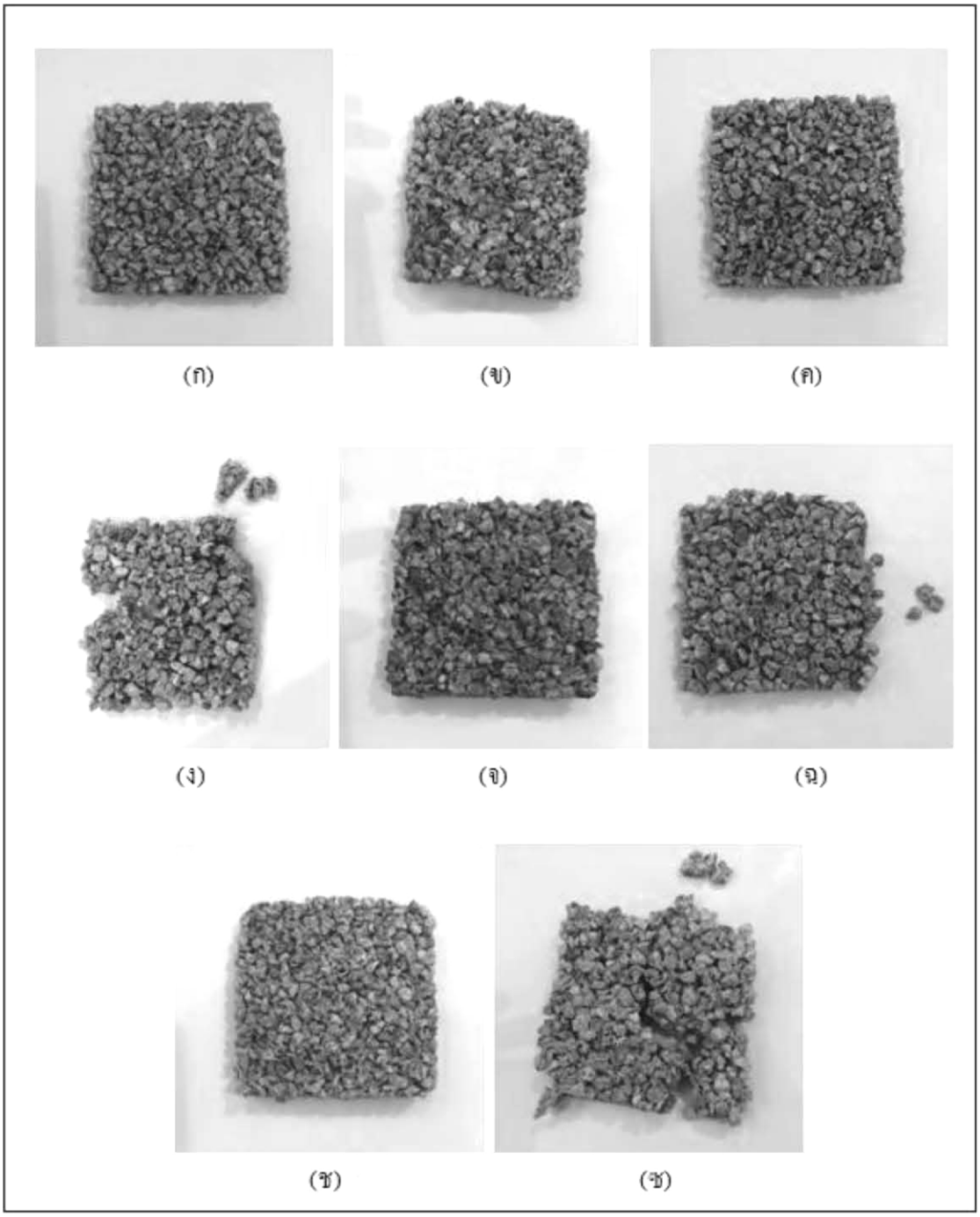
ตารางที่ 1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมน้ำยาง

วัสดุและสารเคมี	ปริมาณ (g)
1. Latex 60%	167
2. Potassium laurate (emulsion 20%)	1
3. Sulfer (dispersion 50%)	1
4. Tetramethyl thiuram disulphide (TMTD) (dispersion 50%)	1
5. Wingstay L (dispersion 50%)	2
6. Zinc oxide (dispersion 50%)	0.8
7. Parafinic oil (dispersion 50%)	20
8. Methyl Cellulose (dispersion 50%)	0.5

