



การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติ
โดยใช้พลาสติกรีไซเคิลเป็นตัวประสาน

DEVELOPMENT OF THERMAL INSULATION FROM NATURAL FIBERS
USING RECYCLED PLASTIC AS BINDERS

นันท์นภัส ห้องกระจก
NANNAPAT HONGKAJOK
วรสา ชูแพทย์
WORASA CHUPHAET

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติ
โดยใช้พลาสติกรีไซเคิลเป็นตัวประสาน

DEVELOPMENT OF THERMAL INSULATION FROM NATURAL FIBERS
USING RECYCLED PLASTIC AS BINDERS



นันทน์ภัท ห่องกระจอก
NANNAPAT HONGKAJOK
วรสา ชูแพทย์
WORASA CHUPHAET

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF THERMAL INSULATION FROM NATURAL FIBERS
USING RECYCLED PLASTIC AS BINDERS



A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN ENERGY ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

DEPARTMENT OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติโดยใช้พลาสติกกรีไซเคิลเป็นตัวประสาน

Project Title DEVELOPMENT OF THERMAL INSULATION FROM NATURAL FIBERS USING RECYCLED PLASTIC AS BINDERS

ชื่อนักศึกษา นายนันท์นภัส ห่องกระจก รหัสประจำตัว 60514023
นางสาววรสา ชูแพทย์ รหัสประจำตัว 60514043

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.วรัชชล วัฒนะ
ปริญญาานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์			ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ศิระ	สายศร	กรรมการสอบ	
ผศ.วชร	กาลาสี	กรรมการสอบ	
อาจารย์อดิเรก	สุริยะวงศ์	กรรมการสอบ	
ผศ.วรัชชล	วัฒนะ	อาจารย์ที่ปรึกษา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2564 เวลา 09.00-17.00 น.

สถานที่สอบ ห้องสอบออนไลน์

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ กุศล)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติโดยใช้พลาสติกกรีไซเคิลเป็นตัวประสาน	
ชื่อนักศึกษา	นายนันท์นภัส ห่องกระจก	รหัสประจำตัว 60514023
	นางสาววรสา ชูแพทย์	รหัสประจำตัว 60514043
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมพลังงาน	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ววรรษชล วัฒนนะ	
ปริญญานิพนธ์		

บทคัดย่อ

ปาล์มน้ำมันมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตเกษตรกรจะตัดทางใบปาล์มทิ้งเพื่อตกแต่งต้นปาล์มให้พร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อไป ในการศึกษาครั้งนี้จึงนำเส้นใยจากทางใบปาล์มน้ำมันที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาทำการขึ้นรูปเป็นฉนวนกันความร้อน เริ่มต้นจากการแยกทางใบปาล์มน้ำมันเป็นส่วนของทางปาล์มน้ำมัน และส่วนของใบปาล์มน้ำมัน จากนั้นนำเข้าเครื่องบดละเอียดขนาด 5 แร่งม้า และนำเส้นใยที่ได้ไปผ่านกระบวนการอบให้แห้ง และจึงนำมาเข้าเครื่องบดละเอียดขนาด 3 แร่งม้าอีกครั้ง หลังจากนั้นนำไปร่อนตะแกรงขนาด 0.5, 1 และ 2 มิลลิเมตร นำเส้นใยส่วนของทางปาล์มผสมกับเส้นใยส่วนของใบปาล์ม มาผสมกันในอัตราส่วน 50:0 25:25 และ 0:50 (กรัม/กรัม ของเส้นใยทางปาล์ม:เส้นใยใบปาล์ม) ที่ขนาดของเส้นใยทางปาล์ม ≤ 0.5 , 0.5-1.0 และ 1.0-2.0 มิลลิเมตร และขนาดของเส้นใยใบปาล์ม ≤ 0.5 , 0.5-1.0 และ 1.0-2.0 มิลลิเมตร โดยใช้ซีลี้อยู่ไม้กระถิน 20 กรัม และมีเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีน 30 กรัม เป็นตัวประสานจากนั้นนำส่วนผสมมาอัดขึ้นรูปด้วยบล็อกสี่เหลี่ยม ที่ความดัน 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อได้ชิ้นงานตัวอย่างแล้วจึงนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติปริมาณความชื้น, คุณสมบัติการดูดซึมน้ำ, คุณสมบัติค่าความหนาแน่น และคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ผลจากการศึกษาพบว่าเมื่อเส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มมีขนาดใหญ่ทำให้ค่าปริมาณความชื้นและค่าการดูดซึมน้ำของฉนวนกันความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่เส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มมีขนาดเล็กลงทำให้ค่าความหนาแน่นและค่าการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนลดลงตามไปด้วย เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองทั้งหมดพบว่าอัตราส่วนระหว่างเส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มที่เหมาะสมคือ 25:25 เมื่อเส้นใยทางปาล์มมีขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร และเส้นใยใบปาล์มมีขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร เป็นเงื่อนไขที่ใช้วัสดุในการทำฉนวนกันความร้อนซึ่งทำให้มีค่าปริมาณความชื้น 1.3 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหนาแน่น 623.76 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดซึมน้ำ 53.53 เปอร์เซ็นต์ และค่าการนำความร้อน 1.7767 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน

คำสำคัญ : การผลิตฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางใบปาล์ม, เส้นใยทางใบปาล์ม, ฉนวนกันความร้อนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, ซีลี้อยู่ไม้, พลาสติกโพลีเอทิลีน, คุณสมบัติทางความร้อน

Thesis	DEVELOPMENT OF THERMAL INSULATION FROM NATURAL FIBERS USING RECYCLED PLASTIC AS BINDERS	
Student	Mr.Nannapat Hongkajok	Student ID 60514023
	Miss.Worasa Chuphaet	Student ID 60514043
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Energy Engineering	
Thesis Advisor	Asst.Prof.Wassachol Wattana	

ABSTRACT

Oil palm is harvested, farmers cut off the palm leaves to decorate the palm to be ready for the next harvest. Thus, this study is to use fiber from the leaves of palm oil as agricultural residues forming a thermal insulator. First, raw materials preparation is the thing separates the oil palm leaves into palm frond fibers and palm leaves fibers. Then, the fibers were grinded by a 5 Hp grinding mill and dried through a hot air oven and brought to a 3-horsepower mill again. After that, sieved through the 0.5, 1 and 2 mm mesh size. The palm frond fibers was mixed with the palm leaves fibers in a ratio of 50: 0, 25:25 and 0:50 (g / g of palm frond fibers: palm leaves fibers) at palm frond fibers size ≤ 0.5 , 0.5-1.0 and 1.0-2.0 mm, and palm leaves fibers size ≤ 0.5 , 0.5-1.0 and 1.0-2.0 mm. The binder are the 20 g of acacia wood sawdust 30 g of and polyethylene resin. The blended raw materials is compressed within square blocks at a pressure of 100 kg/cm² and 240°C for 30 minutes. After that, the test specimens were analyzed physical and thermal properties. The results showed that when palm frond fibers and palm leaves fibers were larger, the moisture content and water absorption values of thermal insulation increased, but when the palm frond fibers and palm leaves fibers became smaller, the density and thermal conductivity of the thermal insulation decreased as well. In the view of whole results, it was found that the optimum ratio of palm frond fiber and palm leaves fibers is 25:25 (g:g) when the palm frond fibers are ≤ 0.5 mm, the palm leaves fibers are ≤ 0.5 mm. This is a condition where the insulation has provided a moisture content 1.3% w.b., density 623.76 kg/m², water absorption 53.53% and thermal conductivity 1.7767 W·m⁻¹K⁻¹

Keywords: production of insulation from palm leaf fibers, palm leaf fibers, insulation from agricultural waste materials, sawdust, polyethylene plastic, thermal properties

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้ไม่อาจสำเร็จได้ด้วยดีหากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความช่วยเหลือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จลงได้ คือ ผศ.วราพร ชล วัฒนนะ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความเอาใจใส่แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมาซึ่งต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ได้เอื้อเฟื้อ อนุเคราะห์ข้อมูล และความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณเพื่อนๆร่วมงานทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้า และเพื่อนๆในกลุ่ม ทุกๆท่าน ทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่งซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาครั้งนี้ยิ่งอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆด้านอันหาที่เปรียบไม่ได้ ข้าพเจ้าขอระลึกถึงในพระคุณอันสูงสุดและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

วราสา ชูแพทย์

นนท์นภัส ห่องกระจก

กรกฎาคม 2563

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	2
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ขั้นตอนการศึกษาโครงการ	3
1.6 สถานที่ทำการวิจัย	4
1.7 แผนการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ความหมายของฉนวนกันความร้อน	5
2.2 คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนที่ดี	6
2.3 ประโยชน์ของฉนวนกันความร้อน	7
2.4 กลไกการถ่ายโอนความร้อน	8
2.5 เส้นใยธรรมชาติ	15
2.6 พีชตระกูลปาล์ม	19
2.7 พลาสติก	24
2.8 กระดาษเทพา	26
2.9 ชีล้อย	27
2.10 ลิกนิน	27
2.11 การทดสอบคุณสมบัติแผ่นฉนวนกันความร้อน	28
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	36
3.1 อุปกรณ์ขึ้นรูปแผ่นฉนวนกันความร้อน	36
3.2 กระบวนการ และวิธีการดำเนินงาน	44
3.3 กระบวนการ/วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อน	51
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	59
4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางใบ ปาล์มโดยใช้วัสดุเหลือใช้เป็นตัวประสาน	60
4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางใบ ปาล์มโดยใช้วัสดุเหลือใช้เป็นตัวประสาน	68
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ	73
5.1 สรุปผลการทดลอง	73
5.2 ข้อเสนอแนะ	75
เอกสารอ้างอิง	76
ภาคผนวก	80
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง	80
ประวัติผู้เขียน	85

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงการดำเนินงานของการศึกษา	4
2.1	ประเภทของฉนวนกันความร้อน	5
2.2	เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ	5
2.3	ค่าสภาพนำความร้อนของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง	10
2.4	ค่าโดยประมาณของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย	12
2.5	ค่าสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิ 300	14
3.1	คุณสมบัติทดสอบและวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน	51
3.2	อัตราส่วนผสมในการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบฉนวนกันความร้อน	51
4.1	แสดงลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานทดสอบฉนวนกันความร้อน	59
4.2	ค่าคุณสมบัติเส้นใยทางใบปาล์ม และวัสดุชีวมวลอื่น ๆ	71
ก.1	ผลทดสอบค่าปริมาณความชื้นของชิ้นงาน	81
ก.2	ผลทดสอบค่าความหนาแน่นของชิ้นงาน	82
ก.3	ผลทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงาน	83
ก.4	ผลทดสอบค่าการนำความร้อนของชิ้นงาน	84

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังการดำเนินงานของการศึกษา	3
2.1	การนำความร้อนจากอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังเครื่องตีกระป๋องที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าผ่านผนังของกระป๋อง	9
2.2	การถ่ายโอนความร้อนจากผิววัตถุร้อนสู่อากาศโดยการพาความร้อน	11
2.3	การพาความร้อน (ก) แบบบังคับ (ข) แบบอิสระ	11
2.4	การแผ่รังสีสามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างผิวของสองวัตถุที่ถูกกันด้วยบรรยากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าวัตถุทั้งสอง	13
2.5	การแผ่รังสีความร้อนระหว่างวัตถุกับสิ่งแวดล้อมโดยรอบ	15
2.6	ใยฝ้าย	15
2.7	ใยขนุน	16
2.8	ใยลินิน	16
2.9	ใยปอ	17
2.10	ใยสับปะรด	17
2.11	ใยป่านศรนารายณ์	17
2.12	เส้นใยมะพร้าว	18
2.13	ขนสัตว์	18
2.14	ไหม	19
2.15	แร่ใยหิน	19
2.16	ปาล์ม	19
2.17	ปาล์มน้ำมันพันธุ์ดูรา	20
2.18	ปาล์มน้ำมันพันธุ์พิสิเฟอรา	21
2.19	ปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอรา	21
2.20	ช่อดอก และดอกปาล์มน้ำมัน	23
2.21	ผล และเมล็ดปาล์มน้ำมัน	24
2.22	ไม้ยืนต้นกระถินเทพา	26
2.23	ลักษณะซี่เสื่อ	27
2.24	แสดงหน่วยที่ซ้ำของลิกนิน	27
2.25	แสดงโครงสร้างลิกนินของไม้เนื้ออ่อน	28
3.1	เครื่องอัดไฮดรอลิก ขนาด 60 ตัน	36
3.2	เกจวัดความดันจากเครื่องอัดไฮดรอลิก	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.3	ฮีตเตอร์แบบรีดบล็อกขนาด 220V 12000W	37
3.4	ฮีตเตอร์แบบแผ่นขนาด 220V 12000W	37
3.5	เครื่องควบคุมอุณหภูมิ รุ่น MC-2438	38
3.6	เทอร์โมคัปเปิล Type K (TKS-S1-1.6X25-1M)	38
3.7	บล็อกอัดขึ้นรูปนวนกันความร้อน	38
3.8	แผ่นเหล็กกล้า ประกบด้านบน และด้านล่างของบล็อกอัดขึ้นรูปนวนกันความร้อน	39
3.9	แผ่นเหล็กกล้ารองฐานบล็อกอัด	39
3.10	อุปกรณ์ผสมวัตถุดิบ	40
3.11	ตู้อบลมร้อน Hot air oven	40
3.12	เครื่องบดละเอียด Flour crush machine รุ่น 9FZ-23	41
3.13	เครื่องบดละเอียดมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า	41
3.14	เครื่องแยกขนาด รุ่น AS200 Retsch	42
3.15	เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ทศนิยม 3 ตำแหน่ง	42
3.16	เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ทศนิยม 2 ตำแหน่ง	43
3.17	โถดูดความชื้น	43
3.18	ถ้วยเซรามิกขนาด 50 มิลลิลิตร	43
3.19	เวอร์เนียคาลิเปอร์	44
3.20	ใบปาล์ม และทางปาล์ม	44
3.21	ลักษณะของ(ก)เส้นใยใบปาล์ม และ(ข)ทางปาล์ม ผ่านกระบวนการบดละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียดมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า	45
3.22	เส้นใยใบปาล์ม และทางปาล์มอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสระยะเวลา 12 ชั่วโมง	45
3.23	ซีลี้อยต้นกระถินเทพา	46
3.24	เส้นใยเส้นใย(ก)ทางปาล์ม, (ข)ใบปาล์ม และ(ค)ซีลี้อยต้นกระถินเทพาผ่านกระบวนการบดละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียดมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า	46
3.25	(ก)เส้นใยทางปาล์ม และ(ข)เส้นใยใบปาล์ม แต่ละขนาดตามลำดับ	47
3.26	ซีลี้อยขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร	47
3.27	เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีน	47
3.28	เส้นใยทางปาล์ม และเส้นใยใบปาล์มผสมเม็ดพลาสติกต่อซีลี้อย	48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.29	ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน	48
3.30	ส่วนผสมใส่ลงในบล็อกเหล็กกล้าอัดขึ้นรูปผนวมนกันความร้อน	49
3.31	การอัดขึ้นรูปผนวมนกันความร้อน	49
3.32	แผนผังแสดงขั้นตอนการทดลอง	50
3.33	บ้นจุชิ้นงานทดสอบในถ้วยทนไฟเซรามิค	52
3.34	ชั่งน้ำหนักตัวอย่างขึ้นทดสอบปริมาณ 5 กรัม	52
3.35	อบขึ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส	53
3.36	พักขึ้นทดสอบภายในโถดูดความชื้น	53
3.37	ขึ้นงานทดสอบจำนวน 30 ชิ้น เก็บที่อุณหภูมิห้องระยะเวลา 28 วัน	54
3.38	ชั่งน้ำหนักตัวอย่างขึ้นทดสอบหลังจากครบ 28 วัน	54
3.39	วัดระยะขนาด (ก) วัดขนาดความกว้าง และความยาว (ข) วัดขนาดความหนา	55
3.40	การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ	55
3.41	ตั้งพักขึ้นทดสอบในลักษณะ 45 องศา เป็นระยะเวลา 10 นาที	56
3.42	อบขึ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง	56
3.43	ตั้งพักขึ้นทดสอบในลักษณะ 45 องศา อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 5 นาที	57
3.44	ตัวอย่างขึ้นทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดกว้าง 25 มิลลิเมตร	57
3.45	ขึ้นงาน Insulation ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 25 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 70 มิลลิเมตร	58
3.46	ตัวอย่างขึ้นงานทดสอบ Heat Conduction	58
3.47	เครื่องทดสอบ Heat Conduction Laboratory	58
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น และขนาดเส้นใยทางปาล์มในปริมาณ 50 กรัม	61
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น และขนาดเส้นใยใบปาล์มในปริมาณ 50 กรัม	61
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้น และขนาดของเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยใบปาล์มในอัตราส่วน 25:25 กรัม	62
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่น และขนาดเส้นใยทางปาล์มในปริมาณ 50 กรัม	63
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่น และขนาดเส้นใยใบปาล์มในปริมาณ 50 กรัม	64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่น และขนาดของเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยใบปาล์มในอัตราส่วน 25:25 กรัม	65
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ และขนาดเส้นใยทางปาล์มในปริมาณ 50 กรัม	66
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ และขนาดเส้นใยใบปาล์มในปริมาณ 50 กรัม	67
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำ และขนาดของเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยใบปาล์มในอัตราส่วน 25:25 กรัม	67
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อน และขนาดเส้นใยทางปาล์มในปริมาณ 50 กรัม	69
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อน และขนาดเส้นใยใบปาล์มในปริมาณ 50 กรัม	69
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อน และขนาดของเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยใบปาล์มในอัตราส่วน 25:25 กรัม	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเขตร้อนชื้น จึงมีสภาพอากาศร้อนเกือบทั้งปี ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ประเทศไทยต้องสูญเสียพลังงานให้กับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน ทั้งพัดลม เครื่องปรับอากาศ เป็นอย่างมาก

จากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ทำให้มีความนิยมในการใช้ฉนวนกันความร้อนเพื่อถ่ายโอนความร้อนให้กับที่อยู่อาศัย ฉนวนกันความร้อนที่นิยมใช้ คือ ฉนวนเส้นใยสังเคราะห์ แต่เนื่องจากวัสดุฉนวนส่วนใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และทำจากเส้นใยสังเคราะห์จึงเกิดปัญหาเกี่ยวกับความปลอดภัยด้านสุขภาพของคนงานที่ผลิต และผู้บริโภคที่นำมาใช้งาน ประเทศไทยเป็นประเทศอุตสาหกรรมเกษตร รายได้หลักมาจากภาคการเกษตร และในแต่ละปีประเทศไทยจะมีจะมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมาก จากปัญหาดังกล่าว จึงมีการศึกษาสมบัติของฉนวนกันความร้อนกับการป้องกันความร้อน โดยใช้วัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น คือ ใบปาล์มน้ำมัน และหางปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นเส้นใยจากธรรมชาติที่มีศักยภาพสูง มีส่วนประกอบของเซลลูโลสเป็นจำนวนมาก [3] และเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถพบได้ง่ายในท้องถิ่น ทำให้เหมาะแก่การนำมาผลิตเป็นฉนวนกันความร้อน

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเส้นใยของพืชในท้องถิ่น ได้แก่ เส้นใยใบปาล์ม น้ำมัน และเส้นใยหางปาล์มน้ำมัน โดยนำเส้นใยทั้งสองประเภทที่มีมากมายภายในท้องถิ่นมาผลิตฉนวนกันความร้อน และใช้พลาสติกกรีซเคลือบซีลี้อย่างเป็นตัวประสาน ซีลี้อย่างเป็นเศษวัสดุที่เหลือใช้จากโรงเลื่อยไม้หรือโรงเฟอร์นิเจอร์ และการแปรรูปไม้ของชาวบ้านซึ่งมีจำนวนมาก เช่น ไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินณรงค์ ไม้กระถินเทพา ไม้กระถินยักษ์ สะเดาเทียม เป็นต้น ภายในซีลี้อย่างจะมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยลิกนินเปรียบเสมือนกาวธรรมชาติ ไม้ที่มีลิกนินมากจะมีความแข็งแรง และในไม้ชนิดเดียวกันไม้ที่มีอายุมากจะมีปริมาณลิกนินมาก จังหวัดชุมพรนี้มีต้นกระถินเทพาเป็นจำนวนมาก ต้นกระถินเทพาเป็นพืชที่โตเร็ว และมีขนาดใหญ่สามารถหาได้ง่ายภายในท้องถิ่น พลาสติกเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน และมีแนวโน้มการใช้งานมากขึ้น เนื่องจากพลาสติกมีคุณสมบัติเบา แข็งแรง ทนทาน และราคาถูก สามารถผลิตให้มีรูปแบบต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่นทำให้พลาสติกได้รับความนิยมอย่างมากในการนำมาใช้งาน เช่น ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก ภาชนะบรรจุอาหาร ของเล่นเด็ก ส่งผลให้เกิดขยะพลาสติกในปริมาณมาก และขยะพลาสติกยังเป็นวัสดุที่ไม่สามารถย่อยสลายด้วยตัวเองได้อีกด้วย ดังนั้น พลาสติกกรีซเคลือบซีลี้อย่างเป็นวัสดุที่เหมาะสมในการเป็นตัวประสาน และยังเป็นวิธีการลดขยะ ลดมลพิษให้กับสภาพแวดล้อม ลดการใช้พลังงาน และลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติของโลกไม่ให้ถูกนำมาใช้สิ้นเปลืองมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำฉนวนกันความร้อน จะมีการทดสอบเพื่อศึกษาสมบัติต่าง ๆ เช่น ความหนาแน่น การทดสอบค่าความชื้น ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสม มีราคาถูก วัสดุหาได้ง่าย และมีความเป็นมาตรฐานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอาคารบ้านเรือนได้ ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และยังเป็น การเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือ