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นฉนวนที่ขึ้นรูปด้วยสัดส่วนน้ำยางต่อน้ำที่แตกต่างกัน

ความหนาแน่นแผ่นฉนวน Kg/m³	**สัดส่วนน้ำยาง : น้ำ**	**ลักษณะทางกายภาพ**
200	น้ำยางไม่ผสมน้ำ 1 : 0	มีน้ำหนักมากที่สุดในกลุ่มความหนาแน่น 200 Kg/m³ เกาะยึดเป็นแผ่นได้ดี ดัดงอได้ยาก
	น้ำยาง 1 : น้ำ 1	การเกาะยึดปานกลาง ดัดงอได้ง่ายแต่ถ้างอมากจะขาดแยกออกจากกัน
	น้ำยาง 2 : น้ำ 1	เกาะยึดเป็นแผ่นได้ดี มีน้ำหนักรองลงมาจากแบบไม่ผสมน้ำ
	น้ำยาง 1 : น้ำ 2	การเกาะยึดไม่ดี หลุดแยกออกจากกันได้ง่าย น้ำหนักเบา
300	น้ำยางไม่ผสมน้ำ 1 : 0	มีน้ำหนักมากที่สุด เกาะยึดเป็นแผ่นได้ดี ดัดงอได้ยาก
	น้ำยาง 1 : น้ำ 1	การเกาะยึดปานกลาง ดัดงอได้ง่าย ซังข้าวโพดบางส่วนหลุดออกมาได้ง่าย
	น้ำยาง 2 : น้ำ 1	เกาะยึดเป็นแผ่นได้ดี มีน้ำหนักรองลงมาจากแบบไม่ผสมน้ำ
	น้ำยาง 1 : น้ำ 2	การเกาะยึดไม่ดี หลุดแยกออกจากกันได้ง่าย น้ำหนักเบา



ภาพที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของฉนวนซังข้าวโพด (ก) ความหนาแน่น 200 Kg/m³ น้ำยางอย่างเดียวไม่ผสมน้ำ (ข) ความหนาแน่น 200 Kg/m³ น้ำยาง1:น้ำ1 (ค) ความหนาแน่น 200 Kg/m³ น้ำยาง 2 :น้ำ 1 (ง) ความหนาแน่น 200 Kg/m³ น้ำยาง1:น้ำ 2 (จ) ความหนาแน่น 300 Kg/m³ น้ำยางอย่างเดียวไม่ผสมน้ำ (ฉ) ความหนาแน่น 300 Kg/m³ น้ำยาง1:น้ำ 1 (ช) ความหนาแน่น 300 Kg/m³ น้ำยาง 2 :น้ำ 1 (ซ) ความหนาแน่น 200 Kg/m³ น้ำยาง 1:น้ำ 2

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ พบว่าน้ำยางเป็นตัวแปรสำคัญในการทำให้น้ำหนักของแผ่นฉนวนเพิ่มมากขึ้น ซึ่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนั้นทำให้ความหนาแน่นของแผ่นฉนวนเพิ่มมากขึ้นและคุณสมบัติของความเป็นฉนวนลดลงรวมไปถึงการเป็นปัญหาต่อการติดตั้ง หลังจากทดสอบหาค่าความหนาแน่นด้วยการวัดความกว้างและความยาวชิ้นทดสอบด้วย Vernier Caliper และวัดความหนาด้วย Micrometer แล้วคำนวณตามสูตรในมาตรฐาน JIS A5905 พบว่าแผ่นฉนวนที่ใช้น้ำยางผสมกับน้ำนั้นมีค่าความหนาแน่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน JIS A5905 แต่แผ่นฉนวนที่ขึ้นรูปด้วยน้ำยางอย่างเดียวไม่ผสมน้ำมีค่าความหนาแน่นเกินเกณฑ์มาตรฐาน JIS A5905