จากปัญหาดังกล่าว Shimol Philip และ R. Rakendu [1] ได้ศึกษาวัสดุฉนวนกันความร้อนจาก ผักตบชวาสำหรับการใช้งานในอาคาร มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาการใช้ผักตบชวา(WH) เป็น วัสดุฉนวนในการผลิตวัสดุฉนวนกันความร้อน โดยวิธีการออกแบบแผ่นวัสดุคอมโพสิตซีเมนต์ผักตบชวา และคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อน เช่น ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การนำความร้อนและความ แข็งแรงภายนอก การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าทรัพยากรชีวมวล WH เป็นตัวเลือกที่ดีมากสำหรับการพัฒนา วัสดุฉนวนกันความร้อนและการผสม WH ที่ถูกต้องนั้นเทียบได้กับวัสดุทั่วไป จากการศึกษาของ Carlos Rojas และคณะ [2] ได้พัฒนาฉนวนกันความร้อนชนิดบล็อกจากฟางข้าวสาลี และเส้นใยที่เหลือจาก เปลือกข้าวโพด ผลลัพธ์แสดงค่าการนำความร้อนอยู่ระหว่าง 0.046 ถึง 0.047 W/m·K นอกจากนี้ผล การทดสอบความเค้นดัดยังดีเมื่อเทียบกับพอลิโพรพิลีนชนิดขยายมาตรฐานชนิด IX ในเงื่อนไขที่เหมาะสม ของกระบวนการถูกกำหนดเพื่อให้ได้บล็อกสุดท้ายซึ่งได้รับการวิเคราะห์ทางสัณฐานวิทยาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบการสแกน (SEM) ในขณะที่พฤติกรรมทางความร้อนได้รับการศึกษาโดย การวิเคราะห์ทางความร้อน (TGA)

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีแนวความคิดที่จะใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่น ฉนวนกันความร้อนโดยใช้ส่วนใบปาล์มหรือก้านใบปาล์ม(ทางปาล์ม) เนื่องจากใบปาล์มหรือก้านใบ ปาล์ม(ทางปาล์ม) มีจำนวนมากในท้องถิ่นจังหวัดชุมพร และไม่ค่อยมีการนำมาใช้ประโยชน์ และมีการ ใช้ตัวประสานที่เป็นวัสดุจากธรรมชาติ และขยะพลาสติกที่มีจำนวนมาก โดยอาศัยการอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน เป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และช่วยจัดการวัสดุเหลือทิ้งจำพวก ขยะพลาสติก ที่ใช้ระยะเวลานานในการย่อยสลาย อันเป็นแนวทางที่เป็นมิตรกับโลก และสิ่งแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยใบปาล์มน้ำมัน และเส้นใยทางปาล์ม น้ำมันโดยใช้เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีน และซีลี้อยเป็นตัวประสาน
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมของเส้นใยใบปาล์มน้ำมัน และเส้นใยทางปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมจะ นำมาทำฉนวนกันความร้อน

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. เส้นใยใบปาล์มน้ำมัน และเส้นใยทางปาล์มน้ำมัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ≤ 0.5 , 0.5-1.0 และ 1.0-2.0 มิลลิเมตร

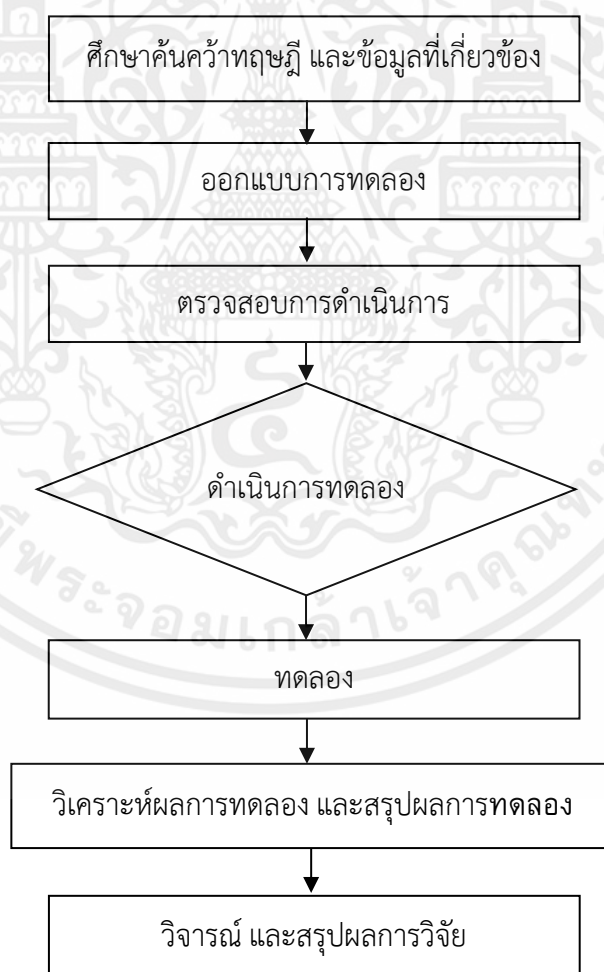
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อัตราส่วนผสมของซีลี้อยู่ในปริมาณคงที่ 20 กรัม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร
3. ใช้ตัวประสานเป็นเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีน (Polyethylene – PE) ในแผ่นฉนวนกันความร้อน ปริมาณคงที่ 30 กรัม
4. ขนาดชิ้นงานทดสอบ 15×15 เซนติเมตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
2. สามารถลดต้นทุนในการผลิตฉนวนกันความร้อน โดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
3. ลดปริมาณพลาสติกเหลือใช้ และยังช่วยลดปริมาณขยะภายในประเทศ
4. สามารถผลิตฉนวนป้องกันความร้อนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้ตามโครงการที่วางไว้

1.5 ขั้นตอนการศึกษาโครงการ



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินงานของการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

1.7 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงการดำเนินงานของการศึกษา

หัวข้อ	ปี 2563			ปี 2564	
	ส.ค.-ก.ย.	ต.ค.-พ.ย.	ธ.ค.-ม.ค.	ก.พ.-มี.ค.	เม.ย.-มิ.ย.
1. ศึกษา และค้นคว้าข้อมูล	←→				
2. ออกแบบการทดลอง		←→			
3. ทดลอง และรวบรวมผล		←→			
4. วิเคราะห์ผล				←→	
5. สรุปผล					←→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของฉนวนกันความร้อน

ฉนวนกันความร้อนหรือฉนวนความร้อน คือ วัสดุหรือวัสดุที่มีคุณสมบัติในการป้องกัน สกัตกั้น หรือชะลอความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปสู่อีกด้านหนึ่งได้โดยง่าย เพื่อให้อุณหภูมิคงอยู่ในสภาพที่ต้องการ [4]

ตารางที่ 2.1 ประเภทของฉนวนกันความร้อน

ประเภทฉนวน	คุณสมบัติ	ข้อดี	ข้อเสีย
1) วัสดุฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์	มีค่าการแผ่รังสีความร้อน (Emissivity) ของผิวอลูมิเนียมต่ำ	มีคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อนสูง ทนความชื้นได้ดี ไม่ติดไฟ และไม่ลามไฟไม่ฉีกขาดง่าย	ขาดคุณสมบัติในการป้องกันเสียง
2) วัสดุฉนวนแบบโฟม	เช่น โพลียูรีเทนโฟม เป็นฉนวนที่กันความร้อน	มีคุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำ รองรับน้ำหนักกด	เกิดก๊าซพิษเมื่อถูกไฟไหม้
3) วัสดุฉนวนใยแก้ว	ทำมาจากแก้วหรือเศษแก้วนำมาหลอม และ เป็นเป็นเส้นใยละเอียด นำมาอัดรวมกัน	มีคุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำ มีคุณสมบัติด้านเสียงที่ดี	เส้นใยก่อให้เกิดการระคายเคือง ไม่เหมาะกับการใช้งานที่เปิดโล่งโดยไม่มีอะไรปกคลุม
4) วัสดุฉนวนใยหิน (Mineral Wool)	เป็นเส้นใยจากธรรมชาติ มีสารประกอบของแอสเบสตอส (Asbestos) ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ	มีคุณสมบัติในการกันความร้อน และดูดซับเสียงที่ดี ทนไฟ	ไม่ทนทานต่อความเปียกชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ประเภทของฉนวนกันความร้อน (ต่อ)

ประเภทฉนวน	คุณสมบัติ	ข้อดี	ข้อเสีย
5) เซลลูโลส (Cellulose)	เป็นวัสดุ Recycle ผสมเคมีเพื่อช่วยให้เกิดการยึดติด	มีค่าการกันความร้อน และเสียงที่ดี ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม	ไม่ทนต่อน้ำ และ ความชื้น สามารถหลุด ล่อนได้
6) แคลเซียมซิลิเกต (Calcium Silicate)	เป็นผงอัดเป็นแผ่น สำเร็จ	สามารถตัดต่อเหมือน แผ่นยิปซัม แต่มี คุณสมบัติในการ ต้านทานความร้อน ทาสีทับได้ ทนไฟ	มีน้ำหนักมาก ไม่ทนต่อ ความชื้น
7) เวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite)	ทำจากแร่ไมก้า มี ลักษณะเป็นเกร็ด คล้ายกระจก เป็นผง นำไปผสมกับซีเมนต์ หรือทรายจะได้ คอนกรีตที่มีค่าการนำ ความร้อนต่ำ	สามารถหล่อเป็นรูป ต่างๆ ได้ ทนไฟ	มีน้ำหนักมาก
8) เซรามิกโค้ดติ้ง (Ceramic Coating)	ลักษณะของเหลวใช้ ทาหรือพ่น ช่วย สะท้อนความร้อนได้ดี	ติดตั้งง่าย มีคุณสมบัติ ช่วยป้องกันความร้อน ที่ผิวอาคารโดยตรง	อายุการใช้งานต่ำ เนื่องจากสภาวะอากาศ การติดตั้ง

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ

วัสดุ	ค่าการนำความร้อน ($W \cdot m^{-1} K^{-1}$)
โฟมโพลียูรีเทน	0.023
โฟมแผ่น (โพลีสไตรีน)	0.031
ฉนวนใยแก้ว	0.035
ไม้อัด	0.123
แผ่นยิปซัม	0.191

2.2 คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนที่ดี

ฉนวนเป็นวัสดุหรือวัตถุที่ใช้เพื่อป้องกันความร้อนสูญเสียในระบบทำงาน และป้องกันการถ่ายเท ความร้อนในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกใช้ฉนวนความร้อนมีหลักควรพิจารณาดังนี้

1. ช่วงอุณหภูมิใช้งาน ที่ฉนวนใช้ได้โดยไม่เสียหายหรือเสื่อมคุณภาพ
2. ค่าการนำความร้อน ค่าที่ต่ำกว่าจะลดการสูญเสียพลังงานได้ดีกว่า
3. กำลังการอัดบีบ ควรเลือกฉนวนที่ไม่เสียรูปทรงมาก โดยเปรียบเทียบกับจากปริมาณการเสียรูปทรงของฉนวนต่างๆที่ค่าเดียวกันว่ารับกำลังการอัดบีบได้เท่าไร
4. ความทนทานต่อการติดไฟ
5. โครงสร้างเซลล์ ซึ่งจะเป็นสิ่งกำหนดว่าฉนวนจะดูดซับความชื้นยากง่ายเพียงไร
6. รูปแบบของฉนวน ความหนา และรูปทรงของฉนวนจะเป็นตัวกำหนดได้ว่า ฉนวนนั้นมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานหรือไม่แล้วทำให้เป็นเส้นใย

ฉนวนกันความร้อนจะต้องเลือกใช้ให้เป็นที่ไปตามวัตถุประสงค์กับงาน และตามชนิดของฉนวน ซึ่งคุณสมบัติที่ดีนั้นควรมีน้ำหนักเบา และมีความหนาแน่นน้อยมีค่าสภาพการนำความร้อนต่ำ กล่าวคือยอมให้ความร้อนผ่านตัวฉนวนได้น้อยมากในบางชนิดจะต้องมีความคงทนต่อแรงดึงแรงอัดได้ดี มีอัตราการดูดซับความชื้นที่ต่ำมากหรือไม่มีเลยจะดีมาก สามารถต้านการกัดกร่อนได้ดี โดยเฉพาะทางเคมีมีความคงตัวสูง เปลี่ยนรูปได้ยากต้องทนต่อการติดไฟได้ดี ติดตั้งเพื่อใช้งานที่สะดวก และมีราคาถูก สามารถหาซื้อได้ง่าย

ฉนวนความร้อนหรือฉนวนกันร้อน จะต้องเลือกให้ตรงกับวัตถุประสงค์ และตามชนิดการใช้งานของฉนวนความร้อน คุณสมบัติที่ดีนั้นพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. น้ำหนักเบา และมีค่าความหนาแน่นน้อย
2. มีค่าการนำความร้อนต่ำ คือการให้ความร้อนไหลผ่านฉนวนได้ยาก
3. มีความคงทนต่อแรงอัดและแรงดึงได้เป็นอย่างดี
4. มีอัตราการดูดซับความชื้นที่ต่ำหรือไม่มีเลยยังเป็นการดีมาก
5. มีความสามารถต้านทานการกัดกร่อนได้ดี
6. เปลี่ยนรูปได้ยาก และมีความคงตัวสูง
7. มีความทนต่อการติดไฟได้ดี (ไม่ติดไฟ)
8. สามารถใช้ได้กับอุณหภูมิที่กว้างหรือทุกระดับได้
9. ติดตั้งง่าย และสะดวก

2.3 ประโยชน์ของฉนวนกันความร้อน

ฉนวนกันความร้อน ผลิตจากการประสานแผ่น เมทัลไรส์ ฟอยล์บริสุทธิ์เข้ากับฉนวนโพลีเอทิลีน โฟม ทำให้มีประสิทธิภาพในการสะท้อนรังสีความร้อน และป้องกันการส่งผ่านความร้อน ฉนวนกันความร้อนเป็นวัสดุที่สร้างขึ้นมา เพื่อช่วยลดอุณหภูมิความร้อนในตัวอาคาร อีกทั้งยังเป็นการควบคุมอุณหภูมิภายในห้อง หรือ ในบ้านให้อยู่คงที่ตามต้องการนั่นเอง ในปัจจุบันนี้บ้านเกือบทุกหลังรวมทั้งอาคารต่าง ๆ ต้องใช้ฉนวนกันความร้อน เพื่อการประหยัดพลังงาน ฉนวนกันความร้อนจึงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือ สำหรับป้องกัน และรักษาอุณหภูมิเพื่อให้อากาศภายในห้องอยู่ในสภาวะปกติเหมาะสม ความร้อนจะถูกสกัด และป้องกันจากภายนอกไม่ให้เข้าไปภายในตัวอาคารเพื่อให้อุณหภูมิภายในห้องไม่ร้อนอบอ้าว หรือร้อนจนอยู่ไม่ได้ อีกทั้งยังมีการเสริมเครื่องปรับอากาศ หรือ แอร์ เข้าไปด้วย เพื่อให้มีสภาพอากาศอยู่อย่างสบาย เพราะฉะนั้นเครื่องปรับอากาศจึงเป็นอุปกรณ์จำเป็นต้องใช้ในอาคารทุกแห่ง แต่การใช้เครื่องปรับอากาศจำเป็นต้องยอมรับกับค่าใช้จ่ายอย่างสูงเช่นกัน หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศคือ คอยดูดซับความร้อนออกจากห้อง ถ้าห้องที่มีอุณหภูมิสูงมาก เครื่องปรับอากาศก็ต้องทำงานหนักขึ้น และทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น [6]

2.3.1 ประโยชน์จากการติดตั้งฉนวนกันความร้อน

1. ฉนวนกันความร้อน ช่วยลดความร้อน ป้องกันความร้อน ภายในอาคารได้อย่างดีเยี่ยม ช่วยลดความร้อนได้ดีกว่าการติดตั้งที่มีแค่ตัวหลังคา ช่วยลดความร้อนได้ถึง 97% มีค่าการนำความร้อนต่ำ คือการให้ความร้อนไหลผ่านฉนวนได้ยาก
2. ฉนวนกันความร้อน ลดเสียงดังช่วยกันเสียงที่ดังเข้ามาจากภายนอกได้เป็นอย่างดี มีอัตราการดูดซับความชื้นที่ต่ำหรือไม่มีเลยยิ่งเป็นการดีมาก
3. ฉนวนกันความร้อน ทนต่อไฟ และไม่ก่อให้เกิดการลุกลามของไฟเปลี่ยนรูปได้ยาก และมีความคงตัวสูง
4. ฉนวนกันความร้อน น้ำหนักเบา แต่มีความแข็งแรงสามารถใช้ได้กับอุณหภูมิที่กว้างหรือทุกระดับได้
5. ฉนวนกันความร้อน ช่วยประหยัดพลังงาน เป็นการช่วยลดกระแสไฟฟ้าในแต่ละเดือนได้อย่างมากนั่นเอง

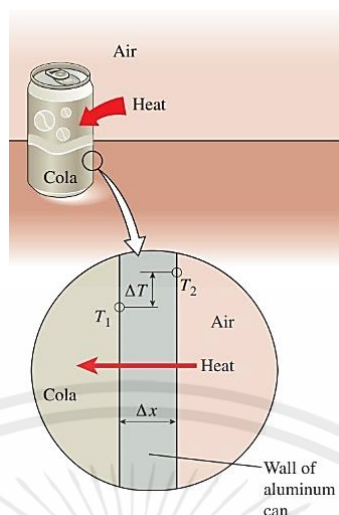
2.4 กลไกการถ่ายโอนความร้อน

กลไกการถ่ายโอนความร้อนมี 3 แบบ คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) โดยมีรายละเอียดดังนี้ [7]

2.4.1 การนำความร้อน (Heat Conduction)

การนำความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยอาศัยผลของการกระทำระหว่างอนุภาค กานำความร้อนสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในตัวกลางที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยในแก๊ส และของเหลวการนำความร้อนเกิดจากการชนกันของโมเลกุลระหว่างการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทางของโมเลกุลเหล่านั้น ส่วนในของแข็งเกิดจากการสั่นของโมเลกุล และการถ่ายโอนพลังงาน โดยอิเล็กตรอนอิสระ ตัวอย่างของการนำความร้อนเป็นดังแสดงในรูปที่ 2.1 เมื่อวางกระป๋องเครื่องดื่มที่มีอุณหภูมิต่ำไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะมีการนำความร้อนจากอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังเครื่องดื่มกระป๋องที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าของกระป๋อง และทำให้อุณหภูมิของเครื่องดื่มสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การนำความร้อนจากอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังเครื่องดื่มกระป๋องที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ผ่านผนังของกระป๋อง [40]

อัตราการนำความร้อน (rate of heat conduction, \dot{Q}_{cond}) ผ่านชั้นที่มีความหนา ΔX เป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราส่วนของอุณหภูมิแตกต่างระหว่างสองด้านของชั้นนั้นต่อความหนาของชั้น ($\Delta T / \Delta X$) และพื้นที่ถ่ายโอนความร้อนที่ตั้งฉากกับทิศทางการโอนความร้อน (A) โดยรูปของสมการเป็นดังนี้

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = k_t A \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (\text{w}) \quad (2.1)$$

โดย k_t เป็นค่าสภาพนำความร้อน (thermal conductivity) ซึ่งบ่งชี้ความสามารถในการนำความร้อนของวัตถุ (ตารางที่ 2.1) สำหรับชั้นที่บางมาก $\Delta X \rightarrow 0$ ความสัมพันธ์ในสมการที่ 2.1 จะอยู่ในรูปอนุพันธ์ดังนี้

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = k_t A \frac{\Delta T}{\Delta X} \quad (\text{w}) \quad (2.2)$$

ความสัมพันธ์ในสมการที่ (2.2) เป็นที่รู้จักในชื่อของ กฎของฟูเรียร์ (Fourier's law) เนื่องจากการถ่ายโอนมีทิศทางจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ ทำให้ $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ มีเครื่องหมาย

เป็นลบ ดังนั้น เพื่อให้ให้อัตราการนำความร้อนในทิศทาง X มีค่าเป็นบวกจึงมีการเติมเครื่องหมายลบไว้ด้านขวามือในสมการ (2.2)

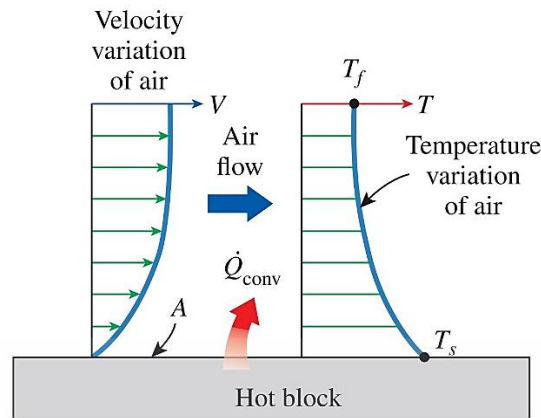
ตารางที่ 2.3 ค่าสภาพนำความร้อนของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง

วัสดุ	ค่าสภาพนำความร้อน (W/(m·K))
เพชร	2300
เงิน	429
ทองแดง	401
ทอง	317
อะลูมิเนียม	237
เหล็ก	80.2
ปรอท (ของเหลว)	8.54
แก้ว	1.4
อิฐ	0.72
น้ำ (ของเหลว)	0.613
ผิวหนังของคน	0.37
ไฟเบอร์กลาส	0.043
อากาศ (แก๊ส)	0.026

2.4.2 การพาความร้อน (Heat Convection)

การพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนระหว่างผิวของของแข็งกับของเหลวหรือแก๊ส (ของไหล) ที่มีการเคลื่อนที่ จึงอาจกล่าวได้ว่าการพาความร้อนเกิดขึ้นจากผลของการนำความร้อนรวมกับการไหลของของไหล โดยปริมาณการพาความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามความเร็วในการไหลของของไหล

เมื่อพิจารณาการลดอุณหภูมิของวัตถุร้อนด้วยการเป่าอากาศเย็นลงบนวัตถุ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 พลังงานจากวัตถุร้อนจะเกิดการถ่ายโอนเข้าสู่ชั้นของอากาศที่อยู่ติดกับผิวของวัตถุโดยการนำความร้อน และพลังงานนี้จะถูกถ่ายโอนออกจากบริเวณผิวโดยการพาความร้อน และแทนที่อากาศร้อนด้วยอากาศเย็น ในกรณีที่ไม่มี การเคลื่อนที่ของปริมาตรขนาดใหญ่ของของไหล (bulk fluid motion) จะถือว่าการถ่ายโอนความร้อนระหว่างผิวของแข็งกับของไหลที่อยู่ติดกันนั้นเป็นการนำความร้อนเพียงอย่างเดียว

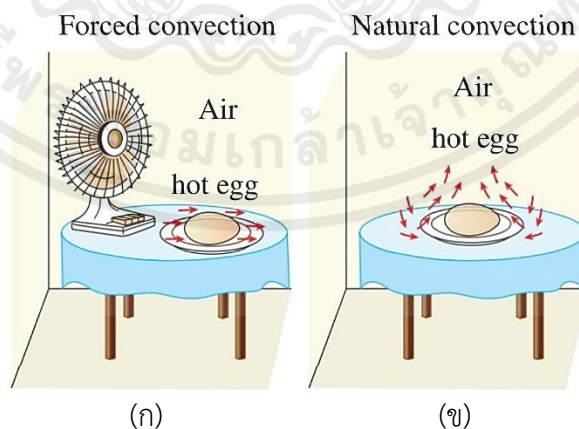


รูปที่ 2.2 การถ่ายโอนความร้อนจากผิววัตถุร้อนสู่อากาศโดยการพาความร้อน [40]

การพาความร้อนแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ

1. การพาความร้อนแบบบังคับ (forced convection) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงภายนอกมาบังคับให้ของไหลเคลื่อนที่ผ่านผิววัตถุที่ร้อนกว่าหรือเย็นกว่า เช่น การใช้พัดลมเป่าอากาศให้เกิดการเคลื่อนที่ผ่านไข่ที่ร้อน (hot egg) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ก)

2. การพาความร้อนแบบอิสระหรือธรรมชาติ (free or natural convection) เกิดขึ้นเมื่อของไหลเกิดการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงลอยตัว (buoyancy force) ของของไหลซึ่งแรงลอยตัวนี้เกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหล อันเป็นผลจากความแตกต่างของอุณหภูมิในชั้นของของไหล ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.3 (ข) โดยความร้อนจากไข่จะทำให้อากาศมีความหนาแน่นต่ำลง (เบา) จึงเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ขณะเดียวกันอากาศที่เย็นกว่า (มีความหนาแน่นสูงกว่าหรือหนักกว่า) จะเคลื่อนที่มาแทนที่



รูปที่ 2.3 การพาความร้อน (ก) แบบบังคับ (ข) แบบอิสระ [40]

การถ่ายโอนความร้อนในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสถานะของของไหล ถือว่าเป็นการพาความร้อนอย่างหนึ่ง เพราะมีการเคลื่อนที่ของของไหลในระหว่างกระบวนการ เช่น การลอยของไอในระหว่างการเดือดหรือการหยดของของเหลวในระหว่างการควบแน่น สมการสำหรับหาอัตราการพาความร้อน อยู่ในรูปกฎการเย็นตัวของนิวตัน (Newton's law of cooling) ซึ่งสามารถพิจารณาประกอบกับข้อมูลในรูปที่ 2.2 ได้ดังนี้

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA(T_s - T_f) \quad (W) \quad (2.3)$$

เมื่อ h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (convection heat transfer coefficient) ที่

ผิวสัมผัสระหว่างของไหลกับวัตถุ ($W/m^2 \cdot K$) มีตัวอย่างข้อมูลในตาราง 2.3

A คือ พื้นที่ผิวที่เกิดการถ่ายโอนความร้อน (m^2)

T_s คือ อุณหภูมิของผิววัตถุ (K หรือ $^{\circ}C$)

T_f คือ อุณหภูมิของของไหลที่อยู่ห่างจากผิวของวัตถุ (K หรือ $^{\circ}C$)

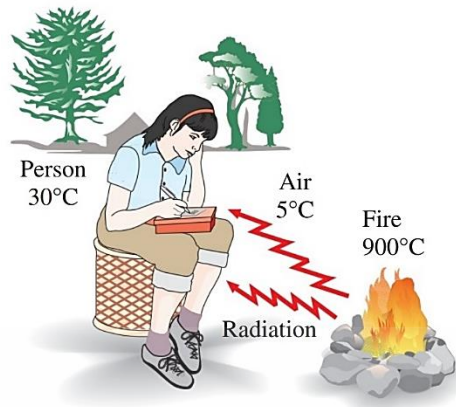
สำหรับสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเป็นสมบัติที่ได้จากการทดลอง ปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีหลายอย่าง เช่น รูปร่างของวัตถุ ลักษณะการไหลของของไหล และสมบัติทางเคมีของของไหล เป็นต้น

ตารางที่ 2.4 ค่าโดยประมาณของสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย

ประเภทการพาความร้อน และชนิดของของไหล	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^2 \cdot K$)
การพาความร้อนแบบอิสระ, แก๊ส	2-25
การพาความร้อนแบบอิสระ, ของเหลว	50-1000
การพาความร้อนแบบบังคับ, แก๊ส	25-250
การพาความร้อนแบบบังคับ, ของเหลว	50-20,000
การพาความร้อนระหว่างการระเหย และควบแน่น	2500-100,000

2.4.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยการเปล่งรังสีความร้อนจากผิวของวัตถุในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโฟตอน (electromagnetic wave or photon) โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ดังนั้นการแผ่รังสีจึงสามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างผิวของสองวัตถุที่ถูกกั้นด้วยบรรยากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าวัตถุทั้งสอง (รูปที่ 2.4) หรือในสุญญากาศ (ที่คุ้นเคยกันดีคือการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก)



รูปที่ 2.4 การแผ่รังสีสามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างผิวของสองวัตถุที่ถูกกั้นด้วยบรรยากาศที่มี อุณหภูมิต่ำกว่าวัตถุทั้งสอง [40]

วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์สามารถแผ่รังสีได้ อัตราการแผ่รังสีความร้อนสูงสุดจากผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิสัมบูรณ์เท่ากับ T_s เป็นไปตามกฎของสเตฟาน-โบลทซ์มันน์ (Stefan-Boltzmann law) ดังนี้

$$\dot{Q}_{\text{emit,max}} = \sigma A T_s^4 \quad (\text{W}) \quad (2.4)$$

โดยที่ σ คือ ค่าคงที่สเตฟาน-โบลทซ์มันน์ (Stefan-Boltzmann constant)

มีค่าเท่ากับ $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

A คือ พื้นที่ผิวของวัตถุที่แผ่รังสีความร้อน (m^2)

T_s คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุแผ่รังสีความร้อน (K)

พื้นผิวอุดมคติ (idealized surface) ของวัตถุที่สามารถแผ่รังสีได้สูงสุดซึ่งเป็นไปตามสมการที่ (2.5) นั้นเรียกว่าวัตถุดำ (blackbody) สำหรับพื้นผิววัตถุจริงจะแผ่รังสีได้น้อยกว่าพื้นผิวอุดมคติ โดยมีอัตราการแผ่รังสีความร้อนเป็นไปตามสมการ ดังนี้

$$\dot{Q}_{\text{emit}} = \epsilon \sigma A T_s^4 \quad (\text{W}) \quad (2.5)$$

เมื่อ ϵ คือ สภาพเปล่งรังสี (emissivity; ϵ) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง $0 \leq \epsilon \leq 1$ โดยพื้นผิววัตถุที่สามารถแผ่รังสีความร้อนได้สูงสุด (พื้นผิวอุดมคติ หรือวัตถุดำ) มีค่า $\epsilon = 1$ สำหรับตัวอย่างค่าสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวของวัสดุบางชนิดเป็นดังแสดงในตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ค่าสภาพเปล่งรังสีของพื้นผิวของวัสดุบางชนิดที่อุณหภูมิ 300 K

วัสดุ	ค่าสภาพเปล่งรังสี
ทองแดงขัดเงา	0.03
ทองขัดเงา	0.03
สแตนเลสตีลขัดเงา	0.17
สีดำ	0.98
สีขาว	0.90
กระดาษขาว	0.92-0.97
อิฐแดง	0.93-0.96
ผิวหนังคน	0.95
ไม้	0.82-0.92
ดิน	0.93-0.96
น้ำ	0.96

คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งเกี่ยวกับการแผ่รังสีความร้อนคือ สภาพดูดกลืน (absorptivity) ของพื้นผิวซึ่งเป็นส่วนของพลังงานที่ตกกระทบบนพื้นผิวแล้วถูกดูดกลืนโดยพื้นผิวนั้น ค่าสภาพดูดกลืนนี้อยู่ในช่วง $0 \leq \alpha \leq 1$ สำหรับวัตถุดำมีค่า $\alpha = 1$ คือสามารถดูดกลืนพลังงานที่ตกกระทบได้ทั้งหมด

โดยทั่วไปทั้ง ϵ และ α ของพื้นผิวใดๆ จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความยาวคลื่นของการแผ่รังสี แต่ในทางปฏิบัติโดยทั่วไปจะไม่พิจารณาผลดังกล่าวแต่จะใช้เป็นค่าเฉลี่ยแทน สำหรับอัตราการดูดกลืนพลังงานจากการแผ่รังสีความร้อน (\dot{Q}_{abs}) เป็นผลคูณของสภาพดูดกลืนกับอัตราการตกกระทบของรังสีความร้อน ($\dot{Q}_{\text{incident}}$) ดังแสดงในสมการ 2.6

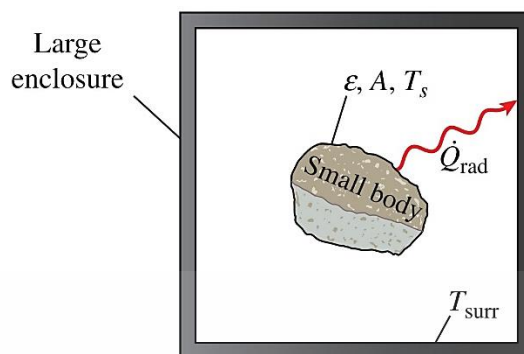
$$\dot{Q}_{\text{abs}} = \alpha \dot{Q}_{\text{incident}} \quad (\text{W}) \quad (2.6)$$

อัตราการแผ่รังสีความร้อนระหว่างวัตถุที่มีขนาดพื้นผิว A อุณหภูมิ T_s และสภาพเปล่งรังสี ϵ กับสิ่งแวดล้อมโดยรอบในลักษณะปริมาตรปิด (enclosure) ที่มีอุณหภูมิ T_{surr} (K) ในรูปที่ 2.5 เป็นดังนี้

$$\dot{Q}_{\text{rad}} = \epsilon \sigma A (T_s^4 - T_{\text{surr}}^4) \quad (\text{W}) \quad (2.7)$$

ในสมการ (2.7) ถือว่าสภาพเปล่งรังสี และพื้นที่ผิวของสิ่งแวดล้อมไม่มีผลต่อการแผ่รังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การแผ่รังสีความร้อนระหว่างวัตถุกับสิ่งแวดล้อมโดยรอบ [40]

2.5 เส้นใยธรรมชาติ (Natural fiber)

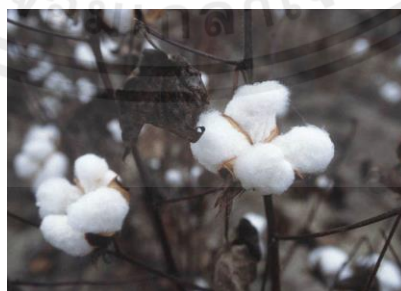
เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers) เป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มนุษย์รู้จักนำมาใช้ประโยชน์มาเป็นเวลานาน ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากธรรมชาติ ได้แก่ พืช สัตว์ และสินแร่ต่างๆ ปัจจุบันผลิตภัณฑ์จากเส้นใยธรรมชาติได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่น คือ น้ำหนักเบา เป็นฉนวนความร้อนที่ดี สวมใส่สบาย ปลอดภัยจากสารเคมี และมีความสวยงามเฉพาะตัว โดยเส้นใยธรรมชาติที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด [8]

2.5.1 เส้นใยจากพืช หรือเส้นใยจากเซลลูโลส (Cellulose fibers)

เป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งได้จากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น

2.5.1.1 เส้นใยที่หุ้มเมล็ด ได้แก่

1. ใยฝ้าย (Cotton) ฝ้ายที่ได้จากเส้นใยฝ้ายนั้นได้มาจากเมล็ดของฝ้าย โดยเมื่อแห้งจะแตกออกมาเป็นใยสีขาวมีความยาวที่แตกต่างกัน แล้วจึงนำมาทอเป็นผ้า ฝ้ายมีคุณสมบัติที่ดี และมีราคาถูกมีความทนทาน เรียบเป็นเงา ดูดซับน้ำได้ดี



รูปที่ 2.6 ใยฝ้าย (Cotton) [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โยนุ่น (Kapok) ส่วนใหญ่มักนำเส้นโยนุ่นไปยัดเบาะ พูก หมอน ที่นอน ถูขนอน ตุ๊กตา เนื่องจากมีคุณสมบัติดูดความชื้นต่ำ มีน้ำหนักเบา ทนต่อแมลงและเชื้อราได้ดี



รูปที่ 2.7 โยนุ่น (Kapok) [10]

2.5.1.2 เส้นใยจากลำต้น ได้แก่

1. ไยลินิน (Linen) เป็นเส้นใยที่ได้จากส่วนเปลือกของลำต้นแฟลกซ์ (Flax) มีคุณสมบัติคือ ระบายอากาศได้ดีมาก ดูซับเหงื่อได้ดี แต่ยับง่าย



รูปที่ 2.8 ไยลินิน (Linen) [11]

2. โยปอ (Jute) เส้นโยปอมีความสำคัญและถูกนำมาใช้ประโยชน์มากรองจากฝ้าย แม้เป็นเส้นใยที่ไม่เหมาะสำหรับใช้ทำเป็นเสื้อผ้า เพราะมีความหยาบกระด้าง และระคายผิว แต่เหมาะสำหรับใช้ทำเชือก กระสอบ ถู ผ้าตาข่าย และใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรมบางชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ไยปอ (Jute) [12]

2.5.1.3 เส้นใยจากใบ ได้แก่

1. ไยสับปะรด (Pine apple) เส้นใยสับปะรดสามารถนำมาใช้ทำเส้นใยสิ่งทอ มีคุณสมบัติเหนียว นุ่ม มักนำมาใช้ทำเชือก ด้ายเย็บ และผ้าเนื้อผ้า



รูปที่ 2.10 ไยสับปะรด (Pine apple) [13]

2. ไยป่านศรนารายณ์ (Sisal) มักนำมาใช้ประโยชน์สำหรับทำเชือกขนาดต่างๆ เพื่อใช้ในงานทางการเกษตร การเดินเรือ และเชือกห่อของ



รูปที่ 2.11 ไยป่านศรนารายณ์ (Sisal) [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.4 เส้นใยจากผล ไม้ไผ่

1. เส้นใยมะพร้าว (Coir) เป็นเส้นใยที่ได้จากเปลือกของผลมะพร้าว ลักษณะเส้นใยแข็งกระด้าง ทนต่อความเปียกชื้น และการทำลายของจุลินทรีย์ได้ดี สามารถนำมาใช้ทำเบาะรถยนต์ ที่นอน เชือก เสื่อ แปรง และไม้กวาด



รูปที่ 2.12 เส้นใยมะพร้าว (Coir) [15]

2.5.2 เส้นใยจากสัตว์ หรือเส้นใยโปรตีน (Protein fibers)

2.5.2.1 เป็นเส้นใยที่ประกอบด้วยสารประเภทโปรตีน ไม้ไผ่

1. ขนสัตว์ (Wool) ส่วนใหญ่ขนสัตว์ที่นำมาใช้ประโยชน์สำหรับทำเป็นเส้นใยมากที่สุดคือ ขนแกะ โดยเส้นใยขนแกะมีคุณสมบัติที่ดีเหมาะแก่การทำเสื้อผ้าที่ให้ความอบอุ่น และความสบายแก่ผู้สวมใส่ในฤดูหนาว เนื่องจากเป็นฉนวนความร้อนที่ดี ดูดความชื้นได้ดี และไม่ยับ



รูปที่ 2.13 ขนสัตว์ (Wool) [16]

2. ไหม (Silk) เป็นเส้นใยที่ได้จากหนอนไหม มีคุณสมบัติเหมาะแก่การทำเสื้อผ้า เนื่องจากผ้าไหมให้ความสบาย สวยงาม ทำให้มีราคาแพง



รูปที่ 2.14 ไหม (Silk) [17]

2.5.3 เส้นใยจากหินแร่ (Mineral fibers)

1. แร่ใยหิน (Asbestos) มีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ทนความร้อนได้สูง มีความเหนียว และไม่นำไฟฟ้า



รูปที่ 2.15 แร่ใยหิน (Asbestos) [18]

2.6 พืชตระกูลปาล์ม

ปาล์ม (palm) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่อยู่ในวงศ์ (family) Arecaceae (อ่านว่า อะเรคาซีอี) ชื่อเดิมคือ Palmae (อ่านว่า ปาล์มมี) เป็นพืชวงศ์ใหญ่รองจากหญ้า ทั้งในด้านชนิดและปริมาณที่มีอยู่อย่างมากมาย จำแนกได้กว่า 210 สกุล (genera) รวบรวม 3,800 ชนิด (species) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ไม่มีกิ่งก้าน



รูปที่ 2.16 ปาล์ม (palm) [19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 สามารถจำแนกปาล์มออกเป็น 6 วงศ์ย่อย (sub-families)

1. วงศ์ย่อยหมาก (Arecoideae) มีจำนวน 1,300 ชนิด อยู่ใน 107 สกุล ใบประกอบแบบขนนก ดอกแยกเพศไม่แยกต้น เช่น เต่าร้าง (*Caryota urens*) มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน
2. วงศ์ย่อยหวาย (Calamoideae) มีจำนวน 620 ชนิด ใน 21 สกุล ได้แก่หวายชนิดต่างๆ
3. วงศ์ Ceroxyloideae เช่น ปาล์มแชมเปญ
4. วงศ์ย่อยลาน (Coryphoideae) เช่น อินทผลัม, ลาน, ตาล
5. วงศ์ Nypoideae เต็บโตที่ป่าชายเลน ลำต้นอยู่ใต้ดิน มีชนิดเดียว คือ “จาก”
6. วงศ์ Phytelphantoideae เช่น ปาล์มงาช้าง พบในแถบอเมริกากลาง

2.6.2 พันธุ์ปาล์มน้ำมัน

พันธุ์ปาล์มน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ซึ่งสามารถแยกความแตกต่างของพันธุ์เหล่านี้ โดยพิจารณาความหนาของผลปาล์มเป็นสำคัญ

1. พันธุ์ดูรา (Dura) เป็นพันธุ์ที่มีกะลาหนาประมาณ 2 ถึง 8 มิลลิเมตร มีชั้นเปลือกนอกที่ให้น้ำมัน (Mesocarp) ประมาณ 35 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผลปาล์ม พันธุ์ดูราเป็นพันธุ์ที่มีกะลาหนามาก ๆ เรียกว่ามาโครคยา (Macrocarya) คือมีกะลาหนาประมาณ 6 ถึง 8 มิลลิเมตร และมักจะพบมากในแถบตะวันออกไกล เช่น พันธุ์เดลีดูรา (Deli Dura) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง ปัจจุบันพันธุ์ดูรามักใช้เป็นต้นแม่สำหรับปรับปรุงพันธุ์เพื่อผลิตลูกผสมเป็นการค้า



รูปที่ 2.17 ปาล์มน้ำมันพันธุ์ดูรา (Dura) [20]

2. พันธุ์พิซิเฟอรา (Pisifera) เป็นพันธุ์ที่มีกะลาบางมาก หรือบางครั้งไม่มีกะลา เมล็ดในและผลมีขนาดเล็ก ข้อดอกตัวเมียมักเป็นหมัน ผลผลิตแต่ละทะลายน้อยมีปริมาณต่ำ จึงไม่เหมาะที่จะปลูกเพื่อเป็นการค้า และนิยมใช้พันธุ์พิซิเฟอราเป็นต้นพ่อสำหรับผลิตพันธุ์ลูกผสม



รูปที่ 2.18 ปาล์มน้ำมันพันธุ์พิสิเฟอรา (Pisifera) [20]

3. พันธุ์เทเนอรา (Tenera) เป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์แม่ดูรา (Dura) และพันธุ์พ่อ พิสิเฟอรา (Pisifera) เป็นพันธุ์ที่มีกะลาบาง ประมาณ 0.5 ถึง 4 มิลลิเมตร มีปริมาณของ Mesocarp 60 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผลผลิตต่อทะลายสูง ในปัจจุบันจึงนิยมปลูกเป็นการค้า



รูปที่ 2.19 ปาล์มน้ำมันพันธุ์เทเนอรา (Tenera) [20]

2.6.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1. ราก

รากเป็นระบบรากฝอย (Fibrous root system) รากของปาล์มน้ำมันส่วนใหญ่จะกระจายอยู่บริเวณผิวดิน ลึกไม่เกิน 45 เซนติเมตร มีความหนาแน่นมากในบริเวณโคนและระยะ 1.5 ถึง 2.0 เมตรจากลำต้น แต่ในกรณีที่ดินมีการถ่ายเทอากาศดี และระดับน้ำใต้ดินไม่สูงอย่างถาวร อาจจะมีรากบางส่วนเจริญลึกถึง 5 เมตร ซึ่งจะช่วยยึดลำต้นไว้ไม่ให้ล้มง่าย การแตกแขนงของราก เริ่มจาก Primary root, Secondary root, Tertiary root และ Quaternary Root ตามลำดับ โดย Quaternary Root จะทำหน้าที่ดูดธาตุอาหารเนื่องจากธาตุชนิดนี้ไม่มีลิกันเหมือนรากชนิดอื่นที่มีสารนี้ ในส่วนของเนื้อเยื่อ Hypodermis ปาล์มน้ำมันไม่มีขนอ่อน นอกจากนี้ Hydathodes ที่เกิดจากเนื้อเยื่อชั้น Cortex ของราก จะโผล่เหนือพื้นดินเพื่อช่วยในการหายใจในกรณีที่เกิดน้ำท่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลำต้น

จุดเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันมีจุดเดียวคือตายอด ในระยะแรกลำต้นจะเจริญเติบโตด้านกว้าง จนมีขนาดเต็มที่ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 3 ปี ได้เป็นลำต้นใต้ดิน (Bole) จากนั้นเป็นการเจริญเติบโตด้านความสูงเป็นลำต้นเหนือดิน (Trunk) ที่มีกาบใบห่อหุ้มอยู่ กาบใบติดอยู่กับลำต้นอย่างน้อย 12 ปี ดังนั้นต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุไม่เกิน 12 ปี จะมีใบคลุมถึงโคนต้น หากอายุมากขึ้นกาบใบบริเวณโคนต้นจะทยอยร่วง ซึ่งแตกต่างจากมะพร้าวซึ่งเมื่อใบร่วงกาบใบจะหลุดออกจากลำต้นหมดโดยไม่ทิ้งกาบใบไว้เลย ปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นพืชที่ไม่มีเนื้อเยื่อเจริญเติบโตด้านข้าง ดังนั้นเมื่อมีแผลบริเวณลำต้นจะไม่สามารถซ่อมแซมได้ อัตราการยืดตัวของลำต้นนั้นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และพันธุกรรม ในสภาพของการปลูกปกติ ซึ่งขนาดของลำต้นมีลักษณะต่างกัน จะมีการเพิ่มความสูง 25 ถึง 50 เซนติเมตรต่อปี หากมีการปลูกที่หนาแน่นมากเกินไปจะทำให้ลำต้นเจริญเติบโตเร็ว และมีขนาดเล็ก หากในสภาพแวดล้อมที่มีการบังแสงอย่างมาก ลำต้น และใบจะมีการเจริญเติบโตช้ามาก ต้นปาล์มน้ำมันที่เจริญเต็มที่แล้ว จะมีส่วนของเนื้อเยื่อเจริญเติบโต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ถึง 12 เซนติเมตร ความลึก 2.5 ถึง 4.0 เซนติเมตร บริเวณส่วนกลางของส่วนยอด (Crown) โดยมีจุดกำเนิดใบ ใบอ่อน และฐานของใบห่อหุ้มอยู่ การจัดเรียงใบบนลำต้นมีลักษณะเป็นเกลียวบนลำต้น โดยแต่ละรอบจะมีใบ จำนวน 8 ใบ และรอบต่อไปจะมีใบ จำนวน 13 ใบสลับกัน การเวียนจะมีทั้งด้านซ้าย และด้านขวา แต่ปาล์มน้ำมันที่ปลูกจะมีต้นไปทางด้านซ้ายหรือเวียนไปทางด้านขวาในปริมาณใกล้เคียงกัน และความสูงโดยทั่วไป สูง 15 ถึง 18 เมตร