ผลการทดสอบหาค่าปริมาณความชื้น โดยการเทียบน้ำหนักก่อนอบแห้งกับน้ำหนักหลังอบแห้งของชิ้นทดสอบ พบว่าแผ่นฉนวนจะมีปริมาณความชื้นลดลงเมื่อมีสัดส่วนของน้ำยางมากขึ้น โดยแผ่นฉนวนที่ขึ้นรูปด้วยน้ำยางไม่ผสมน้ำจะมีค่าความชื้นน้อยที่สุดคือ แผ่นความหนาแน่น 200 Kg/m³ มีค่าปริมาณความชื้น 4.62% และ แผ่นความหนาแน่น 300 Kg/m³ มีค่าปริมาณความชื้น 4.60% ผ่านตามมาตรฐาน JIS A5905 แต่แผ่นฉนวนที่ใช้น้ำยางไม่ผสมน้ำนั้นมีน้ำหนักมาก โดยแผ่นฉนวนที่ใช้น้ำยางและน้ำในสัดส่วนอื่นๆจะมีน้ำหนักน้อยกว่า

ผลการทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ โดยการเทียบน้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำกับหลังแช่น้ำ ผลการทดสอบมีแนวโน้มแบบเดียวกับการทดสอบหาค่าปริมาณความชื้นคือแผ่นที่มีสัดส่วนน้ำยางมากจะมีค่าการดูดซึมน้ำน้อย โดยแผ่นฉนวนที่ขึ้นรูปด้วยน้ำยางไม่ผสมน้ำจะมีการดูดซึมน้ำน้อยที่สุดคือแผ่นความหนาแน่น 200 Kg/m³ มีค่าการดูดซึมน้ำ 59.82% และแผ่นความหนาแน่น 300 Kg/m³ มีค่าการดูดซึมน้ำ 69.42% แต่ก็มีค่าน้ำหนักมากที่สุด สำหรับน้ำยาง 1 ส่วน : น้ำ 1 ส่วน และ น้ำยาง 2 : น้ำ 1 นั้นมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกันแต่น้ำยาง 2 : น้ำ 1 จะมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าคือแผ่นความหนาแน่น 200 Kg/m³ มีค่าการดูดซึมน้ำ 92.51% และความหนาแน่น 300 Kg/m³ มีค่าการดูดซึมน้ำ 95.26% สำหรับสัดส่วนน้ำยาง 1 : น้ำ 2 นั้นมีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด

ผลการทดสอบหาค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำ โดยการเทียบความหนาของชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำกับหลังแช่น้ำ ตามมาตรฐาน JIS A5905 ระบุให้มีค่าไม่เกิน 10% โดยการพองตัวเมื่อแช่น้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีปริมาณน้ำยางมากขึ้นแต่ยังไม่สามารถระบุในส่วนนี้ได้อย่างชัดเจนเนื่องจากฉนวนบางแผ่นที่มีส่วนผสมของน้ำยางมากกว่าแต่มีค่าการพองตัวมากกว่าแบบที่มีน้ำยางน้อยกว่า เช่น แผ่นฉนวนความหนาแน่น 300 Kg/m³ สัดส่วนน้ำยาง 1 : น้ำ 1 มีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำมากกว่าสัดส่วนน้ำยาง 1 : น้ำ 2 ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่น้ำยางไม่ได้เคลือบซังข้าวโพดอย่างทั่วถึง แต่ทุกแผ่นมีค่าการพองตัวเมื่อแช่น้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน JIS A5905

ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล แผ่นฉนวนที่สามารถนำไปทดสอบค่าต้านทานแรงดัดได้มีเฉพาะแผ่นที่มีความหนาแน่น 300 Kg/m³ ซึ่งเป็นแผ่นน้ำยางไม่ผสมน้ำและแผ่นน้ำยาง 2 : น้ำ 1 โดยแผ่นฉนวนน้ำยางไม่ผสมน้ำได้ค่า 0.037 MPa แผ่นฉนวนน้ำยาง 2 : น้ำ 1 ได้ค่า 0.019 MPa (1MPa = 1N/mm³)

ผลการทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า (internal bonding strength) โดยแผ่นที่มีปริมาณสัดส่วนน้ำยางมากกว่าจะมีค่าต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามากกว่า ฉนวนน้ำยางไม่ผสมน้ำได้

ค่า 0.031 MPa ฉนวนน้ำยาง 1 : น้ำ 1 ได้ได้ค่า 0.021 MPa ฉนวนน้ำยาง 2 : น้ำ 1 ได้ค่า 0.024 MPa และฉนวนน้ำยาง 1 : น้ำ 2 ได้ค่า 0.016 MPa (1MPa = 1N/mm³)