3. ใบ

ในระยะแรกของต้นกล้ามีใบ ที่เรียกว่า Plumular Sheath จำนวน 2 ใบ หลังจากนั้นจะมีใบจริงเจริญเติบโตออกมาใบแรกซึ่งมีรูปร่างแบบ Lanceolate โดยมีเส้นกลางแบ่งแยกออกเป็นสองทาง แต่ยังคงมีใบย่อยติดกันอยู่ และใบถัดมาจะมีใบย่อยแยกออกจากกันอีกส่วนใบจริงที่มีลักษณะนี้จะถูกสร้างขึ้นมาเดือนละ 1 ใบ จนกระทั่งครบระยะเวลา 6 เดือน ใบของปาล์มน้ำมันประกอบด้วยก้านใบที่อาจมีความยาวถึง 7.5 เมตร สามารถประเกทของใบเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนปลายเป็นส่วนที่รองรับใบย่อย จำนวน 250 ถึง 300 ใบ และส่วนก้านที่ติดกับลำต้น ซึ่งเป็นส่วนที่มีหนามแข็ง ในระยะแรกใบจะเจริญเป็นเนื้อเยื่อบางๆ ห่อหุ้มตายอด ซึ่งมีจำนวน 45 ถึง 50 ใบ แต่ละใบจะห่อหุ้มตายอดเป็นระยะเวลาประมาณ 2 ปี ต่อมาจะมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว จนกลายเป็นใบที่แหลมเหมือนหอก แต่ใบย่อยยังไม่คลี่ ในสภาพ แวดล้อมที่แห้ง ใบจะยังไม่คลี่จนกระทั่งถึงช่วงฤดูฝน ดังนั้นในช่วงฤดูแล้งจะพบว่ามีจำนวนของใบที่มีลักษณะแหลมมากกว่าในฤดูฝน ในสภาพปกติในระยะ 5 ถึง 6 ปีแรก จะมีใบที่ติดกับยอดประมาณ 25 ถึง 35 ใบ แต่ต่อมาจะมีจำนวนใบลดลงเหลือ 18 ถึง 25 ใบ หากในสภาพที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันจำนวนหนาแน่นจะมีจำนวนใบน้อยกว่า และใบที่คลี่แล้วจะมีอายุประมาณ 2 ปี และแต่ละเดือนจะมีใบคลี่ประมาณ 2 ใบ ปาล์มน้ำมันเป็นพืชประเภทกึ่ง Xerophyte มี Cuticle หนา และมีเนื้อเยื่อที่มีลิกนิน มีเซลล์ปากใบประมาณ 145 เซลล์ต่อตาราง

มิลลิลิตร และในส่วนของ Guard Cell จะมีผนังบาง ๆ และในสภาพขาดน้ำปากใบจะปิดในช่วงเวลาเที่ยงวัน

4. ช่อดอกและดอก

จุดกำเนิดช่อดอก คือบริเวณมุมใบของต้นที่มีอายุ 2 ปีขึ้นไป โดยส่วนของตาจะพัฒนาเป็นช่อดอกเมื่อเป็นใบแหลมได้ 9 ถึง 10 เดือน ปาล์มน้ำมันเป็นพืชพวก Monoecious Plant คือมีทั้งช่อดอกตัวผู้ (Male Inflorescences) และช่อดอกตัวเมีย (Female Inflorescences) อยู่ในต้นเดียวกัน ลักษณะการเกิดช่อดอกซึ่งจะเป็นเพศใดเพศหนึ่งในช่วงระยะเวลา 4 ถึง 5 เดือน จำนวนช่อดอกที่เกิดในแต่ละช่วงมี จำนวน 8 ถึง 10 ช่อ

ในระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงจากช่อดอกเพศหนึ่งไปเป็นอีกเพศหนึ่งของปาล์ม น้ำมัน จะเกิดช่อดอกที่มีทั้ง 2 เพศ (Hermaphroditic Inflorescences) โดยเฉพาะในปาล์มน้ำมันที่ยังมีอายุน้อย จะมีช่อดอกตัวเมียอยู่ด้านล่าง และช่อดอกตัวผู้อยู่ด้านบน และจะไม่ค่อยพบดอกชนิดสมบูรณ์เพศหรือเป็นช่อดอกแบบ Compound Spike หรือ Spadix แกนกลางจะแบ่งเป็นก้านช่อดอก และส่วนที่มีดอกติดอยู่ (Rachis) ดอกจะเป็นชนิดไม่มีก้านดอก ขึ้นเรียงเป็นเกลียว มีส่วนที่ห่อหุ้มช่อดอกเหมือนมะพร้าว เรียกว่า Spathe โดยมีจำนวน 2 แผ่น คือ Outer และ Inner Spathe ในขณะที่มะพร้าวมีเพียงแผ่นเดียว ช่อดอกตัวผู้มีช่อดอกย่อยที่มีรูปทรงเป็นช่อยาวทรงกระบอก สีเหลืองยื่นออกมาจาก Rachis จำนวนมาก ลักษณะคล้ายนิ้วมือ และแต่ละดอกจะมีเกสรตัวผู้ปกติ และมีเกสรตัวเมียเป็นหมัน ช่อดอกตัวเมียมีลักษณะของดอกอวบหนา และแต่ละดอกจะมี Bract ลักษณะเป็นหนามแหลม มีเปอร์เซ็นต์การติดผล 60 ถึง 65 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 2.20 ช่อดอก และดอกปาล์มน้ำมัน [21]

5. ผล และเมล็ด

ผลเป็นแบบ Drupe เหมือนมะพร้าว ส่วนของ Pericarp ซึ่งเป็นส่วนเปลือกของผล แบ่งออกเป็น 3 ส่วนอย่างชัดเจน คือ Exocarp อยู่ด้านนอกสุด ผิวเป็นมัน และแข็ง Mesocarp (Pulp) เป็นส่วนที่อยู่ถัดไปที่เป็นเส้นใย เป็นส่วนที่มีน้ำมันสูง นำไปสกัดเป็นน้ำมันปาล์ม (Palm Oil) และ Endocarp (กะลา, Shell) ลักษณะเป็นเปลือกแข็งสีดำ เมื่อสกัดน้ำมันจาก Mesocarp ออกมา จะเหลือส่วนนี้ซึ่งห่อหุ้มเมล็ดอยู่ สามารถส่งไปขายหรือเพื่อสกัดสกัดเอาน้ำมันปาล์มจากเมล็ด (Palm

Kernel Oil) ถัดจากส่วนของ Endocarp เป็นส่วนของเมล็ดซึ่งมีเยื่อหุ้มเมล็ดสีน้ำตาลหุ้มเอนโดสเปิร์มที่มีความแข็ง และแน่น มีน้ำมันสูง มีสีเทาหรือขาว และจะพบส่วนของคัพภะบริเวณตาของผล (germ pore)



รูปที่ 2.21 ผล และเมล็ดปาล์มน้ำมัน [21]

2.7 พลาสติก (Plastic)

พลาสติกจัดเป็นวัสดุพอลิเมอร์ที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นสายโซ่ยาวๆ แต่ไม่สามารถมองเห็นเป็นสายโซ่ได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งสายโซ่ดังกล่าวประกอบด้วยหน่วยย่อยๆ ที่เรียกว่ามอนอเมอร์ พอลิเมอร์สามารถสังเคราะห์ได้จากกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ของมอนอเมอร์ โดยใช้แหล่งวัตถุดิบจากปิโตรเคมีเป็นหลัก พลาสติกมีหลายชนิด และสามารถใช้แทนวัสดุธรรมชาติได้หลายอย่าง

2.7.1 เมื่อพลาสติกโดนความร้อน

เมื่อพลาสติกโดนความร้อนจะแสดงคุณสมบัติ 2 แบบหลักคือ

1. พลาสติกจะเกิดการอ่อนตัวเมื่อถูกความร้อน และจะกลับไปแข็งเมื่อพลาสติกเย็นขึ้น ทำให้สามารถนำไปหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ ซึ่งจะเรียกพลาสติกแสดงคุณสมบัติแบบนี้ว่าเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ซึ่งพลาสติกที่สามารถนำมารีไซเคิลได้คือพลาสติกประเภท เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

2. พลาสติกจะแข็งตัวถาวรไม่ว่าจะถูกความร้อนมากแค่ไหนก็ตาม ทำให้ไม่สามารถหลอมเพื่อขึ้นรูปใหม่ตามที่ต้องการได้ ซึ่งจะเรียกพลาสติกกลุ่มนี้ว่า เทอร์โมเซตติง (thermosetting) [22]

2.7.2 พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. เทอร์โมพลาสติก Thermoplastic เป็น พลาสติกที่สามารถหลอมไหลเปลี่ยนรูปขึ้นรูปด้วยความร้อน และเซตตัวแข็งเมื่อเย็นลง สามารถนำมาผ่านความร้อนหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ เป็นประเภทที่นิยมนำมาใช้ทั่วไป

2. เทอร์โมเซตติงพลาสติก Thermosetting plastic เป็นพลาสติกที่คงรูปเมื่อผ่านกระบวนการขึ้นรูปโดยใช้ความร้อน และแรงอัด หรือผ่านกระบวนการหล่อโดยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างมอนอเมอร์เรซิน และตัวเร่ง แล้วไม่สามารถหลอมใช้ใหม่ได้อีก [23]

2.7.3 เม็ดพลาสติก

ปัจจุบันเม็ดพลาสติกเข้ามามีบทบาทกับมนุษย์เป็นอย่างมาก โดยเรามักจะพบอยู่ในรูปของผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ถัง ก่อ่ง แผ่นฟิล์ม ภาชนะต่างๆ เป็นต้น พลาสติกส่วนมากมีแหล่งกำเนิดจากปิโตรเลียม โดยในขั้นตอนการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบนั้นพบว่าปริมาณสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายยาวเกินกว่าความต้องการใช้งานอยู่ในปริมาณมาก จึงมีการนำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้มาผ่านกระบวนการแยกสลายเพื่อตัดความยาวให้สั้นลงให้เป็นสารประกอบขนาดเล็ก เช่น ก๊าซเอทิลีน และโพรพิลีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลาสติก โดยก๊าซเหล่านี้จะถูกส่งไปยังโรงงานเพื่อผลิตเม็ดพลาสติก

กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกนั้นเริ่มต้นจากการนำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็กซึ่งได้มาจากขั้นตอนกลั่นลำดับส่วนของน้ำมันดิบ มาทำปฏิกิริยากันจนได้เป็นสายโซ่ยาวที่เรียกว่า โพลีเมอร์ โดยที่ โพลีเมอร์แต่ละชนิดก็จะสังเคราะห์โดยใช้วัตถุดิบเริ่มต้นที่แตกต่างกันออกไป จึงทำให้โพลีเมอร์ที่ได้มีสมบัติที่แตกต่างกันออกไปด้วยเช่นกัน โดยโพลีเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นมาได้นี้ ก็จะถูกนำไปขึ้นรูปให้เป็นเม็ดพลาสติกเพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆต่อไป ซึ่งเม็ดพลาสติกนั้นมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก โดยเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดการเพิ่มมูลค่า และพัฒนาต่อไปยังอุตสาหกรรมต่อเนื่องอีกหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากพลาสติก อุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ เป็นต้น

2.7.4 เม็ดพลาสติก สามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภท

1. โพลีเอทิลีน(PE) เป็นเม็ดพลาสติกที่มีการใช้อย่างแพร่หลายมากที่สุด เม็ดพลาสติก PE ที่ผลิตได้จะแบ่งเป็น LDPE, LLDPE, HDPE และ MDPE เป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แต่อากาศสามารถผ่านเข้าออกได้ มีลักษณะขุ่น และทนความร้อนได้ดีพอควร จึงเป็นพลาสติกที่นำมาใช้กันมากที่สุดในอุตสาหกรรม เช่น ท่อน้ำ ถัง ถาด แผ่นรองรับสินค้า เป็นต้น
2. โพลีโพรพิลีน(PP) เป็นเม็ดพลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์พลาสติก และเครื่องใช้ไฟฟ้า มีคุณสมบัติเป็นพลาสติกที่ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย แข็งกว่า PE ทนต่อสารจำพวกไขมัน และทนความร้อนได้สูง จึงนิยมนำมาใช้ทำแผ่นพลาสติกหรือถุงพลาสติกบรรจุอาหารที่ทนร้อน หลอดดูด เป็นต้น
3. โพลีสไตรีน(PS) เป็นเม็ดพลาสติกเพื่อนำมาผลิตเป็นพลาสติกแล้วจะมีลักษณะ โปร่งใส เปราะ แต่ทนต่อกรด และด่าง ไอน้ำและอากาศสามารถซึมผ่านได้พอควร นิยมนำมาใช้ทำชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้สำนักงาน เป็นต้น
4. โพลีไวนิลคลอไรด์(PVC) เป็นเม็ดพลาสติกที่มีคุณสมบัติให้ไอน้ำและอากาศซึมผ่านได้พอควร ป้องกันไขมันได้ดี มีลักษณะใส นำมาใช้ในงานก่อสร้าง หรือใช้ทำขวดบรรจุน้ำมัน และไขมันปรุงอาหาร ขวดบรรจุเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ต่างๆ เป็นต้น
5. ABS/SAN,AS เป็นเม็ดพลาสติกที่ใช้ผลิตพลาสติกที่ทนต่อแรงกระแทกได้ดี ใช้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า ชิ้นส่วนยานยนต์ สามารถทนต่อสารเคมีได้ดี

6. เม็ดพลาสติกสำหรับใช้งานเฉพาะด้าน คือ เม็ดพลาสติกเกรดวิศวกรรม เป็นเม็ดพลาสติกที่ยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศบางส่วน

7. เม็ดพลาสติกชนิดอื่นๆ เช่น พอลีคาร์บอนเนต (polycarbonate) นำมาใช้ผลิตทำเป็นขวดน้ำ เข็ยอกน้ำ ขวดนม ใ้บุกระป๋องโลหะสำหรับใส่อาหาร เป็นถ้วยใส่ ซ้อนส้อม มีดชนิดใส เป็นต้น [24]

2.8 กระจินเทพา(Acaacia mangium willd)

กระจินเทพา (Acaacia mangium willd) จัดเป็นไม้โตเร็วที่อยู่ในพืชตระกูลถั่ว มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศปาปัวนิวกินี ออสเตรเลีย อินโดนีเซีย สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ชื้น ฝนตกชุก มีความทนต่อความแห้งแล้งได้ดี ไม่ชอบอากาศหนาว

2.8.1 ลักษณะเด่นของกระจินเทพา

1. จัดเป็นไม้โตเร็ว มีระยะเวลาการปลูกสั้น สามารถตัดต้นขายได้ตั้งแต่อายุ 2-5 ปี ขึ้นไป
2. สามารถขึ้น และเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินที่ไม่อุดมสมบูรณ์ เช่น ดินลูกรัง ดินทราย และทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี
3. ทนต่อสภาพดินที่มีความเป็นกรด ดินเค็ม ได้ดี
4. ลำต้นตรง กิ่งแขนงเล็ก และน้อย
5. เนื้อไม้สวยงาม โดยเฉพาะเมื่ออายุไม้มานานหลายปี
6. สามารถปลูกเสริมตามแนวคันนา หัวไร่ ท้ายไร่ ได้ โดยไม่ทำให้ดินแห้งเสีย เนื่องจากเป็นพืชตระกูลถั่ว
7. เมื่อตัดต้นจะไม่มีกรแตกหน่อ แทงกอใหม่ ทำให้กำจัดต่อได้ง่าย



รูปที่ 2.22 ไม้ยืนต้นกระจินเทพา(Acaacia mangium willd) [25]

2.9 ขี้เลื่อย

ขี้เลื่อย (Wood Sawdust) ถือว่าเป็นเศษวัสดุที่เหลือใช้จากโรงเลื่อยไม้หรือโรงเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งมีจำนวนมาก เช่นขี้เลื่อยจากไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินณรงค์ ไม้กระถินเทพา ไม้กระถินยักษ์ สะเดาเทียม สนทะเล สนปฏิพัทธ์ มะพร้าว มะขาม มะพร้าวบ้าน มะไฟบ้าน จามจุรี ไม้ตาล เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

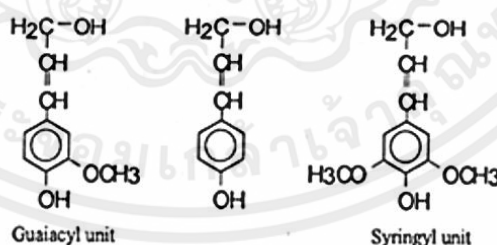
ทางบริษัทฯ ได้ส่งเสริมให้มีผู้ผลิตซีลี้อยภายในประเทศทั้งรายย่อยและรายใหญ่เพิ่มมากขึ้น ซีลี้อยสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทน และนำมาแปรรูปเป็นซีลี้อยอัดแท่งได้อีกด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใ้มากขึ้น ซีลี้อยจะถูกนำมาคัดขนาดให้ได้ขนาดซีลี้อย วัดปริมาณความชื้นในซีลี้อย เพื่อให้ได้ซีลี้อยที่มีคุณภาพตามมาตรฐานอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.23 ลักษณะซีลี้อย (Wood Sawdust) [26]

2.10 ลิกนิน (Lignin)

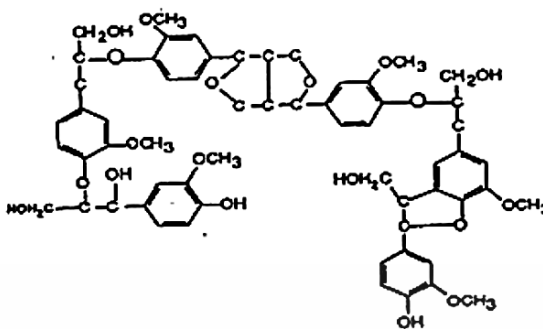
ลิกนิน (Lignin) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักพบอยู่ร่วมกับเซลลูโลส ลิกนินเป็นสารที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิดซึ่งเป็นสารอะโรมาติก ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยึดหยุ่น เพราะฉะนั้นจึงทำให้พืชที่มีลิกนินมากมีความแข็งแรงทนทาน เมื่อพืชตายลิกนินจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ลิกเนส (Lignase) หรือลิกนินเนส (Ligninase) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในรา ตัวอย่างหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนินแสดง ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.24 แสดงหน่วยที่ซ้ำของลิกนิน

ไม้แต่ละชนิดจะมีอัตราส่วนระหว่างเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินไม่เท่ากัน ขึ้นกับ ชนิดและอายุของไม้ โดยไม้ที่มีลิกนินมาก จะมีความแข็งสูง และในไม้ชนิดเดียวกัน ไม้ที่มีอายุมาก จะมีปริมาณลิกนินมากเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 แสดงโครงสร้างลิกนินของไม้เนื้ออ่อน [27]

2.11 การทดสอบคุณสมบัติแผ่นฉนวนกันความร้อน

2.11.1 การหาปริมาณความชื้น (Moisture content)

ทำการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173 [30] โดยนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ให้ความร้อนคงที่ในตู้อบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกจากตัวอย่าง ค่าความชื้นที่ได้สามารถคำนวณจากน้ำหนักของตัวอย่างที่ลดลง อุปกรณ์ คือ ตู้อบ (Drying oven), ถ้วยทนไฟ (Crucible), เครื่องชั่งดิจิตอล (Digital scales) โดยการหาปริมาณความชื้นสามารถหาได้จากสมการที่ (2.8)

วิธีการหาปริมาณความชื้น

1. เตรียมตัวอย่างทดลองหรือวัตถุดิบให้มีปริมาณเล็กน้อยใส่ในถ้วยได้
2. นำวัตถุดิบใส่ลงในถ้วยทนไฟโดยไม่ต้องปิดฝา ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ
3. อบตัวอย่างวัตถุดิบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
4. นำถ้วยทนไฟที่ใส่ตัวอย่างวัตถุดิบออกจากตู้อบเมื่อครบเวลาที่กำหนด และนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล

$$\text{Moisture}(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (2.8)$$

โดยที่ Moisture คือ ปริมาณความชื้น หน่วย (เปอร์เซ็นต์)

W_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างขึ้นทดสอบก่อนอบ (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างขึ้นทดสอบหลังอบ (กรัม)

2.11.2 ความหนาแน่น (Density)

เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เนื่องจากนิยามของความหนาแน่น คือ มวลหารด้วยปริมาตร อ้างอิงตามมาตรฐาน European Standard 1602 [1] คำนวณได้จากสมการที่ (2.9)

$$\rho = \frac{m}{a \times b \times c} \quad (2.9)$$

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่น หน่วยเป็น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

m คือ มวล หน่วยเป็น (กิโลกรัม)

a คือ ความกว้างของตัวอย่างขึ้นทดสอบ หน่วยเป็น (เมตร)

b คือ ความยาวของตัวอย่างขึ้นทดสอบ หน่วยเป็น (เมตร)

c คือ ความหนาของตัวอย่างขึ้นทดสอบ หน่วยเป็น (เมตร)

2.11.3 การดูดซึมน้ำ (Water absorption)

การหาค่าการดูดซึมน้ำทำได้โดยการเทียบน้ำหนักขึ้นฉนวนกันความร้อน โดยการทดสอบก่อนการแช่น้ำกับหลังการแช่น้ำ อ้างอิงตามมาตรฐาน European Standard 12087 [1] มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยนำขึ้นฉนวนกันความร้อนทดสอบ มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล แล้วจึงนำไปแช่น้ำสะอาดที่มีอุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ผิวบนของขึ้นฉนวนกันความร้อนทดสอบอยู่ใต้พื้นผิวน้ำ ประมาณ 2 เซนติเมตร หลังจากนั้นจึงนำมาชั่งน้ำหนักออกแล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง นำค่าน้ำหนักที่ชั่งได้มาคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ ตามสมการที่ (2.10)