3. ผลการทดสอบสมบัติเชิงความร้อน

ผลการทดสอบการหาค่าต้านทานความร้อน จากการทดสอบที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แผ่นฉนวนที่ส่งทดสอบอยู่ในช่วงความหนาแน่น 300 Kg/m³ จำนวน 3 แผ่น ได้แก่ (1) ฉนวนน้ำยางไม่ผสมน้ำ (2) ฉนวนสัดส่วนน้ำยาง 1 : น้ำ 1 (3) ฉนวนสัดส่วนน้ำยาง 2 : น้ำ 1 ค่าต้านทานความร้อนที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันคือ 0.293 m² K/W, 0.328 m² K/W และ 0.347 m² K/W ตามลำดับ โดยแผ่นฉนวนน้ำยาง 2 : น้ำ 1 มีค่าต้านทานความร้อนดีที่สุด และผลการทดสอบการหาค่าการนำความร้อน มีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 แผ่นโดยแผ่นที่มีค่าการนำความร้อนน้อยที่สุดคือฉนวนสัดส่วนน้ำยาง 2 :น้ำ 1 โดยมีค่าการนำความร้อน 0.66 W/mK

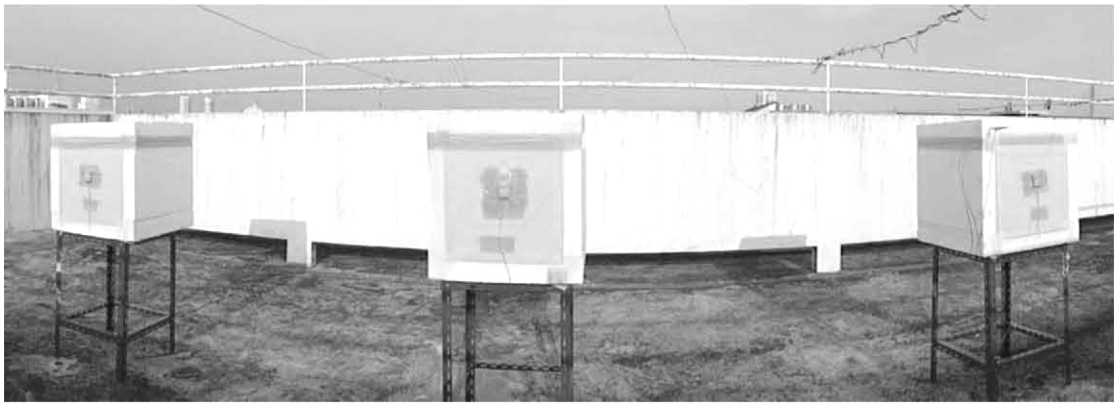
ตารางที่ 3 สรุปคุณสมบัติของฉนวนซังข้าวโพดสัดส่วนน้ำยาง 2 : น้ำ 1เทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม

คุณสมบัติของแผ่นฉนวนซังข้าวโพด สัดส่วนน้ำยาง 2 : น้ำ 1 ความหนาแน่น 300 Kg/m³		**มาตรฐาน JIS A 5905**	**ค่าที่ได้**	**หน่วย**	**การผ่าน/ไม่ผ่านเกณฑ์**
เชิงกายภาพ	ความหนาแน่น	ไม่เกิน 350	222.02	Kg/m³	ผ่าน
	ปริมาณความชื้น	ตั้งแต่5 ถึง13	5.93	%	ผ่าน
	การดูดซึมน้ำ	-	95.26	%	-
	การพองตัวเมื่อแช่น้ำ	ไม่เกิน 10	5.97	%	ผ่าน
เชิงกล	มอดุลัสแตกร้าว	ไม่ต่ำกว่า 2	0.019	N/mm³	ไม่ผ่าน
	ความต้านทานแรงดึงตั้งฉาก	-	0.024	N/mm³	-
เชิงความร้อน	ต้านทานความร้อน	ไม่ต่ำกว่า 0.267	0.347	m² K/W	ผ่าน

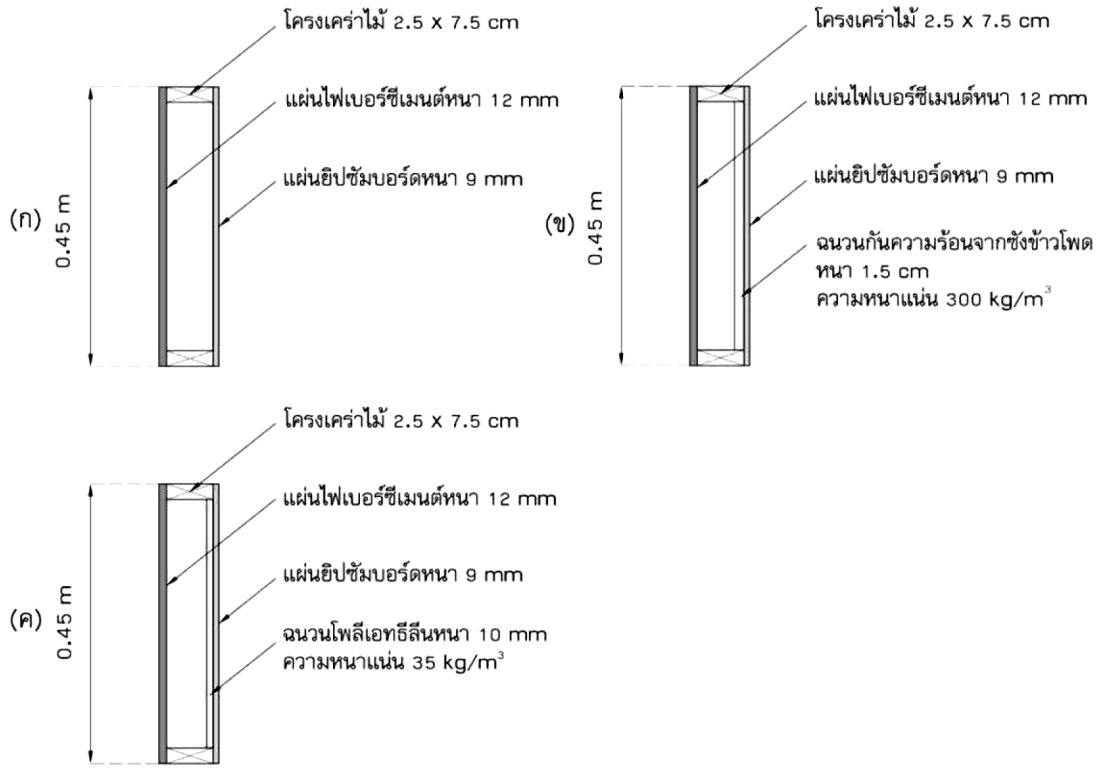
<u>หมายเหตุ</u> ค่าการดูดซึมน้ำและค่าความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสำหรับ Insulation Board ตามมาตรฐาน JIS A5905 ไม่ต้องทดสอบ

ผลการทดสอบความสามารถในการป้องกันความร้อนด้วยกล่องทดลองโดยใช้อุปกรณ์ Data logger ในการบันทึกอุณหภูมิเป็นเวลา 3 วันของฉนวนซังข้าวโพดความหนาแน่น 300 Kg/m³ ขนาด 40x40 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร สัดส่วนน้ำยาง 2 : น้ำ 1 (ค่าการต้านทานความร้อน = 0.347 m² K/W) ป้องกันความร้อนได้ด้อยกว่าฉนวนโฟมโพลีเอทธีลีน ความหนาแน่น 35 Kg/m³ หนา 1 เซนติเมตร (ค่าต้านทานความร้อน = 0.44 m² K/W) โดยอุณหภูมิอากาศในกล่องทดลองที่ติดตั้งฉนวนซังข้าวโพดดีกว่ากล่องที่ติดตั้งฉนวนโฟมโพลีเอทธีลีนเล็กน้อยในช่วงเวลากลางคืน