วิธีการหาปริมาณการดูดซึมน้ำ

1. เตรียมน้ำสะอาดที่มีอุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส ใส่ในภาชนะสำหรับการแช่ตัวอย่างขึ้นทดสอบ
2. นำตัวอย่างขึ้นทดสอบลงแช่ในภาชนะที่เตรียมไว้ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. หลังจากการแช่น้ำครบ 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างขึ้นทดสอบมาตั้งพักที่ 45 องศา เป็นเวลา 10 นาที ชั่งน้ำหนักหลังแช่น้ำ
4. จากนั้นนำตัวอย่างขึ้นทดสอบหลังการแช่น้ำ นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. หลังการอบครบ 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างขึ้นทดสอบมาตั้งพักให้เย็น ชั่งน้ำหนักหลังการอบ

$$\text{Waterabsorption}(\%) = \frac{M_{\text{sat}} - M_{\text{d}}}{M_{\text{d}}} \times 100 \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ Wateradsorption (%) คือ การดูดซึมน้ำ หน่วยเป็น (เปอร์เซ็นต์)

M_{sat} คือ น้ำหนักตัวอย่างขึ้นทดสอบหลังแช่น้ำ (กรัม)

M_d คือ น้ำหนักตัวอย่างขึ้นทดสอบหลังการอบ (กรัม)

2.11.4 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal conductivity)

การหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน โดยการนำค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 2 จุด ในตำแหน่ง X_4 และตำแหน่ง X_5 วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM C177 [27] โดยเครื่องทดสอบ Heat Conduction Laboratory นำค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนตามสมการที่ (2.11)

$$Q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.11)$$

โดยที่ Q คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวอย่างขึ้นงานทดสอบ หน่วยเป็น (วัตต์)

k คือ ค่าการนำความร้อน, Thermal conductivity หน่วยเป็น (วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน)

A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทางการถ่ายเทความร้อนของตัวอย่างขึ้นทดสอบ

หน่วยเป็น (ตารางเมตร)

T_1, \dots, T_8 คือ อุณหภูมิที่ตำแหน่งของการวัด X_1 ถึง X_8 ตามลำดับ หน่วยเป็น (เคลวิน)

X_1, \dots, X_8 คือ ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ T_1 ถึง T_8 ตามลำดับ หน่วยเป็น (เมตร)

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Khuram Rashid และคณะ [28] ได้ศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงทดสอบ และค่าการนำความร้อนของอิฐดินเผา เป็นอิฐมวลโดยใช้เส้นใยจากธรรมชาติเป็นส่วนผสม ได้แก่ ไม้ไผ่ ปอกระเจา มะพร้าว ป่านศรนารายณ์ และเส้นใยโพลีเมอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นเส้นใยที่มีพลังงานต่ำ ทำการทดสอบเส้นใย และทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น ความหนาแน่น ค่าการนำความร้อนของก้อนอิฐ โดยการทดสอบการดูดซึมน้ำของเส้นใยและอิฐ จะมีการวัดความหนาแน่น และความพรุนรวมของอิฐและสร้างความสัมพันธ์การดูดซึมน้ำ จากผลจากทดสอบ พบว่า การผสมเส้นใยในอิฐจะทำให้ความหนาแน่นลดลง ความพรุนของเส้นใยที่มากขึ้นจะเป็นการเพิ่มการดูดซึมน้ำ ขึ้นงานอิฐเสริมใยมะพร้าวมีการดูดซึมน้ำสูงสุด (17%) อิฐที่มีการเสริมเส้นใยทั้งหมด ลดค่าการนำความร้อนได้ 18% สำหรับตัวอย่างอิฐที่ผสมเส้นใยมะพร้าว ขึ้นงานอิฐเสริมแรงด้วยไม้ไผ่ ปอกระเจา โพลีเอสเตอร์และป่านศรนารายณ์ มีค่าการนำความร้อนลดลง 11, 6, 16 และ 9% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับอิฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ้างอิง การลดลงของค่าการนำไฟฟ้าสังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของการดูดซับน้ำ และสร้างความสัมพันธ์

Dang Mao Nguyen และคณะ [29] ได้ศึกษาอิทธิพลของสภาวะความร้อนกบถบนวัสดุฉนวนจากเส้นใยไม้ไผ่ และกาวยิปซัมยัดกระดุก การเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมความร้อนสำหรับแผ่นฉนวนกันความร้อนชีวภาพที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ จากเส้นใยไม้ไผ่ และโพรตีนกาวยิปซัมยัดกระดุก โครงสร้างทางจุลภาค, ฉนวนกันความร้อน, ความไวของน้ำ และคุณสมบัติเชิงกล จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากาวยิปซัมยัดกระดุกที่ทำจากโพรตีนทำหน้าที่เป็นวัสดุประสานที่ดีสำหรับแผ่นใยไม้ไผ่ เมื่อเพิ่มปริมาณกาวยิปซัมยัดกระดุก 30% (W/W) และให้ความร้อนภายใต้สภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ($150 \text{ kgf/cm}^2, 160^\circ\text{C}$) เป็นระยะเวลา 15 นาที วัสดุนี้มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดและกันน้ำได้เนื่องจากการเกาะตัวของโพรตีนอย่างมีประสิทธิภาพ ค่าการนำความร้อนของแผ่นใยไม้ไผ่อัดทั้งหมดอยู่ในช่วงต่ำระหว่าง 0.0582 ถึง $0.0812 \text{ (W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1})$ ที่ $57\% \text{ RH}$ และ 25°C และการเปลี่ยนแปลงตามความชื้นสัมพัทธ์และการแปรผันของความชื้น เส้นใยไม้ไผ่มีศักยภาพที่ดีสำหรับฉนวนกันความร้อนในอาคารที่มีค่าการนำความร้อนต่ำกว่า $0.082 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ แผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยไม้ไผ่ และกาวยิปซัมยัดกระดุกถูกผลิตขึ้นภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกันตามเงื่อนไขซึ่งปรับให้เหมาะสม และนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์

Azlina Ramlee และคณะ [30] ได้ศึกษาคุณสมบัติด้านแรงดึงทางกายภาพ และสัณฐานวิทยาของทะเลสาบปาล์มน้ำมันเปล่า / อ้อยชานอ้อยใยผสมเสริมฟีนอลิกผสม ปาล์มน้ำมันทะเลสาบเปล่า (OPEFB) และชานอ้อย (SCB) fiber ใช้เป็นฟิลเลอร์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกันในการสร้างวัสดุผสมแบบไฮบริดโดยใช้เทคนิค hand Lay-up ในขณะที่รักษาปริมาณเส้นใยทั้งหมด $50 \text{ wt}\%$ การทดสอบแรงดึงโดยใช้เครื่อง UTM INSTRON การดูดซึมน้ำ, การบวมหนา, ความหนาแน่น, ปริมาณ และไมโครกราฟของวัสดุคอมโพสิตไฮบริดและบริสุทธิ์ถูกกำหนด งานวิจัยนี้พบว่าการผสมกันของวัสดุคอมโพสิต OPEFB / SCB fiber บ่งบอกถึงประสิทธิภาพและคุณสมบัติที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุคอมโพสิตบริสุทธิ์ ผลการวิจัยพบว่าวัสดุคอมโพสิตไฮบริด 7OPEFB: 3SCB แสดงความต้านทานแรงดึง และโมดูลัสสูงสุด 5.56 MPa และ 661 MPa ตามลำดับโดยมีพื้นที่พุ่ม และช่องว่างน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุคอมโพสิตบริสุทธิ์ ในขณะที่ 3OPEFB: 7SCB ไฮบริดคอมโพสิตแสดงการดูดซึมน้ำ และความหนาที่ลดลงจากการวิเคราะห์ 24 ชั่วโมง งานวิจัยนี้กล่าวถึงเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่ถูกมองว่าเป็นวัสดุผลิตภัณฑ์สีเขียว ทางเลือกที่จะใช้เป็นฉนวนกันความร้อน และกักเก็บความร้อนซึ่งมีความสำคัญในอาคารและภาคก่อสร้างเพื่อการประหยัดพลังงาน

Areej T. Almalkawi และคณะ [31] ได้ศึกษาการตรวจสอบเชิงทดลอง และการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ได้ดำเนินการเกี่ยวกับคุณลักษณะทางความร้อนของระบบอาคารที่ทำด้วยวัสดุโครงสร้าง และฉนวนที่หาได้ในท้องถิ่น วัสดุโครงสร้างซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนบางอย่างเรียกว่าช่องว่างตาข่ายแทรกซึมของอากาศ วัสดุฉนวนที่ใช้ในอาคารนี้ใช้ชีวมวล ทางเลือกที่พิจารณาในที่นี้ ได้แก่ ไม้, ฟางแห้ง, ฝอย, เซลลูโลส การทดสอบการนำความร้อนดำเนินการกับสารละลายที่มีความหนาแน่นจำนวนมากที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกัน และบนวัสดุฉนวนที่ใช้ชีวมวลซึ่งบางส่วนเตรียมด้วยความหนาแน่นที่ต่างกัน มีการประเมินข้อดีของวัสดุฉนวนในแต่ละพื้นที่เมืองที่ใช้ชีวมวล ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวม และการนำความร้อนได้รับการประเมินและหาความเหมาะสมของกลไกการถ่ายเทความร้อนในวัสดุต่างๆ มีการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อการนำความร้อนของวัสดุฉนวนพื้นที่เมืองที่ใช้ชีวมวลที่ต่างกัน สำหรับฉนวนผนังมีการวิเคราะห์ต้นทุนเพื่อเลือกฉนวนที่เหมาะสม พบว่ามวลความร้อนของระบบการสร้างความถ่ายช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเมื่อกับอาคารไม้ที่คล้ายกัน

Si Zou และคณะ [32] ได้ศึกษาการวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวกับวัสดุฉนวนชีวมวลจากขี้เลื่อยที่เป็นนวัตกรรมใหม่สำหรับอาคาร เศษชีเลื่อยซึ่งมีการผลิตสูงในประเทศจีนสามารถใช้เป็นวัตถุดิบของฉนวนเพื่อเพิ่มมูลค่าการใช้งาน และประหยัดทรัพยากรในขณะที่จีโอพอลิเมอร์จะเป็นกาวที่ดีเนื่องจากมีลักษณะเฉพาะ และการปล่อย CO₂ ต่ำในระหว่างกระบวนการผลิต ดังนั้นวัสดุผสมที่ใช้ชีวมวลแบบใหม่ซึ่งสามารถใช้ในการสร้างฉนวนกันความร้อนได้ถูกประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้จีโอพอลิเมอร์เป็นกาว และชีเลื่อยเป็นมวลรวม นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรหลักสามตัวเพื่อกำหนดสัดส่วนที่เหมาะสมของวัสดุโดยการทดสอบคุณสมบัติทางความร้อน และเชิงกล, การกักน้ำ และโครงสร้างจุลภาค ตัวแปรทั้งสามคืออัตราส่วนทำให้เปียกและมวลชีวมวล (อัตราส่วน Ww/B) อัตราส่วน H₂O₂ ต่อมวลของกาว (อัตราส่วน H/A) และอัตราส่วนมวลชีวมวลต่อกาว (อัตราส่วน B/A) ผลการวิจัยพบว่าวัสดุผสมที่มีอัตราส่วน Ww/B เท่ากับ 0.12 ของอัตราส่วน H/A ที่ 0.012-0.015 และอัตราส่วน B/A ที่ 0.12 เป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดโดยมีค่าการนำความร้อน 0.112-0.125 W/(m.K) และกำลังอัด 0.76-1.71 MPa วัสดุฉนวนจากชีวมวลชนิดใหม่ที่มีสมรรถนะทางกายภาพที่ดีสามารถนำไปสู่การอนุรักษ์พลังงานการผลิตที่สะอาดขึ้นและการพัฒนาที่ยั่งยืน

Aleksandar Savic และคณะ [33] ได้ศึกษาคุณสมบัติทางความร้อนของคอมโพสิตเส้นใยชีวภาพเป็นวัสดุสำหรับการผลิตความร้อนแฝงฉนวนได้รับการประเมิน สารผสมที่สังเคราะห์ได้ประกอบด้วย *Miscanthus x giganteus* เส้นใยชีวภาพสารยึดเกาะแร่ (ปูนซีเมนต์หรือปูนขาว) วัสดุพอลิไซลานิก (ซีโพลิตและเถ้าลอย) และน้ำ พฤติกรรมถ่ายเทความร้อนที่ดีของคอมโพสิตที่ใช้เส้นใยชีวภาพ *Miscanthus x giganteus* ได้แล้วได้รับการยืนยันจากข้อมูลวรรณกรรมของวัสดุเส้นใยชีวภาพธรรมชาติที่คล้ายคลึงกันซึ่งเป็นการทดลองก่อนหน้านี้ของผู้เขียนผลลัพธ์ และการพิจารณากระบวนการถ่ายเทความร้อนแบบไดนามิกในผนังด้านนอกฉนวนที่สัมผัสกับตัวแปรสภาพแวดล้อมที่สามารถ การประเมินการทดลองมุ่งเน้นไปที่ความสามารถในการรับน้ำหนัก (เช่น การรับแรงอัด และแรงดัดงอ) การดูดซึมน้ำ และความทนทาน (เช่น ความต้านทานต่อการละลายน้ำ และคาร์บอน) เนื่องจากมีข้อมูลวรรณกรรมที่หายากเกี่ยวกับคุณสมบัติเหล่านี้ซึ่งอยู่ภายใต้การยืนยัน และการจัดระบบมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการประยุกต์ใช้ความร้อนจากชีวมวลในวงกว้างวัสดุฉนวน ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับได้รับการประเมินโดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เคยเผยแพร่จากฉนวนกันความร้อนชีวภาพที่คล้ายกันเช่นเดียวกับจากวัสดุฉนวนกันความร้อนทั่วไปเช่นสไตรีน และขนสัตว์หีนหรือแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศรัณยา รัตนากร [34] ได้ศึกษาการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยลูกตาล โดยการนำเส้นใยลูกตาลที่สะอาด และแห้งสนิท มาทำการต้มเพื่อย่อยสลายแป้งในเส้นใยด้วยเอ็นไซม์อะไมเลส (Enzyme amylase) ความเข้มข้น 100% ที่อุณหภูมิ 90–100 องศาเซลเซียส มีการใช้เส้นใย ลูกตาล ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 120, 160, 200, 240 และ 280 กรัม โดยใช้อัตราส่วนเส้นใยลูกตาล 1.3 ส่วน ต่อน้ำยางธรรมชาติ 1 ส่วน โดยนำหนักจากนั้นนำไปบรรจุในแม่แบบขนาด กว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตรหนา 2 เซนติเมตร และทำการกดอัดโดยไม่ใช้ความร้อน จากการ ตรวจวัดความหนาของแผ่นหลังจากการผลิตพบว่ามีความหนาอยู่ระหว่าง 2.04–3.22 เซนติเมตร และการคำนวณค่าความหนาแน่นได้เท่ากับ 146.24, 153.82, 177.22, 207.84 และ 217.85 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน, ปริมาณความชื้น, อัตราการดูดซึมน้ำ และการพองตัวตามความหนาพบว่าค่าต่างๆมีความสัมพันธ์แปรผันโดยตรงกับความหนาแน่น ผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยลูกตาลที่มีการใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นวัสดุประสานมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อเป็นวัสดุทางเลือกสำหรับการก่อสร้างอาคารเพื่อความยั่งยืนในอนาคต

นายติณกร ภูวดิน [35] ได้ศึกษาการศึกษาค่าการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากยางพาราผสมกับโพลีสไตรีนโฟม และค่าอัตราการลามไฟ โดยส่วนผสมโพลีสไตรีนโฟมจะมีการเปลี่ยนแปลงใน สัดส่วน 3.4–5% โดยน้ำหนัก เติมสารบอร์แรกซ์เพื่อทำหน้าที่เป็นสารหน่วงไฟในปริมาณ 50–450 กรัม ทำการทดสอบหาค่าการนำความร้อนโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM E1225-99 และทดสอบหาค่าอัตราการลามไฟโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM D635-98 จากผลการทดสอบหาค่าอัตราการลามไฟของฉนวนกันความร้อน พบว่าฉนวนกันความร้อนจากยางพาราผสมกับโพลีสไตรีนโฟมมีค่าอัตราการลามไฟลดลงเมื่อเติมสารบอร์แรกซ์ โดยที่สัดส่วนการผสมน้ำยางพาราที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว 95% (ปริมาณบอร์แรกซ์ 450 กรัม) ต่อโพลีสไตรีนโฟม 5% ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ดีที่สุด มีค่าอัตราการลามไฟเท่ากับ 0.778×10^{-4} m/s และจากผลการทดลองพบว่า ฉนวนกันความร้อนที่ทำมาจากยางพาราผสมกับโพลีสไตรีนโฟม มีค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้นตามค่าความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อน โดยที่สัดส่วนการผสมน้ำยางพาราที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว 95% (ปริมาณบอร์แรกซ์ 450 กรัม) ต่อโพลีสไตรีนโฟม 5% และจะให้ค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด เท่ากับ 0.074 W/m K

นิกร สุขสวัสดิ์ [36] ได้ศึกษาสมบัติของแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ทำด้วยกากใบชาเขียว และเส้นใยผักตบชวาในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน คือ 100:0, 80:20, 50:50, 20:80 และ 0:100 โดยน้ำหนัก และในแต่ละอัตราส่วนมีค่าความหนาแน่น 2 ระดับ คือ 400 และ 800 kg/m³ และนำไปอัดเป็นแผ่นโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 °C ความดัน 120 kg/cm² เป็นเวลา 10 นาที ให้มีขนาดของแผ่นฉนวน กว้าง 300 มม. ยาว 300 มม. และหนา 10 มม. จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติเชิงความร้อน สมบัติเชิงกายภาพ และสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน JIS A 5905-2003 และเปรียบเทียบกับแผ่นฉนวนเชิงพาณิชย์ จากการทดลองสมบัติเชิงความร้อน พบว่าแผ่นฉนวนกันความร้อนที่ผลิตจากกากใบชากับเส้นใยผักตบชวาที่มีความหนาแน่น 400 kg/m³ มีค่าการนำความร้อนอยู่ระหว่าง 0.052-0.058

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W/m·K และแผ่นฉนวนกันความร้อนที่มีความหนาแน่น 800 kg/m³ มีค่าการนำเชิงความร้อนอยู่ระหว่าง 0.072-0.093 W/m·K ซึ่งถือว่ามีสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี สำหรับผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล พบว่า แผ่นฉนวนกันความร้อนที่มีความหนาแน่น 800 kg/m³ มีค่าเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนด

ศราวุธ ทองเขียว [37] ได้ศึกษาการทำแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยหญ้าคาเพื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพ คุณสมบัติเชิงความร้อนโดยกำหนดความหนาแน่น 200 kg/m³ ความหนา 2.5 cm การทดสอบคุณสมบัติเชิงกายภาพ และการทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อนจะใช้มาตรฐาน JIS A 5905 : 2003 (Insulation Board) เป็นมาตรฐานในการทดสอบ การศึกษาการทดสอบหาค่าสภาพนำความร้อน และค่าความต้านทานความร้อนของฉนวนกันความร้อน จะใช้เครื่อง HFM 436/3 Lambda ทดสอบ จากการทดลองพบว่า ฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยหญ้าคา มีค่าสภาพนำความร้อน 0.051 W/m·K และค่าความต้านทานความร้อนเท่ากับ 0.494 m²·K/W มีสภาพนำความร้อนผ่านค่ามาตรฐาน JIS A 5905 : 2003 (Insulation Board) ที่กำหนดให้ฉนวนมีความหนาแน่นไม่เกิน 350 kg/m³ ค่าความต้านทานความร้อนมากกว่า 0.163 m²·K/W จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการผลิต และพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยหญ้าคาหรือวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรอื่น ๆ เน้นใช้วัสดุธรรมชาติจึงไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และผู้ใช้งาน

ผกา มาศ ชูสิทธิ์ และ นิลमित นิลาศ [38] ได้ศึกษาการพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรง และเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าว และต้นข้าวโพด โดยการใช้น้ำยางธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความเป็นฉนวนป้องกันความร้อน โดยใช้อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ทรายละเอียด : กากมะพร้าว : เส้นใยต้นข้าวโพด : น้ำ : สารเร่งการก่อตัว : สารลดแรงตึงผิว เท่ากับ 1 : 0.2 : 0.0125 : 0.0375 : 0.3 : 0.03 : 0.04 โดยน้ำหนักแล้วเติมน้ำยางธรรมชาติอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : น้ำยางธรรมชาติ ทั้งหมด 5 อัตราส่วน คือ 1 : 0.05, 1 : 0.10, 1 : 0.15, 1 : 0.20 และ 1 : 0.25 โดยน้ำหนัก ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก.878-2537 ผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วน 1 : 0.05 เป็นอัตราส่วนแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่เหมาะสมที่สุด ปริมาณน้ำยางธรรมชาติดังกล่าวสามารถทำให้แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์รับแรงอัด และแรงดัดได้ดีที่สุด และมีคุณสมบัติผ่านมาตรฐาน มอก.878-2537 แผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถช่วยลดปริมาณน้ำยางธรรมชาติที่มีมากได้ และมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้เป็นอย่างดี

วิโรจน์ ฤทธิทอง และคณะ [39] ได้ศึกษาการใช้เส้นใยปาล์มสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แผ่นฝ้าเพดาน โดยกำหนดอัตราส่วน ปูนยิปซัมปาสเตอร์ : เส้นใยปาล์มน้ำมัน : น้ำประปา : สารเร่งการก่อตัว เท่ากับ 1 : 0.15 : 1 : 0.03, 1 : 0.20 : 1 : 0.03, 1 : 0.25 : 1 : 0.03, 1 : 0.30 : 1 : 0.03 และ 1 : 0.35 : 1 : 0.03 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปแผ่นฝ้าเพดาน ขนาด 30 × 30 × 1 เซนติเมตร ทำการทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 219-2552 ผลการทดสอบ พบว่า แผ่นฝ้าเพดานที่มีปริมาณเส้นใยปาล์มน้ำมันมากมีแรงกดแตกตามยาว แรงกดแตกตามขวาง แรงต้านการดึงตะปู ความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าลดลง โดยที่ลักษณะการแอ่นตัว และการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น จากผลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบตัวอย่างแผ่นฝ้าเพดาน อัตราส่วนที่มีเส้นใยปาล์มน้ำมันน้อยกว่าอัตราส่วน 0.2 มีสมบัติผ่านตามที่มีมาตรฐานกำหนด

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น จึงมีแนวคิดจะนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมา สร้างคุณค่า โดยการนำเส้นใยจากใบปาล์มหรือก้านใบปาล์ม (ทางปาล์ม) มาสร้างฉนวนกันความร้อน ซึ่งเปลี่ยนตัวประสานจากที่เคยใช้สารเคมี (กาว) เป็นตัวยึดเกาะเส้นใย มาใช้ตัววัสดุประสาน คือ ซีเมนต์ และพลาสติกรีไซเคิล โดยฉนวนกันความร้อนจากเดิมที่เคยใช้โฟม และใยแก้ว มาใช้เส้นใยจากใบปาล์มหรือก้านใบปาล์ม (ทางปาล์ม) ซึ่งเป็นเส้นใยที่ได้จากธรรมชาติและหาได้ง่ายภายในพื้นที่ อีกทั้งยังช่วยลดมลพิษทางอากาศจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และช่วยลดมลพิษจากปริมาณขยะพลาสติก และยังสามารถลดการใช้พลังงานภายในอาคารอย่างยั่งยืน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ขึ้นรูปแผ่นฉนวนกันความร้อน

3.1.1 เครื่องอัดขึ้นรูปแผ่นฉนวนกันความร้อนและอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

1. แท่นอัดไฮดรอลิก แรงกดสูงสุดของเครื่องอัดไฮดรอลิก 60 ตัน ขนาดความกว้างของฐานแท่นอัดไฮดรอลิก 1,080 มิลลิเมตร ความสูงของแท่นอัดไฮดรอลิก 1,930 มิลลิเมตร สามารถรับน้ำหนักได้ 20 ตัน ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 เครื่องอัดไฮดรอลิก ขนาด 60 ตัน

2. เกจวัดความดันจากเครื่องอัดไฮดรอลิก อ่านค่าความดันสูงสุด 1500 Ld/in² และที่ความดันสูงสุด 100 kg/cm² ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เกจวัดความดันจากเครื่องอัดไฮดรอลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ฮีตเตอร์แบบรัศบล็อทขนาด 220V 12000W ทำหน้าให้ความร้อนกับบล็อกอัดขึ้นรูป โดยการรัศจากภายนอก วัสดุที่ใช้ทำจากสแตนเลส และซิงค์ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ฮีตเตอร์แบบรัศบล็อทขนาด 220V 12000W

4. ฮีตเตอร์แบบแผ่นขนาด 220V 12000W ทำหน้าที่ให้ความร้อนส่วนบนของแผ่นประกบบล็อกอัดขึ้นรูปเพื่อให้ความร้อนกระจายทั่วทั้งบล็อก ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ฮีตเตอร์แบบแผ่นขนาด 220V 12000W

5. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ รุ่น MC-2438 ใช้ควบคุมความร้อนให้อยู่ในช่วงการทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนด เครื่องควบคุมอุณหภูมิมีเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาด 0.3 เปอร์เซ็นต์ ใช้กระแสไฟฟ้า DC 20 mA แรงเคลื่อนไฟฟ้า DC 24V ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ รุ่น MC-2438

6. เทอร์โมคัปเปิล Type K (TKS-S1-1.6X25-1M) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ทำจากสแตนเลส ซีท SUS 316 ความยาว 250 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 มิลลิเมตร สามารถตัดหรืองอได้ ใช้วัดอุณหภูมิได้ถึง 400 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เทอร์โมคัปเปิล Type K (TKS-S1-1.6X25-1M)

7. บล็อกเหล็กกล้าอัดขึ้นรูปผนวกันความร้อน บล็อกอัดรูปทรงสี่เหลี่ยม มีขนาดด้านใน 15x15x5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 บล็อกอัดขึ้นรูปผนวกันความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. แผ่นเหล็กกล้า ประกบด้านบน และด้านล่างของบล็อกอัดขึ้นรูป มีขนาด 15×15 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แผ่นเหล็กกล้า ประกบด้านบน และด้านล่างของบล็อกอัดขึ้นรูปฉนวนกันความร้อน

9. แผ่นเหล็กกล้ารองรับฐานบล็อกอัดขึ้นรูปฉนวนกันความร้อน ขนาด 20×20 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แผ่นเหล็กกล้ารองรับฐานบล็อกอัด

10. อุปกรณ์ผสมวัสดุดิบ ลักษณะโพลสตีกทรงกระบอกมี 4 ใบมีด ใช้มือในการหมุนที่จับเพื่อไปหมุนใบมือผสม ดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 อุปกรณ์ผสมวัสดุดิบ

3.1.2 ตู้อบลมร้อน Hot air oven

ตู้อบที่ใช้หลักการถ่ายเทความร้อนจากฮีตเตอร์ผ่านอากาศไปยังวัตถุเพื่อทำให้น้ำในวัตถุลดลง (ความชื้นลดลง) โดยใช้อากาศร้อนพัดผ่านวัตถุเพื่อดึงเอาความชื้นออกจากวัตถุ ใช้สำหรับหาความชื้นเริ่มต้นของชีวมวลและความชื้นหลังอบชีวมวล ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ตู้อบลมร้อน Hot air oven

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 เครื่องบดละเอียด Flour crush machine รุ่น 9FZ-23

มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า (2.2 กิโลวัตต์) 220 โวลต์ สามารถเปลี่ยนขนาดตะแกรงที่ใช้ศึกษาเพื่อนบดให้ได้ตามความละเอียดที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 เครื่องบดละเอียด Flour crush machine รุ่น 9FZ-23

3.1.4 เครื่องบดละเอียด

มอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า (3.7 กิโลวัตต์) 3 เฟส 380/440 โวลต์ 4 โพล 3 สาย IP44 ความเร็วรอบ 1450 RPM ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 เครื่องบดละเอียดมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 เครื่องแยกขนาด รุ่น AS200 Retsch

เครื่องแยกขนาดวัสดุด้วยการเขย่า ผ่านตะแกรงตามขนาดในช่วงศึกษา ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 เครื่องแยกขนาด รุ่น AS200 Retsch

3.1.6 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ SHIMADZU รุ่น TX323L

เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ทศนิยม 3 ตำแหน่ง ผลิตโดย SHIMADZU CORPORATION ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ทศนิยม 3 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ JADEVER รุ่น SKY-600

เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ทศนิยม 2 ตำแหน่ง ผลิตโดย MADE IN TAIWAN ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3.1.7 โถดูดความชื้น (Desiccator)

ทำหน้าที่เก็บความชื้นขึ้นงานทดลอง ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.1.8 ถ้วยเซรามิก (Crucible)

ถ้วยเซรามิก ทรงเตี้ยขนาด 50 มิลลิลิตร ดังรูปที่ 3.18

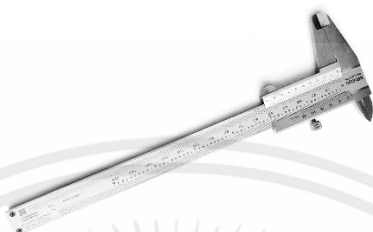


รูปที่ 3.18 ถ้วยเซรามิกขนาด 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.9 เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Calipers)

เวอร์เนียคาลิปเปอร์ ขนาด 6 นิ้ว ค่าความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร รุ่น 530-312
ผลิตโดย MITUTOYO ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 เวอร์เนียคาลิปเปอร์ ขนาด 6 นิ้ว

3.2 กระบวนการและวิธีการดำเนินงาน

3.2.1 กระบวนการ การเตรียมเส้นใย

1. แยกระหว่างใบปาล์ม และทางปาล์มออกจากกัน ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ใบปาล์ม และทางปาล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำใบปาล์ม และทางปาล์ม มาผ่านกระบวนการบดละเอียด ด้วยเครื่องบดละเอียดมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า จะได้ลักษณะของเส้นใย ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ลักษณะของ (ก) เส้นใยใบปาล์ม และ (ข) เส้นใยทางปาล์ม ผ่านกระบวนการบดละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียดมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า

3. นำเส้นใยใบปาล์ม และทางปาล์ม ผ่านกระบวนการบดละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียดมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า อบด้วยตู้อบลมร้อน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง จะเหลือความชื้น 32 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่คงเหลือภายในเส้นใย โดยไม่มีการเปลี่ยนของน้ำหนักเส้นใย และง่ายต่อการเก็บรักษา ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 เส้นใยใบปาล์ม และทางปาล์มอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำซีลี้อยที่ได้จากโรงสีไม้ มาตากแดดระยะเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อลดความชื้นของซีลี้อยจนเหลือความชื้น 37.2 เปอร์เซ็นต์ เป็นปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่คงเหลือภายในซีลี้อยโดยไม่มี การเปลี่ยนของน้ำหนักซีลี้อย และง่ายต่อการเก็บรักษา ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ซีลี้อยต้นกระถินเทพา

5. นำเส้นใยเส้นใยทางปาล์ม, ใบปาล์ม และซีลี้อยต้นกระถินเทพามาผ่านกระบวนการบดละเอียด ด้วยเครื่องบดละเอียดมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า ดังรูปที่ 3.24

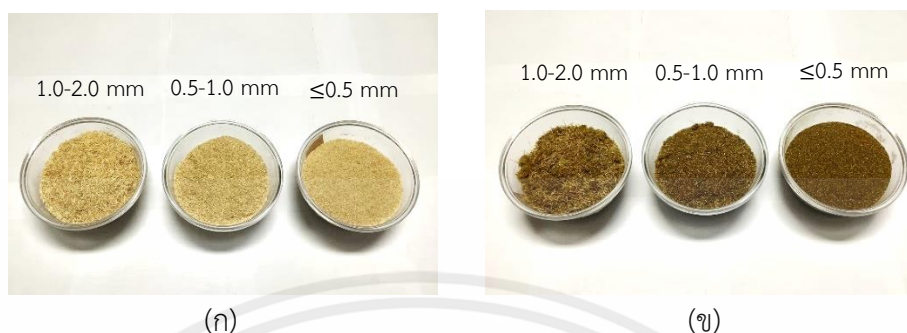


รูปที่ 3.24 เส้นใยเส้นใย (ก) ทางปาล์ม, (ข) ใบปาล์ม และ (ค) ซีลี้อยต้นกระถินเทพา ผ่าน

กระบวนการบดละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียดมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. นำเส้นใยเส้นใยทางปาล์ม และใบปาล์ม มาทำการร่อนแยกขนาดในเครื่องแยกขนาด รุ่น AS200 Retsch เพื่อแยกขนาดให้ได้ขนาด ≤ 0.5 , 0.5-1.0 และ 1.0-2.0 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 (ก) เส้นใยทางปาล์ม และ (ข) เส้นใยใบปาล์ม แต่ละขนาดตามลำดับ

7. นำขี้เลื่อยต้นกระถินเทพา มาทำการร่อนแยกขนาดในเครื่องแยกขนาด รุ่น AS200 Retsch เพื่อแยกขนาดให้ได้ขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 ขี้เลื่อยขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร

3.2.2 การเตรียมตัวประสาน

1. ใช้เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีน (Polyethylene – PE) เป็นตัวประสาน ปริมาณในอัตราส่วน 30 กรัม ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 เม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีน (Polyethylene – PE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การอัดขึ้นรูปฉนวนกันความร้อน

1. นำเส้นใยทางปาล์ม และเส้นใยใบปาล์ม ขนาด ≤ 0.5 , 0.5-1.0 และ 1.0-2.0 มิลลิเมตร ผสมกับซีลี้อยู่ต้นกระถินเทพาขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร ผสมกับเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีน (Polyethylene - PE) ปริมาณ 30 กรัม อัตราส่วนเม็ดพลาสติกต่อซีลี้อยู่ต่อเส้นใยทางปาล์มต่อเส้นใยใบปาล์ม 50:0, 25:25 และ 0:50 (กรัม:กรัม) ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 เส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มผสมเม็ดพลาสติกต่อซีลี้อยู่

2. กวนส่วนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยอุปกรณ์ผสมวัตถุดิบ ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

3. นำส่วนผสมที่เตรียม ใส่ลงในบล็อกเหล็กกล้าอัดขึ้นรูปฉนวนกันความร้อน ดังรูปที่ 3.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 ส่วนผสมใส่ลงในบล็อกเหล็กกล้าอัดขึ้นรูปจนวนกันความร้อน

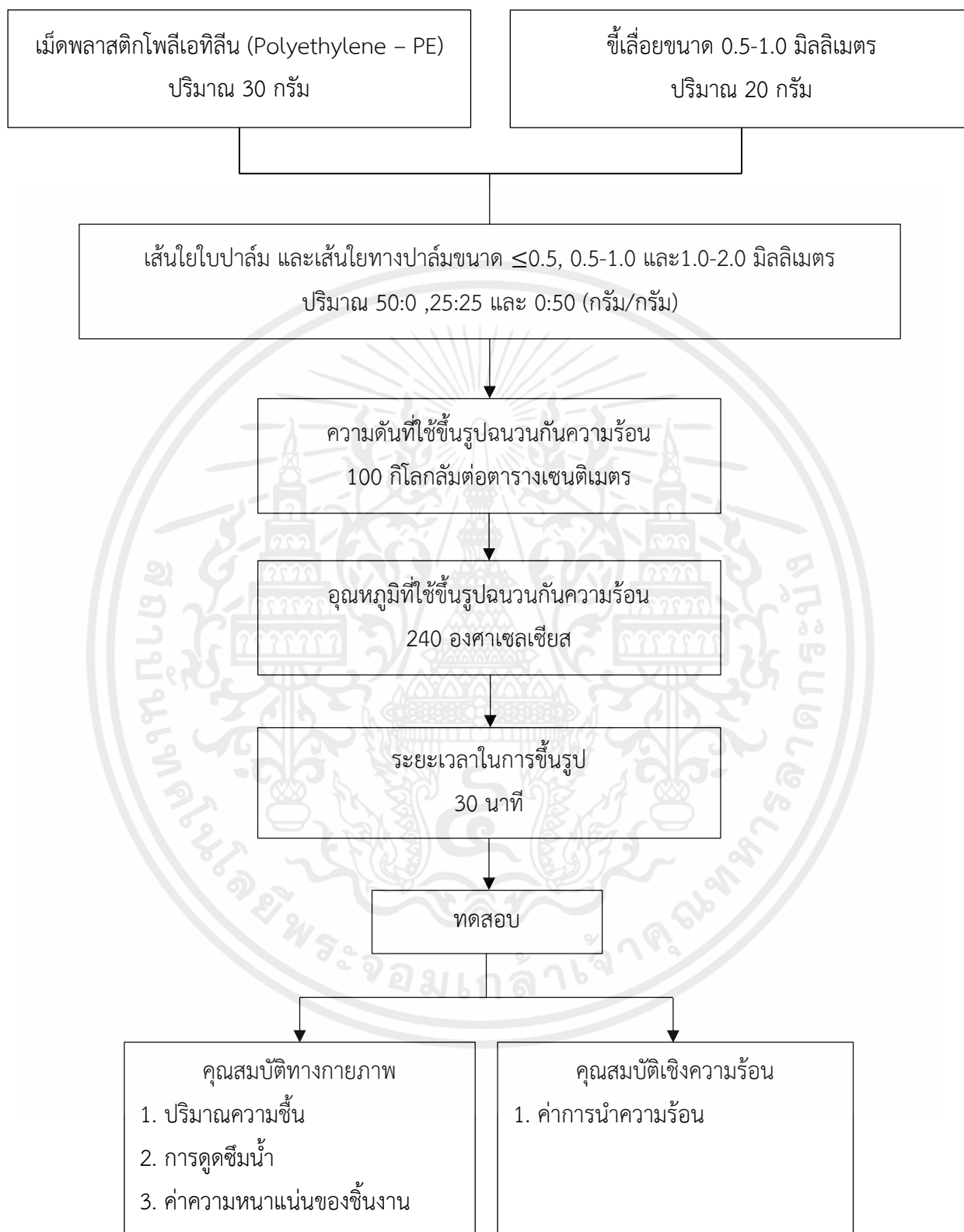
4. นำบล็อกเหล็กกล้าอัดขึ้นรูปจนวนกันความร้อนวางลงบนเครื่องอัดไฮดรอลิกขนาด 60 ตัน ตั้งค่าให้อุณหภูมิที่ 240 องศาเซลเซียส เพื่อให้เม็ดพลาสติก และสารลิกนินภายในซีลี้อย ละลายเป็นสารตัวประสาน และให้ความดันที่ 100 kg/cm^2 เพื่อให้ขึ้นวัสดุเกิดความหนาแน่นในการ ขึ้นรูปมากที่สุด และระยะเวลาในการขึ้นรูป 30 นาที เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการขึ้นรูปขึ้นวัสดุ เพื่อป้องกันไม่ให้เส้นใย และตัวประสานเกิดการไหม้ ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 การอัดขึ้นรูปจนวนกันความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนผสมของการขึ้นรูปนวนก้นความร้อน



รูปที่ 3.32 แผนผังแสดงขั้นตอนการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 กระบวนการ/วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อน

กระบวนการทดสอบและการวิเคราะห์คุณสมบัติของแผ่นฉนวนกันความร้อน แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 คุณสมบัติ คือ คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติเชิงความร้อน โดยคุณสมบัติทดสอบ และวิธีการทดสอบตามคุณสมบัติตามมาตรฐานทดสอบใน ตารางที่ 3.1 เป็นค่าที่เป็นมาตรฐานสำหรับใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการศึกษา

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติทดสอบและวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน

คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อน	วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน
ปริมาณความชื้น (Moisture content)	วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173
การดูดซึมน้ำ (Water absorption)	European Standard 12087
ค่าความหนาแน่น (Density)	European Standard 1602
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal conductivity)	วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM C177

3.3.1 อัตราส่วนผสมและลักษณะประเภทชิ้นงานในการทดสอบ

ชิ้นงานทดสอบขนาด 15×15×0.5 เซนติเมตร ประเภทชิ้นทดสอบที่แตกต่างกัน 15 ชิ้น จำนวน 1 ชุด รวมทั้งหมด 15 ชิ้นทดสอบ ตารางที่ 3.2 เป็นอัตราส่วนผสม พลาสติก : ขี้เลื่อย : เส้นใยทางปาล์ม : เส้นใยโพลีเอสเตอร์ คัดอัตราส่วนผสมรวมทั้งหมดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ตารางที่ 3.3 เป็นตารางแสดงชิ้นงานทดสอบ และลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานทดสอบ

ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนผสมในการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบฉนวนกันความร้อน

พลาสติก	ขี้เลื่อย	เส้นใยทางปาล์ม	เส้นใยโพลีเอสเตอร์
		50%	0%
30%	20%	25%	25%
		0%	50%

3.3.2 การทดสอบปริมาณความชื้นในชิ้นงาน (Moisture content) วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3173

การทดสอบปริมาณความชื้นในชิ้นงาน ใช้ตัวอย่างชิ้นทดสอบขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ทำให้ตัวอย่างชิ้นทดสอบมีขนาดเล็กสามารถใส่ในถ้วยทนไฟได้ จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบอัตราส่วนละ 2 ถ้วย รวมทั้งหมด 30 ถ้วยทดสอบ

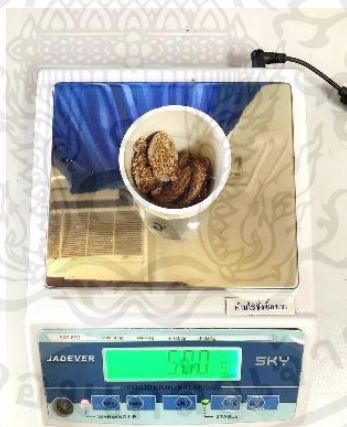
วิธีการทดสอบ

1. เตรียมถ้วยทนไฟเซรามิกขนาด 50 มิลลิลิตรสำหรับใส่ตัวอย่างขึ้นทดสอบ
2. เตรียมตัวอย่างขึ้นทดสอบให้มีขนาดเล็กสามารถใส่ในถ้วยทนไฟได้
3. นำตัวอย่างขึ้นทดสอบใส่ลงไปถ้วยทนไฟเซรามิก ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 บัญจขึ้นงานทดสอบในถ้วยทนไฟเซรามิก

4. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างขึ้นทดสอบด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลปริมาณ 5 กรัม โดยไม่รวมน้ำหนักถ้วยทนไฟเซรามิก และบันทึกค่าน้ำหนักตัวอย่างขึ้นทดสอบที่ได้ก่อนอบ ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างขึ้นทดสอบปริมาณ 5 กรัม

5. อบตัวอย่างขึ้นทดสอบในตู้อบลมร้อน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 3.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 อบชิ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

6. เมื่อครบระยะเวลา 24 ชั่วโมง นำถ้วยทนไฟเซรามิกที่ใส่ตัวอย่างชิ้นทดสอบออกจากตู้อบลมร้อน Hot air oven โดยพักให้เย็นภายในโถดูดความชื้น (Desiccator) เป็นระยะเวลา 10 นาที ดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 พักชิ้นทดสอบภายในโถดูดความชื้น (Desiccator)

7. นำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล จากนั้นบันทึกค่าที่ได้
8. เมื่อได้ค่าตัวอย่างชิ้นทดสอบก่อนอบ และหลังอบ นำค่าที่ได้ไปคำนวณในสมการ (2.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การทดสอบค่าความหนาแน่น (Density) วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน European Standard 1602

การทดสอบค่าความหนาแน่นของชิ้นงาน ใช้ตัวอย่างชิ้นทดสอบขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบอัตราส่วนละ 2 ชั้น รวมทั้งหมด 30 ชิ้นทดสอบ

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมตัวอย่างชิ้นทดสอบ โดยการนำตัวอย่างชิ้นทดสอบตั้งไว้ในอุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 28 วัน ดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 ชิ้นงานทดสอบจำนวน 30 ชิ้น เก็บที่อุณหภูมิห้องระยะเวลา 28 วัน

2. หลังจากครบ 28 วัน นำตัวอย่างชิ้นทดสอบชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล จากนั้นบันทึกค่าที่ได้ ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างชิ้นทดสอบหลังจากครบ 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัดระยะขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของตัวอย่างชิ้นทดสอบ และจดบันทึกค่าที่ได้ ดังรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.39 วัดระยะขนาด (ก) วัดขนาดความกว้าง และความยาว (ข) วัดขนาดความหนา

4. นำค่าน้ำหนักของตัวอย่างชิ้นทดสอบที่ชั่งได้ และขนาดของตัวอย่างชิ้นทดสอบที่วัดได้ คำนวณในสมการ (2.9)

3.3.3 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water absorption) วิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน European Standard 12087

การทดสอบการดูดซึมน้ำของชิ้นงาน ใช้ตัวอย่างชิ้นทดสอบขนาด กว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบอัตราส่วนละ 2 ชิ้น รวมทั้งหมด 30 ชิ้นทดสอบ