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

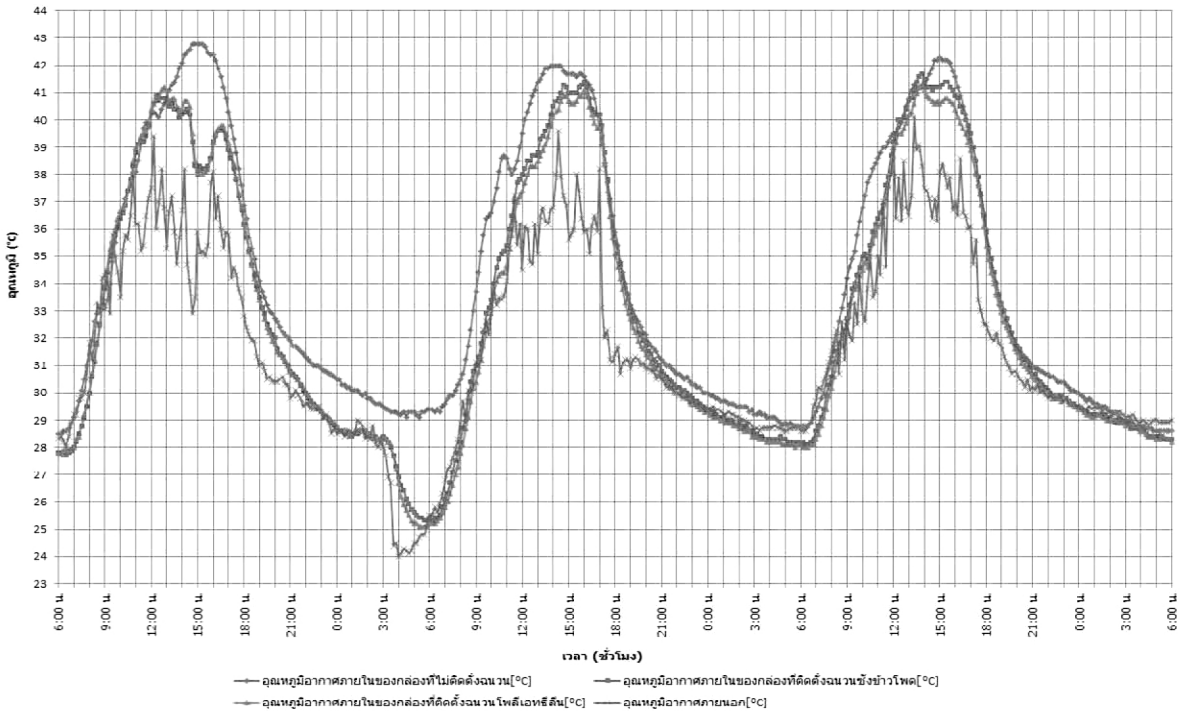


ภาพที่ 4 แสดงการทดสอบความสามารถในการป้องกันความร้อนด้วยกล่องทดลอง



ภาพที่ 5 ส่วนประกอบของผนังทดสอบที่ติดตั้งกับกล่องทดลอง (ก) ผนังที่ไม่ติดตั้งฉนวน (ข) ผนังที่ติดตั้งฉนวนกันความร้อนจากซังข้าวโพด (ค) ผนังที่ติดตั้งฉนวนโพลีเอทธีลีน

แผนภูมิที่ 2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองระหว่างวันที่ 14-16 เมษายน 2557



4. เปรียบเทียบต้นทุนการผลิต

จากการพิจารณาเปรียบเทียบต้นทุนของการผลิตแผ่นฉนวนจากซังข้าวโพดสัดส่วนน้ำยาง 2 :น้ำ 1 ความหนาแน่น 300 Kg/m³ ขนาด 40 x 40 x 1.5 เซนติเมตร โดยคิดเฉพาะต้นทุนค่าวัตถุดิบคือซังข้าวโพดและน้ำยางไม่รวมต้นทุนซึ่งเป็นค่าอุปกรณ์, แรงงาน และกำไร เปรียบเทียบกับวัสดุฉนวนโฟมโพลีเอทธีลีนที่มีขายตามท้องตลาด (คิดที่ขนาด 40 x 40 เซนติเมตร) ซึ่งแผ่นฉนวนซังข้าวโพดใช้วัตถุดิบซังข้าวโพด 0.72 กิโลกรัมและน้ำยาง (latex 60%) 0.164 กิโลกรัม (เนื่องจากน้ำที่ใช้ผสมเพื่อเจือจางน้ำยางมีปริมาณน้อยจึงไม่คิดราคาในส่วนนี้) มีราคาต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 18.66 บาท ซึ่งถูกกว่าราคาจำหน่ายของฉนวนโฟมโพลีเอทธีลีนอยู่ 18.01 บาท หรือถูกกว่า 49.11% แต่หากต้องการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ต้องคำนึงถึงต้นทุนที่กล่าวไว้ข้างต้นด้วย แต่ฉนวนซังข้าวโพดมีข้อจำกัดในเรื่องขนาดการผลิตที่ไม่ควรเกิน 40 x 40 เซนติเมตรเนื่องจากน้ำหนักและการยึดเหนี่ยวเป็นแผ่นอาจไม่แข็งแรง แต่เป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อนที่มีกรรมวิธีไม่ยุ่งยากเหมาะสำหรับพัฒนาไว้ใช้ในท้องถิ่น

การอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากซังข้าวโพดโดยใช้น้ำยาง (latex 60%) เป็นตัวประสานพบว่ามีความเป็นไปได้ โดยใช้วิธีจุ่มซังข้าวโพดบดแห้งที่มีขนาดเหมาะสมลงในน้ำยางแล้วใส่ลงในแม่พิมพ์และนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที แต่ฉนวนที่ผลิตได้ในช่วงแรกนั้นมีน้ำหนักมากเนื่องจากปริมาณของเนื้อยางในแผ่น จึงมีการปรับการทดลองให้ผสมน้ำยางกับน้ำก่อนที่จะนำไปคลุกเคล้ากับซังข้าวโพด โดยแบ่งสัดส่วนน้ำต่อน้ำยางเป็น 4 สัดส่วนคือ (1) น้ำยา

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

งอย่างเดียวไม่ผสมน้ำ (2) น้ำยาง 1 :น้ำ 1 (3) น้ำยาง 2 :น้ำ 1 (4) น้ำยาง 1 :น้ำ 2 จากการทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆ ได้แก่ สมบัติเชิงกายภาพ, สมบัติเชิงกลและสมบัติเชิงความร้อนพบว่าแบบสัดส่วนน้ำยาง 2 : น้ำ 1 ความหนาแน่น 300 Kg/m³ นั้นเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาต่อในเชิงการใช้ในท้องถิ่นหรือพัฒนาเป็นแผ่น acoustic เพื่อป้องกันเสียง โดยเพิ่มการปรับปรุงในเรื่องของน้ำหนักและการป้องกันการเสื่อมสภาพจากเชื้อรา, ความชื้น และแมลงกัดกิน รวมไปถึงการป้องกันการลามไฟ

สำหรับปัญหาในการวิจัยนับตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมซังข้าวโพดเป็นต้นมา พบว่าซังข้าวโพดบดที่ร่อนผ่านรูตะแกรงมาได้บางครั้งมีขนาดไม่เหมาะสมปะปนมาด้วย ซึ่งจะมีผลให้การยึดเหนี่ยวของแผ่นฉนวนมีปัญหา จึงต้องเสียเวลาในการคัดแยกด้วยมืออีกครั้ง และความหนาแผ่นฉนวนที่ผลิตได้อาจจะไม่สม่ำเสมอเนื่องจากขึ้นรูปด้วยแรงงานคน รวมไปถึงความหนาแน่นของแผ่นฉนวนที่ผลิตได้หลายแผ่นเกิดความคลาดเคลื่อนจากที่คำนวณไว้เนื่องจากปริมาณของเนื้อยางที่เพิ่มเข้ามาในแผ่น นอกจากนี้ในการวิจัยไม่สามารถผลิตแผ่นฉนวนซังข้าวโพดให้มีขนาดเกิน 40 x 40 เซนติเมตรได้ เนื่องจากจะมีปัญหาในการยึดเกาะเป็นแผ่นและน้ำหนักของตัวฉนวนที่ค่อนข้างมาก ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับฝ้าเพดานของตัวอาคาร เหมาะสมที่จะใช้ในส่วนของผนังอาคารมากกว่า

จากการศึกษาการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าซังข้าวโพดนั้นไม่ต้องผ่านขั้นตอนการปรับปรุงเส้นใยด้วยการกวนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แบบฉนวนเส้นใยอื่นๆ สำหรับการใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นตัวประสานแทนกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์และกาวไอโซไซยาเนตที่ส่งผลต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อมนั้นถือว่าเป็นตัวเลือกที่ดีแต่น้ำยางนั้นมีข้อเสียคือมีน้ำหนักมากและราคาค่อนข้างแพงสำหรับค่าการนำความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกันในแต่ละงานวิจัยแล้วพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน (ดูตารางที่ 4) และส่วนมากฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากวัสดุตามธรรมชาติมักพบปัญหาแบบเดียวกันคือ มีน้ำหนักมาก มีปัญหาจากการเสื่อมสภาพจากเชื้อรา, ความชื้นและแมลงกัดกิน รวมไปถึงการดูดซึมน้ำและการพองตัวเมื่อแช่น้ำ