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมน้ำสะอาดใสในภาชนะสำหรับการแช่ตัวอย่างชิ้นทดสอบ
2. นำตัวอย่างชิ้นทดสอบลงแช่ในภาชนะที่เตรียมไว้ โดยให้น้ำท่วมชิ้นงาน เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 3.40



รูปที่ 3.40 การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อแช่น้ำครบ 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างขึ้นทดสอบตั้งพักในลักษณะ 45 องศา เป็นระยะเวลา 10 นาที ดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 ตั้งพักขึ้นทดสอบในลักษณะ 45 องศา เป็นระยะเวลา 10 นาที

4. เมื่อพักขึ้นทดสอบครบ 10 นาที นำขึ้นทดสอบชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักหลังการแช่น้ำ

5. จากนั้นนำตัวอย่างขึ้นทดสอบหลังการแช่น้ำ นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.42 อบขึ้นทดสอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

6. หลังการอบครบ 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างขึ้นทดสอบมาตั้งพักที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 5 นาที ชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่า ดังรูปที่ 3.43



รูปที่ 3.43 ตั้งพักขึ้นทดสอบในลักษณะ 45 องศา อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 5 นาที

7. นำค่าน้ำหนักหลังการแช่น้ำ และค่าน้ำหนักหลังจากการอบ ไปคำนวณ
ในสมการ (2.10)

3.3.6 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal conductivity) วิเคราะห์ ตามวิธีมาตรฐาน ASTM C177

การวัดค่าสภาพการนำความร้อนของชิ้นงาน ใช้ตัวอย่างขึ้นทดสอบมีขนาดเส้นผ่าน
ศูนย์กลางของหน้าตัดกว้าง 25 มิลลิเมตร จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบอัตราส่วนละ 2 ชั้น รวม
ทั้งหมด 30 ชิ้นทดสอบ

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมตัวอย่างขึ้นทดสอบ โดยการตัดตัวอย่างขึ้นทดสอบให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
ของหน้าตัดกว้าง 25 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.44



รูปที่ 3.44 ตัวอย่างขึ้นทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดกว้าง 25 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เตรียมชิ้นงาน Insulation ดังรูปที่ 3.45



รูปที่ 3.45 ชิ้นงาน Insulation ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 25 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 70 มิลลิเมตร

3. นำตัวอย่างชิ้นทดสอบใส่ในชิ้นงาน Insulation ดังรูปที่ 3.46



รูปที่ 3.46 ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ Heat Conduction

4. ใช้ silicone ทาบริเวณตัวอย่างชิ้นทดสอบให้ทั่ว เพื่อลดช่องว่างของอากาศ
5. นำตัวอย่างชิ้นทดสอบ ทดสอบ Heat Conduction Laboratory ดังรูปที่ 3.47



รูปที่ 3.47 เครื่องทดสอบ Heat Conduction Laboratory

6. รวค่าอุณหภูมิทุกจุดคงที่ โดยค่าอุณหภูมิ T_1, T_2, T_3, T_6, T_7 และ T_8 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และจดบันทึกค่า นำค่าที่บันทึกคำนวณในสมการ (2.11)







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผล










ในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางไบโपाल์มโดยใช้ชี้เลื่อยและเม็ดพลาสติก Polyethylene-PE เป็นตัวประสาน ขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่างด้วยการอัดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ด้วยเงื่อนไขดังนี้ อัตราส่วนระหว่างเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยไบโपाल์ม 50:0, 25:25 และ 0:50 (กรัม/กรัม ของเส้นใยทางปาล์ม:เส้นใยไบโपाल์ม) ที่ขนาดของเส้นใยทางปาล์มขนาดเล็ก ≤ 0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลางอยู่ในช่วง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่อยู่ในช่วง 1.0-2.0 มิลลิเมตร และขนาดของเส้นใยไบโपाल์มขนาดเล็ก ≤ 0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลางอยู่ในช่วง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่อยู่ในช่วง 1.0-2.0 มิลลิเมตร ใช้ตัวประสานชี้เลื่อย 20 กรัม และเม็ดพลาสติก Polyethylene-PE 30 กรัม จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างจากเส้นใยทางไบโपाल์มโดยใช้ชี้เลื่อยและเม็ดพลาสติก Polyethylene-PE เป็นตัวประสาน ที่ได้มาศึกษาคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อน โดยทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพในด้าน ค่าปริมาณความชื้น ค่าความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และทดสอบคุณสมบัติเชิงความร้อนในด้าน ค่าการนำความร้อน

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานทดสอบฉนวนกันความร้อน

ลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานทดสอบฉนวนกันความร้อน		
1	2	3
		
ขนาดเส้นใยทางปาล์ม 1.0-2.0 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ไบโपाल์ม 50 g : 0 g	ขนาดเส้นใยทางปาล์ม 0.5-1.0 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ไบโपाल์ม 50 g : 0 g	ขนาดเส้นใยทางปาล์ม ≤ 0.5 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ไบโपाल์ม 50 g : 0 g
4	5	6
		
ขนาดเส้นใยทางปาล์ม 1.0-2.0 mm ขนาดเส้นใยไบโपाल์ม 1.0-2.0 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ไบโपाल์ม 25 g : 25 g	ขนาดเส้นใยทางปาล์ม 1.0-2.0 mm ขนาดเส้นใยไบโपाल์ม 0.5-1.0 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ไบโपाल์ม 25 g : 25 g	ขนาดเส้นใยทางปาล์ม 1.0-2.0 mm ขนาดเส้นใยไบโपाल์ม ≤ 0.5 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ไบโपाल์ม 25 g : 25 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานทดสอบฉนวนกันความร้อน (ต่อ)

ลักษณะกายภาพภายนอกของชิ้นงานทดสอบฉนวนกันความร้อน		
7	8	9
		
ขนาดเส้นใยทางปาล์ม 0.5-1.0 mm ขนาดเส้นใยใบปาล์ม 1.0-2.0 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ใบปาล์ม	ขนาดเส้นใยทางปาล์ม 0.5-1.0 mm ขนาดเส้นใยใบปาล์ม 0.5-1.0 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ใบปาล์ม	ขนาดเส้นใยทางปาล์ม 0.5-1.0 mm ขนาดเส้นใยใบปาล์ม ≤ 0.5 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ใบปาล์ม
25 g : 25 g	25 g : 25 g	25 g : 25 g
10	11	12
		
ขนาดเส้นใยทางปาล์ม ≤ 0.5 mm ขนาดเส้นใยใบปาล์ม 1.0-2.0 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ใบปาล์ม	ขนาดเส้นใยทางปาล์ม ≤ 0.5 mm ขนาดเส้นใยใบปาล์ม 0.5-1.0 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ใบปาล์ม	ขนาดเส้นใยทางปาล์ม ≤ 0.5 mm ขนาดเส้นใยใบปาล์ม ≤ 0.5 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ใบปาล์ม
25 g : 25 g	25 g : 25 g	25 g : 25 g
13	14	15
		
ขนาดเส้นใยใบปาล์ม 1.0-2.0 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ใบปาล์ม	ขนาดเส้นใยใบปาล์ม 0.5-1.0 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ใบปาล์ม	ขนาดเส้นใยใบปาล์ม ≤ 0.5 mm อัตราส่วนทางปาล์ม : ใบปาล์ม
0 g : 50 g	0 g : 50 g	0 g : 50 g

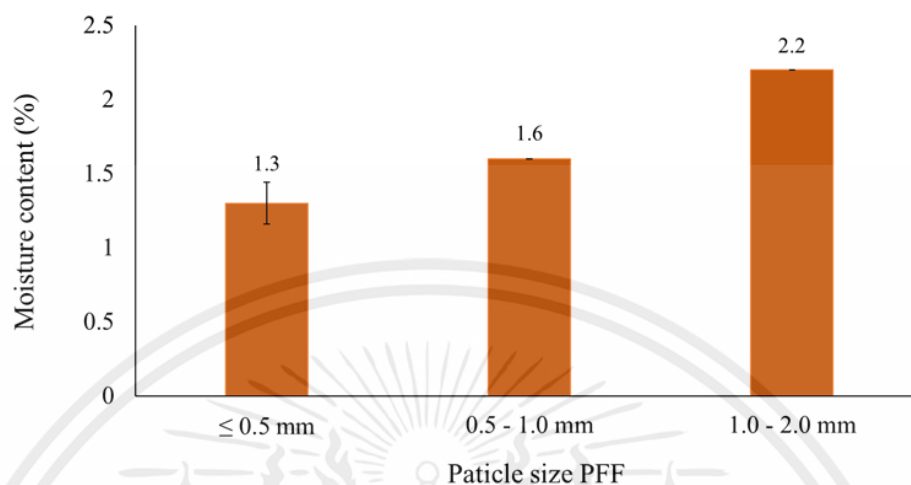
4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางใบปาล์มโดยใช้วัสดุเหลือใช้เป็นตัวประสาน

4.1.1 ผลการทดสอบค่าความชื้น (Moisture content)

จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.1 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและขนาดของเส้นใยทางปาล์ม ซึ่งเป็นชิ้นทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มเพียงชนิดเดียวในปริมาณ 50 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มมีขนาดใหญ่ขึ้น จะส่งผลให้ชิ้นทดสอบมีค่าความชื้นมากตามไปด้วย จากผลการทดสอบพบว่า เส้นใยทางปาล์มขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความชื้น 2.2 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยทางปาล์มขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความชื้น 1.6 เปอร์เซ็นต์

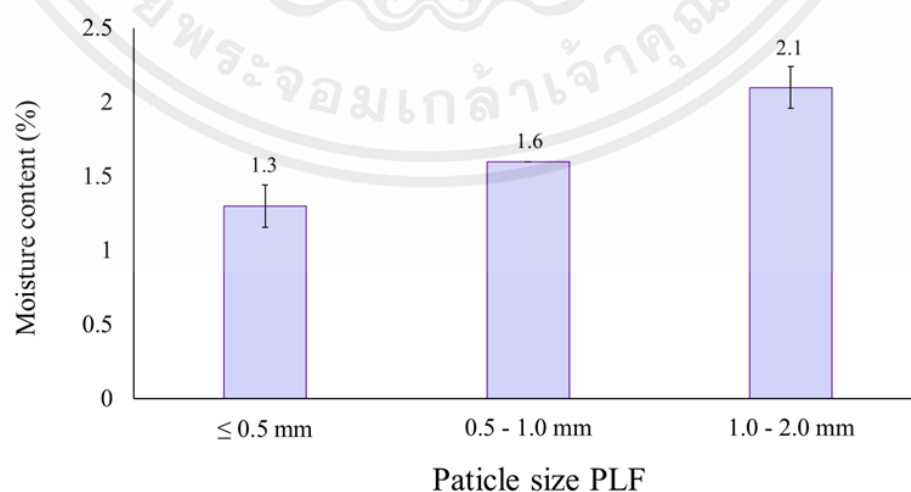
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเส้นใยทางปาล์มขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร จะมีค่าความชื้น 1.3 เปอร์เซ็นต์ สังเกตได้ว่าค่าความชื้นของชั้นทดสอบลดลงตามขนาดของเส้นใยทางปาล์มที่เล็กลง



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและขนาดเส้นใยทางปาล์มในปริมาณ 50 กรัม

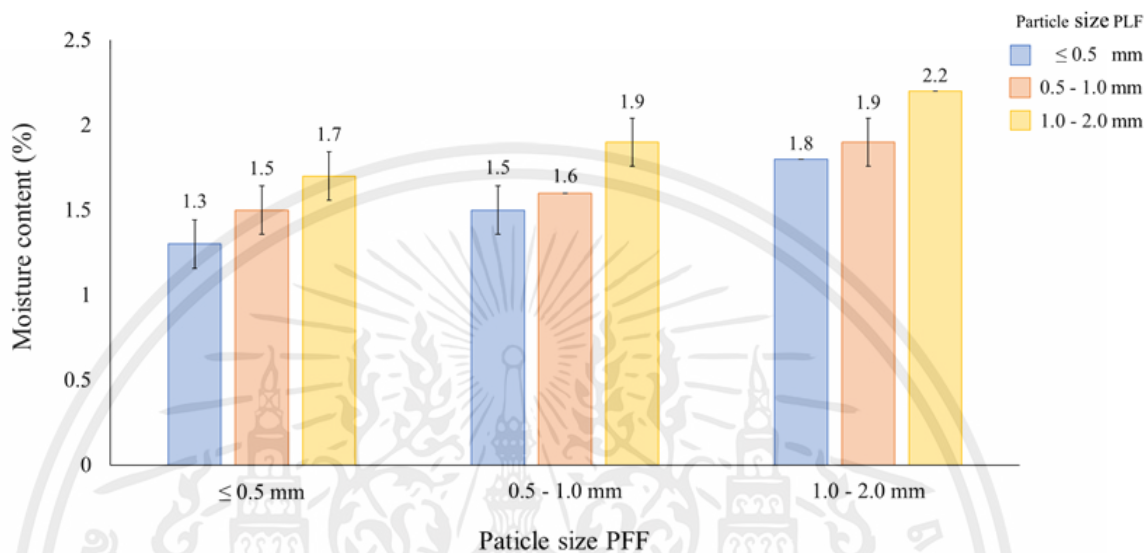
จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.2 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและขนาดของเส้นใยใบปาล์ม ซึ่งเป็นชั้นทดสอบที่ใช้เส้นใยใบปาล์มเพียงชนิดเดียวในปริมาณ 50 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นชั้นทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยใบปาล์มมีขนาดใหญ่ขึ้น จะส่งผลให้ชั้นทดสอบมีค่าความชื้นมากตามไปด้วย จากผลการทดสอบพบว่า เส้นใยใบปาล์มขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความชื้น 2.1 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยใบปาล์มขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความชื้น 1.6 เปอร์เซ็นต์ และเส้นใยใบปาล์มขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร จะมีค่าความชื้น 1.3 เปอร์เซ็นต์ สังเกตได้ว่าค่าความชื้นของชั้นทดสอบลดลงตามขนาดของเส้นใยใบปาล์มที่เล็กลง



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและขนาดเส้นใยใบปาล์มในปริมาณ 50 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและขนาดเส้นใยทางปาล์ม เปรียบเทียบกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและขนาดเส้นใยใบปาล์มพบว่า เส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มมีค่าความชื้นที่ใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นชนิดของเส้นใยจึงไม่ส่งผลต่อค่าความชื้น



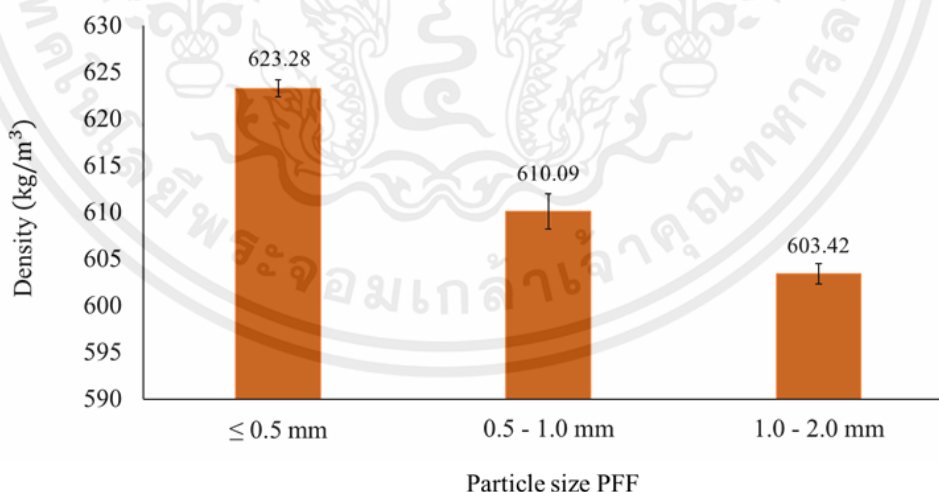
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและขนาดของเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยใบปาล์ม ในอัตราส่วน 25:25 กรัม

จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นและขนาดของเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยใบปาล์ม ซึ่งเป็นขั้นตอนทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มผสมกับเส้นใยใบปาล์มในอัตราส่วน 25:25 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นขั้นตอนทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มมีขนาดใหญ่ จะส่งผลให้ขั้นตอนทดสอบมีค่าความชื้นมากตามไปด้วย จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อเส้นใยทางปาล์มมีขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร ผสมกับเส้นใยใบปาล์มขนาดเล็ก ≤0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความชื้นอยู่ที่ 2.2-1.8 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มมีขนาดเล็กลงเป็น 0.5-1.0 มิลลิเมตรผสมกับเส้นใยใบปาล์มขนาดเล็ก ≤0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลางอยู่ในช่วง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่อยู่ในช่วง 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความชื้นอยู่ที่ 1.9-1.5 เปอร์เซ็นต์ และเส้นใยทางปาล์มที่มีขนาดเล็กที่สุดคือ ≤0.5 มิลลิเมตรผสมกับเส้นใยใบปาล์มเล็ก ≤0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลางอยู่ในช่วง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่อยู่ในช่วง 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความชื้นอยู่ที่ 1.7-1.3 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดสอบทำให้ทราบว่า ค่าความชื้นจะมีค่าลดลงตามขนาดของเส้นใยที่เล็กลง เนื่องจาก เส้นใยขนาดเล็กมีอนุภาคเล็กทำให้ขั้นตอนทดสอบมีช่องว่างของอากาศที่น้อยทำให้ความชื้นแทรกตัวเข้าไปในชิ้น

ทดสอบได้ยาก แต่จะแตกต่างกับเส้นใยขนาดใหญ่ที่มีอนุภาคใหญ่ ชั้นทดสอบจะมีช่องว่างของอากาศที่มากทำให้ความชื้นแทรกตัวเข้าไปในชั้นทดสอบได้ง่าย

4.1.2 ผลการทดสอบค่าความหนาแน่น (Density)

จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.4 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและขนาดของเส้นใยทางปาล์ม ซึ่งเป็นชั้นทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มเพียงชนิดเดียวในปริมาณ 50 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นชั้นทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มมีขนาดเล็กลง จะส่งผลให้ชั้นทดสอบมีค่าความหนาแน่นมากขึ้นตามไปด้วย จากผลการทดสอบพบว่า เส้นใยทางปาล์มขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความหนาแน่น 603.42 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เส้นใยทางปาล์มขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร จะมี ค่าความหนาแน่น 610.09 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเส้นใยทางปาล์มขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร จะมีค่าความหนาแน่น 623.28 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สังเกตได้ว่าค่าความหนาแน่นของชั้นทดสอบเพิ่มขึ้นตามขนาดของเส้นใยทางปาล์มที่เล็กลง เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง จะพบว่า เส้นใยทางปาล์มที่มีขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นลดลง 2.2% และเส้นใยทางปาล์มที่มีขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นลดลง 3.3% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นของเส้นใยทางปาล์มขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของเส้นใยทางปาล์มขนาดเล็ก ≤ 0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร มีเปอร์เซ็นต์ค่าความหนาแน่นลดลงที่น้อยมาก ในกระบวนการเตรียมเส้นใยทางปาล์มจึงไม่จำเป็นต้องลดขนาดของเส้นใย เพื่อลดขั้นตอนการผลิตและประหยัดงบประมาณในการผลิต

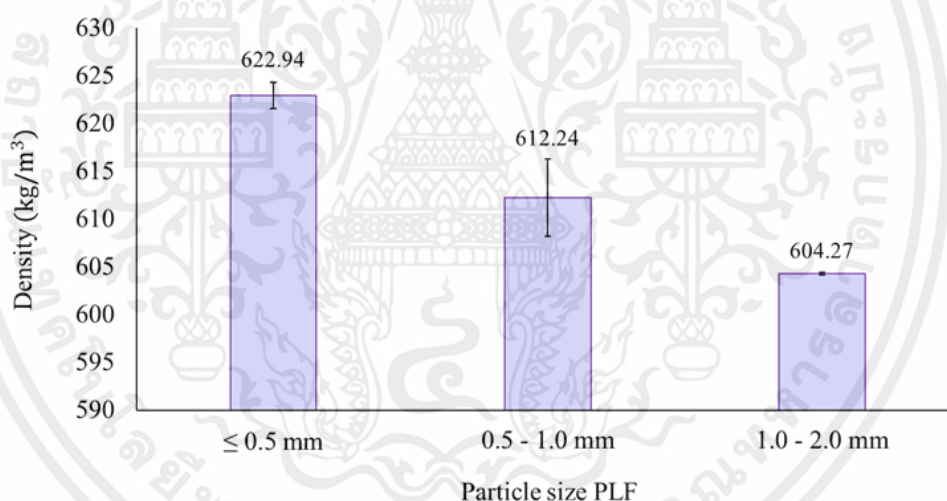


รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและขนาดเส้นใยทางปาล์มในปริมาณ 50 กรัม

จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.5 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและขนาดของเส้นใยปาล์ม ซึ่งเป็นชั้นทดสอบที่ใช้เส้นใยปาล์มเพียงชนิดเดียวในปริมาณ 50 กรัม ในการอัด

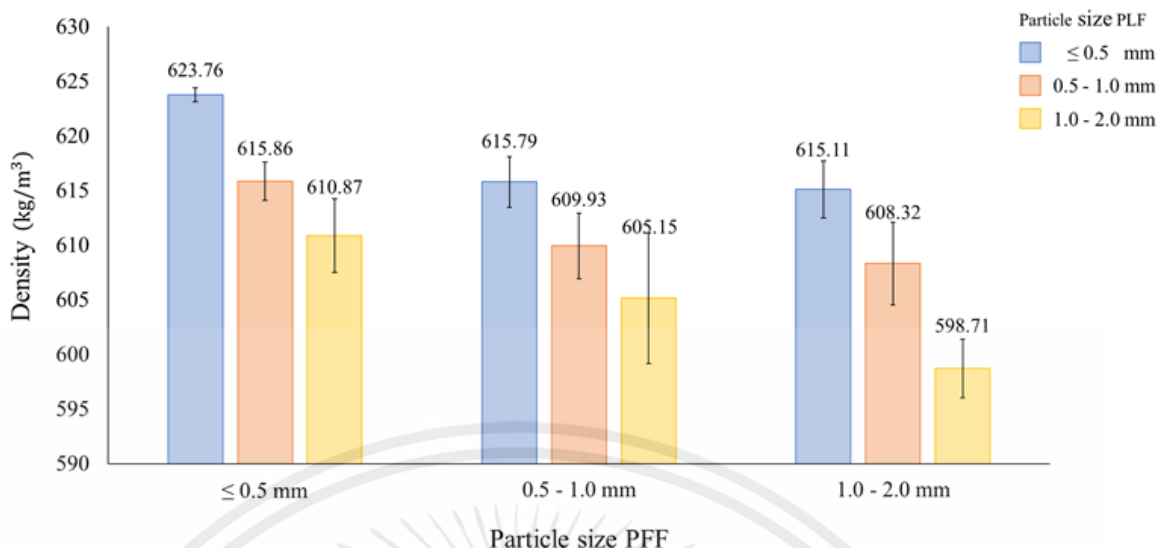
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นรูปเป็นขึ้นทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยใบปาล์มมีขนาดเล็กลง จะส่งผลให้ขึ้นทดสอบมีค่าความหนาแน่นมากขึ้นตามไปด้วย จากผลการทดสอบพบว่า เส้นใยใบปาล์มขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความหนาแน่น 604.27 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เส้นใยใบปาล์มขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความหนาแน่น 612.24 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเส้นใยทางปาล์มขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร จะมีค่าความหนาแน่น 622.94 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สังเกตได้ว่าค่าความหนาแน่นของขึ้นทดสอบเพิ่มขึ้นตามขนาดของเส้นใยใบปาล์มที่เล็กลง เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง จะพบว่า เส้นใยใบปาล์มที่มีขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นลดลง 1.7% และเส้นใยทางปาล์มที่มีขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นลดลง 3.1% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นของเส้นใยทางปาล์มขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่า ค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของเส้นใยทางปาล์มขนาดเล็ก ≤ 0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์ค่าหนาแน่นลดลงที่น้อยมาก ในกระบวนการเตรียมเส้นใยทางปาล์มจึงไม่จำเป็นต้องลดขนาดของเส้นใย เพื่อลดขั้นตอนการผลิตและประหยัดงบประมาณในการผลิต