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นฉนวนซังข้าวโพดกับฉนวนในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัสดุฉนวน	ตัวประสาน	วิธีขึ้นรูป	ความหนา (mm)	ความหนาแน่น (kg/m³)	ค่าการนำความร้อน (W/mK)
ซังข้าวโพด สัดส่วนน้ำยาง 2 : น้ำ 1	น้ำยางธรรมชาติ	อบความร้อน	15	310.36	0.066
หญ้าแฝก	น้ำยางธรรมชาติ	อบความร้อน	15	183	0.056
ใยมะพร้าว	น้ำยางธรรมชาติ	อบความร้อน	12	153.62	0.064
ชานอ้อย	น้ำยางธรรมชาติ	อบความร้อน	15	286.98	0.086
ชานอ้อย	ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์	อัดความร้อน	9	458	0.072
ฟางข้าว	ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์	อัดความร้อน	9	481.55	0.073
ต้นมันสำปะหลัง	ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์	อัดความร้อน	10	201.83	0.059

เยื่อสาดขาว	ยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์	อัดความร้อน	15	630.67	0.041
หญ้าสลาบหลวง หรือ ธูปฤาษี แบบไม่ปย่อย	ไอโซไซยาเนต	อัดความร้อน	9	257.46	0.048

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ในการทดลองพบว่าปริมาณแกนกลางที่แยกออกมาจากซังข้าวโพดนั้นถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณของซังข้าวโพดที่ใช้และไม่มีผลต่อการทดลองจึงสามารถข้ามขั้นตอนนี้ไปได้โดยไม่ต้องคว้านแยกส่วนแกนกลางออก

2. ในการวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาเรื่องวิธีการป้องกันการเสื่อมสภาพจากเชื้อรา ความชื้นและแมลงรวมไปถึงการป้องกันการลามไฟ จึงควรศึกษาเพิ่มเติมเช่นการนำวัตถุดิบไปแช่ในสารสารละลายบอแรกซ์ (borax) และการนำน้ำยางหรือสารยึดติดไปผสมกับสารละลายซิงค์บอเรท (zinc borate) เพื่อช่วยในการหน่วงไฟ

3. การขึ้นรูปแผ่นฉนวนซังข้าวโพดด้วยการจุ่มกับน้ำยางนั้นมีผลให้น้ำหนักของฉนวนเพิ่มขึ้น ดังนั้นหากสามารถหาวิธีปรับปรุงในส่วนนี้หรือหาสารยึดติดอื่นที่มีคุณสมบัติดีกว่าโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้จะดียิ่งขึ้น

ประโยชน์ในการนำผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้

1. การวิจัยนี้ทำให้มีการเรียนรู้และเข้าใจกระบวนการผลิตแผ่นฉนวนป้องกันความร้อนจากซังข้าวโพดกับน้ำยางธรรมชาติและเป็นแนวทางในการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์

2. ทำให้ทราบถึงข้อดีและข้อเสียของการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นแผ่นฉนวนป้องกันความร้อนรวมไปถึงแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น

3. สามารถประยุกต์วิธีการและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถหาได้ในการผลิตแผ่นฉนวนป้องกันความร้อนเพื่อใช้กันในท้องถิ่น

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

ธนัญชัย ปคุณวรกิจ. (2548) “การพัฒนาฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ทนง บุญมีมาพาสุข. (2549) “การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนหน่วงไฟจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุตินัย ยามศรีสุข. (2554) “การศึกษาประสิทธิผลในการใช้หญ้าสลาบหลวงเป็นฉนวนกันความร้อนเข้าสู่อาคาร.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

สมเจตน์ พัชรพันธ์และคณะ. (2550) **การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยหญ้าแฝกและน้ำยางธรรมชาติ.** เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2555. เข้าถึงได้จาก http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4111064.pdf

ประชุม คำพุฒ และคณะ. (2552) “ฉนวนความร้อนจากชานอ้อยและน้ำยางธรรมชาติ.” เอกสารประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 7, 21-22 พฤษภาคม 2552.

ฉันท์ทิพ คำนวณทิพย์ และคณะ. (2551) “แผ่นฉนวนความร้อนจากใยมะพร้าวและน้ำยางธรรมชาติ.” เอกสารประชุมวิชาการทางวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปีพ.ศ. 2551, 20-22 ตุลาคม 2551.

ภาษาต่างประเทศ

Japanese Standards Association. (2003) **Japanese Industrial Standard JIS A 5905 : 2003 Fibreboards.** Tokyo: Japanese Standards Association.