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและขนาดเส้นใยใบปาล์มในปริมาณ 50 กรัม

เมื่อนำกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและขนาดเส้นใยทางปาล์มเปรียบเทียบกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและขนาดเส้นใยใบปาล์มพบว่า เส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มมีค่าความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นชนิดของเส้นใยจึงไม่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่น



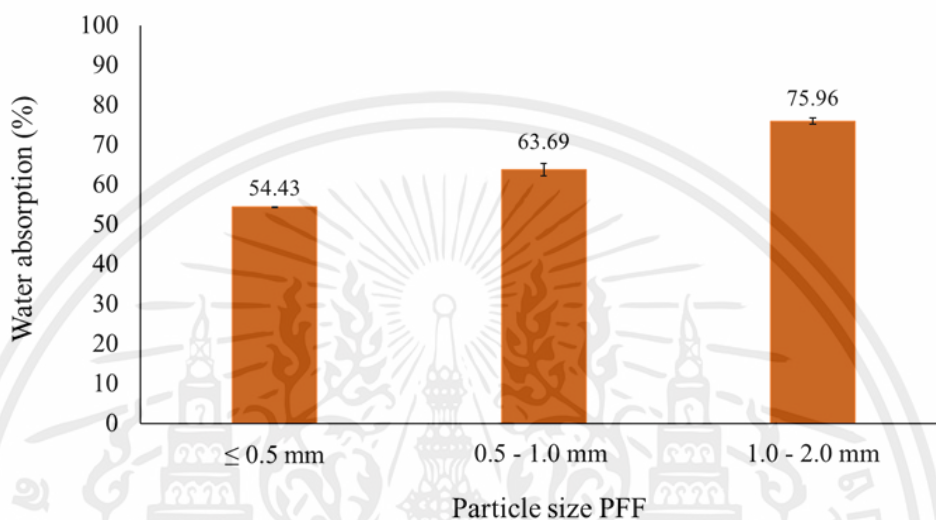
รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและขนาดของเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยใบปาล์ม ในอัตราส่วน 25:25 กรัม

จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.6 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นและขนาดของเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยใบปาล์ม ซึ่งเป็นขั้นตอนทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มผสมกับเส้นใยใบปาล์ม ในอัตราส่วน 25:25 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นขั้นตอนทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มมีขนาดเล็กลง จะส่งผลให้ขั้นตอนทดสอบมีค่าความหนาแน่นมากตามไปด้วย จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อเส้นใยทางปาล์มมีขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร ผสมกับเส้นใยใบปาล์มเล็ก ≤ 0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 598.71-615.11 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มมีขนาดเล็กลงเป็น 0.5-1.0 มิลลิเมตร ผสมกับเส้นใยใบปาล์มขนาดเล็ก ≤ 0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 605.15-615.79 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเส้นใยทางปาล์มที่มีขนาดเล็กที่สุด คือ ≤ 0.5 มิลลิเมตรผสมกับเส้นใยใบปาล์มขนาดเล็ก ≤ 0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร มีค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 610.87-623.76 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากผลการทดสอบทำให้ทราบว่า ค่าความหนาแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของเส้นใยที่เล็กลง เนื่องจาก เส้นใยขนาดเล็กจะมีอนุภาคที่เล็ก ทำให้สามารถเข้าไปแทนที่ปริมาณช่องว่างของอากาศได้ดีกว่าเส้นใยขนาดใหญ่ที่มีอนุภาคใหญ่กว่า ส่งผลให้ชิ้นงานที่มีขนาดของเส้นใยเล็ก ≤ 0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ

4.1.3 ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ (Water absorption)

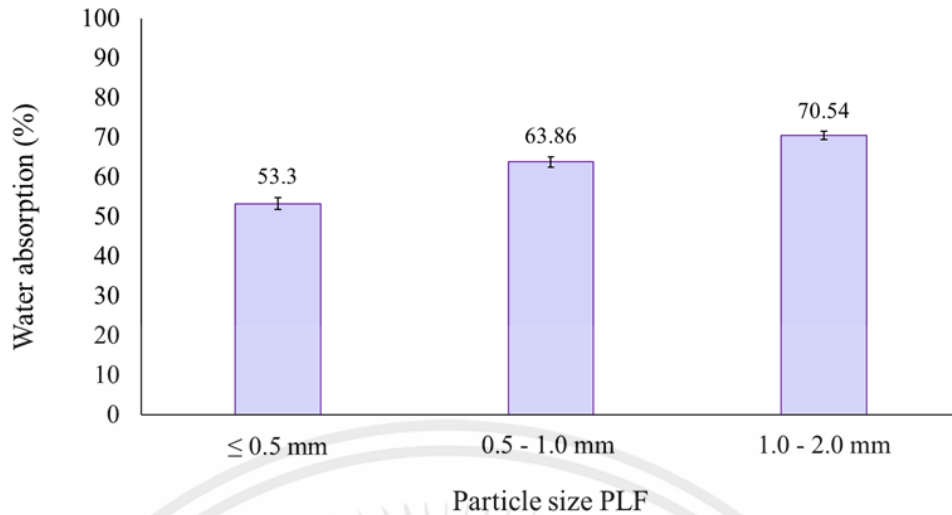
จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.7 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำและขนาดของเส้นใยทางปาล์ม ซึ่งเป็นขั้นตอนทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มเพียงชนิดเดียวในปริมาณ 50 กรัม ในการอัด

ขึ้นรูปเป็นชั้นทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มมีขนาดใหญ่ขึ้น จะส่งผลให้ชั้นทดสอบมีค่าการดูดซึมน้ำมากตามไปด้วย จากผลการทดสอบพบว่า เส้นใยทางปาล์มขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการดูดซึมน้ำ 75.96 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยทางปาล์มขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการดูดซึมน้ำ 63.69 เปอร์เซ็นต์ และเส้นใยทางปาล์มขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร จะมีค่าการดูดซึมน้ำ 54.43 เปอร์เซ็นต์ สังเกตได้ว่าค่าการดูดซึมน้ำของชั้นทดสอบลดลงตามขนาดของเส้นใยทางปาล์มที่เล็กลง



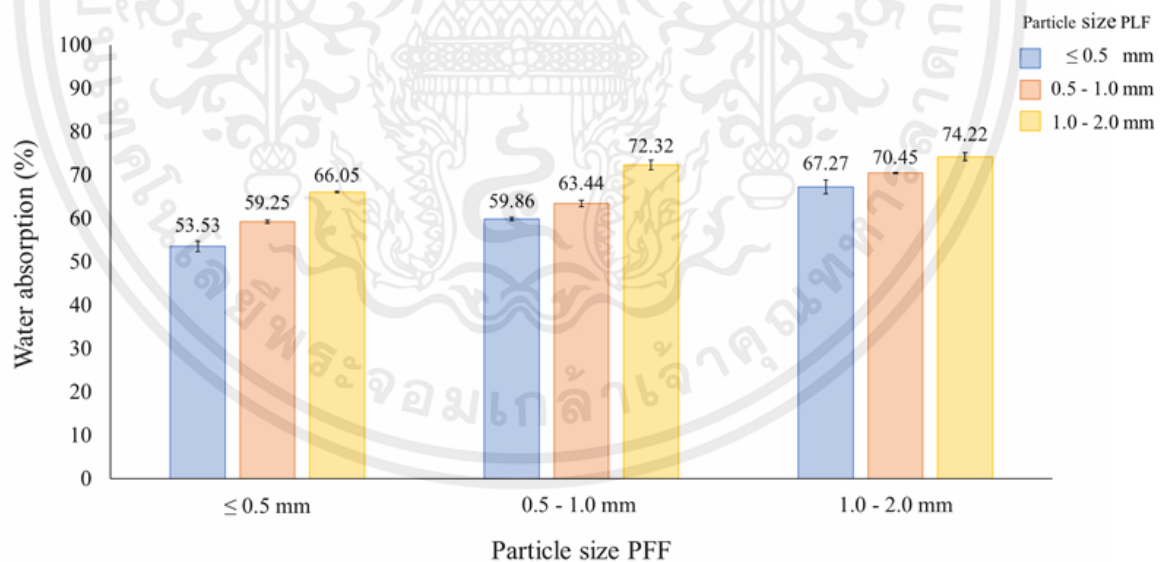
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำและขนาดเส้นใยทางปาล์มในปริมาณ 50 กรัม

จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.8 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำและขนาดของเส้นใยใบปาล์ม ซึ่งเป็นชั้นทดสอบที่ใช้เส้นใยใบปาล์มเพียงชนิดเดียวในปริมาณ 50 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นชั้นทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยใบปาล์มมีขนาดใหญ่ขึ้น จะส่งผลให้ชั้นทดสอบมีค่าการดูดซึมน้ำมากตามไปด้วย จากผลการทดสอบพบว่า เส้นใยใบปาล์มขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการดูดซึมน้ำ 70.54 เปอร์เซ็นต์ เส้นใยทางปาล์มขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการดูดซึมน้ำ 63.86 เปอร์เซ็นต์ และเส้นใยทางปาล์มขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร จะมีค่าการดูดซึมน้ำ 53.30 เปอร์เซ็นต์ สังเกตได้ว่าค่าการดูดซึมน้ำของชั้นทดสอบลดลงตามขนาดของเส้นใยใบปาล์มที่เล็กลง



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำและขนาดเส้นใยใบปาล์มในปริมาณ 50 กรัม

เมื่อนำกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำและขนาดเส้นใยทางปาล์มเปรียบเทียบกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำและขนาดเส้นใยใบปาล์มพบว่า เส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มมีค่าการดูดซึมน้ำที่ใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นชนิดของเส้นใยจึงไม่ส่งผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำและขนาดของเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยใบปาล์มในอัตราส่วน 25:25 กรัม

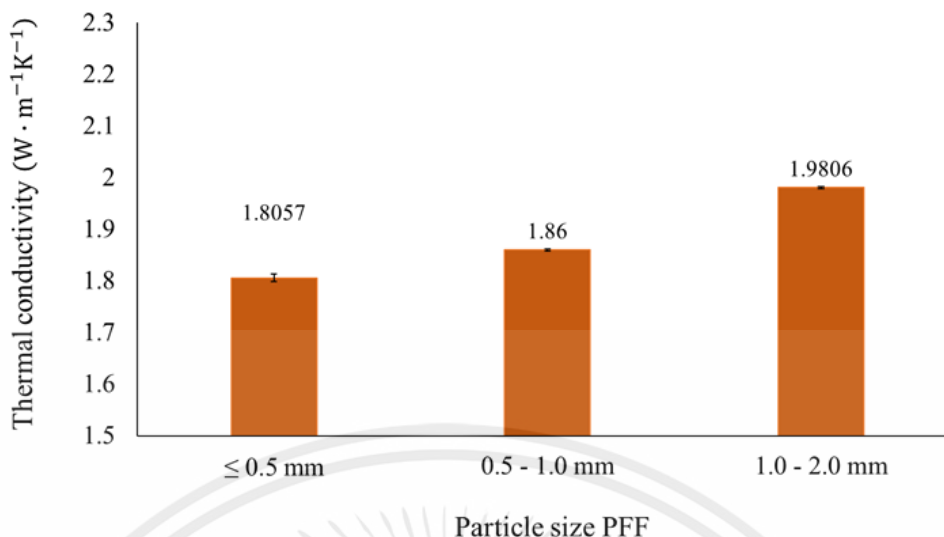
จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.9 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซึมน้ำและขนาดของเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยใบปาล์ม ซึ่งเป็นขั้นตอนทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มผสมกับเส้นใยใบปาล์มในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วน 25:25 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มและเส้นใยไบปาล์มมีขนาดใหญ่ จะส่งผลให้ชิ้นทดสอบมีค่าการดูดซึมน้ำมากตามไปด้วย จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อเส้นใยทางปาล์มมีขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร ผสมกับเส้นใยไบปาล์มขนาดเล็ก ≤ 0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ 74.22-67.27 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มมีขนาดเล็กถึงเป็น 0.5-1.0 มิลลิเมตร ผสมกับเส้นใยไบปาล์มขนาดเล็ก ≤ 0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ 72.32-59.86 เปอร์เซ็นต์ และเส้นใยทางปาล์มที่มีขนาดเล็กที่สุด คือ ≤ 0.5 มิลลิเมตร ผสมกับเส้นใยไบปาล์มขนาดเล็ก ≤ 0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ที่ 66.05-53.53 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดสอบทำให้ทราบว่า ค่าการดูดซึมน้ำจะมีค่าลดลงตามขนาดของเส้นใยที่เล็กลง เนื่องจากเส้นใยขนาดเล็กมีอนุภาคเล็กทำให้ชิ้นทดสอบมีช่องว่างของอากาศที่น้อย กล่าวคือมีความหนาแน่นสูง ทำให้น้ำซึ่งเป็นของเหลวที่ใช้ในการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำซึมผ่านเข้าไปในชิ้นทดสอบได้ยาก แต่จะแตกต่างกับเส้นใยขนาดใหญ่ที่มีอนุภาคใหญ่ทำให้ชิ้นทดสอบมีช่องว่างของอากาศที่มาก ทำให้มีความหนาแน่นน้อย ทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปในชิ้นทดสอบได้ง่าย

4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางไบปาล์มโดยใช้วัสดุเหลือใช้เป็นตัวประสาน

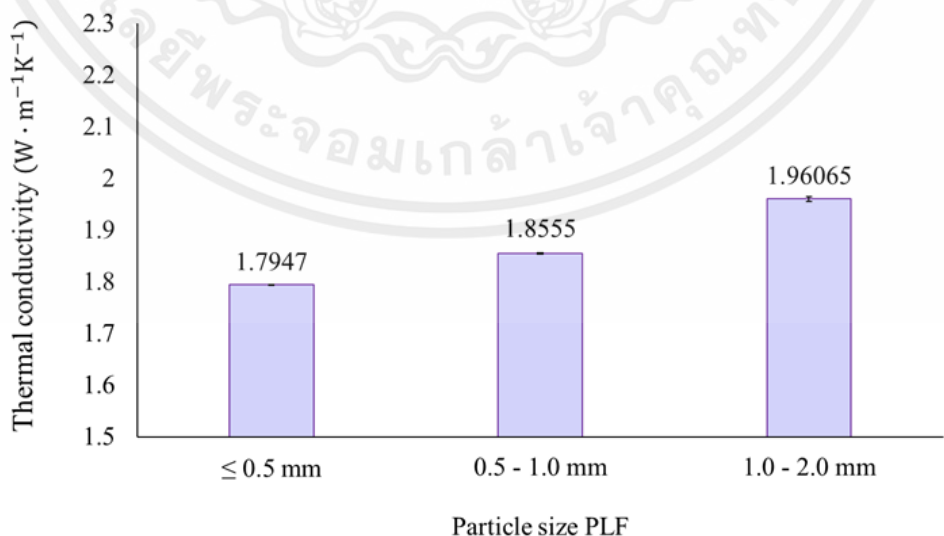
4.2.1 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity)

จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.10 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนและขนาดของเส้นใยทางปาล์ม ซึ่งเป็นชิ้นทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มเพียงชนิดเดียวในปริมาณ 50 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มมีขนาดใหญ่ขึ้น จะส่งผลให้ชิ้นทดสอบมีค่าการนำความร้อนมากตามไปด้วย จากผลการทดสอบพบว่า เส้นใยทางปาล์มขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการนำความร้อน 1.9806 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน เส้นใยทางปาล์มขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการนำความร้อน 1.8600 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน และเส้นใยทางปาล์มขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร จะมีค่าการนำความร้อน 1.8057 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน สังเกตได้ว่าค่าการนำความร้อนของชิ้นทดสอบลดลงตามขนาดของเส้นใยทางปาล์มที่เล็กลง



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนและขนาดเส้นใยทางปาล์มในปริมาณ 50 กรัม

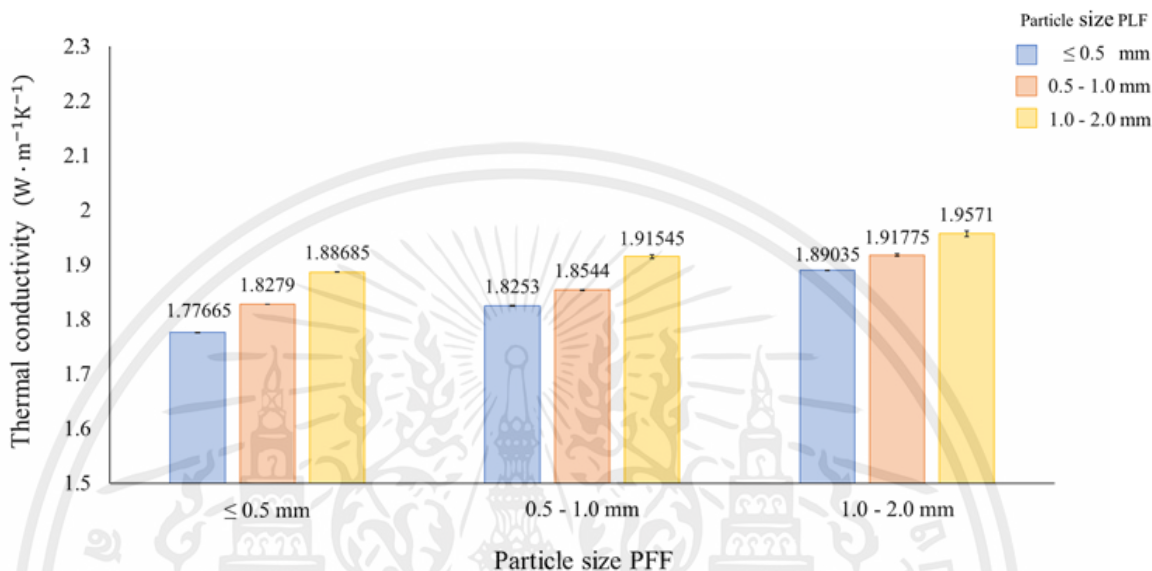
จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.11 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนและขนาดของเส้นใยโพลีเอทิลีน ซึ่งเป็นชิ้นทดสอบที่ใช้เส้นใยโพลีเอทิลีนเพียงชนิดเดียวในปริมาณ 50 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นชิ้นทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยโพลีเอทิลีนมีขนาดใหญ่ขึ้น จะส่งผลให้ชิ้นทดสอบมีค่าการนำความร้อนมากตามไปด้วย จากผลการทดสอบพบว่า เส้นใยโพลีเอทิลีนขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการนำความร้อน 1.9607 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน เส้นใยโพลีเอทิลีนขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการนำความร้อน 1.8555 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน และเส้นใยโพลีเอทิลีนขนาด ≤0.5 มิลลิเมตร จะมีค่าการนำความร้อน 1.7947 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน สังเกตได้ว่าค่าการนำความร้อนของชิ้นทดสอบลดลงตามขนาดของเส้นใยโพลีเอทิลีนที่เล็กลง



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนและขนาดเส้นใยโพลีเอทิลีนในปริมาณ 50 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนและขนาดเส้นใยทางปาล์ม เปรียบเทียบกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนและขนาดเส้นใยใบปาล์มพบว่า เส้นใยใบปาล์มมีค่าการนำความร้อนน้อยกว่าเส้นใยทางปาล์ม ทำให้ขึ้นทดสอบจากเส้นใยใบปาล์มมี แนวโน้มที่จะป้องกันความร้อนได้ดีกว่าขึ้นทดสอบจากเส้นใยทางปาล์ม



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนและขนาดของเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยใบปาล์มในอัตราส่วน 25:25 กรัม

จากกราฟแสดงในรูปที่ 4.12 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนและขนาดของเส้นใยทางปาล์มกับเส้นใยใบปาล์มซึ่งเป็นขึ้นทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มผสมกับเส้นใยใบปาล์มในอัตราส่วน 25:25 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นขึ้นทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มมีขนาดใหญ่ จะส่งผลให้ขึ้นทดสอบมีค่าการนำความร้อนมากตามไปด้วย จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อเส้นใยทางปาล์มมีขนาด 1.0-2.0 มิลลิเมตร ผสมกับเส้นใยใบปาล์มขนาดเล็ก ≤0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าความขึ้นอยู่ที่ 1.9571-1.8904 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน และเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มมีขนาดเล็กถึงเป็น 0.5-1.0 มิลลิเมตร ผสมกับเส้นใยใบปาล์มขนาดเล็ก ≤0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการนำความร้อนอยู่ที่ 1.9155-1.8253 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน และเส้นใยทางปาล์มที่มีขนาดเล็กที่สุด คือ ≤0.5 มิลลิเมตรผสมกับเส้นใยใบปาล์มเล็ก ≤0.5 มิลลิเมตร ขนาดกลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่ 1.0-2.0 มิลลิเมตร จะมีค่าการนำความร้อนอยู่ที่ 1.8869-1.7767 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน จากผลการทดสอบทำให้ทราบว่า ค่าการนำความร้อนจะมีค่าลดลงตามขนาดของเส้นใยที่เล็กลง ดังนั้น จากผลทดสอบค่าการนำความร้อนของขึ้นทดสอบเพื่อ

ศึกษาคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยธรรมชาติทำให้ทราบว่า เส้นใยขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร จะมีแนวโน้มการป้องกันความร้อนได้ดีกว่าเส้นใยขนาด 0.5-1.0 มิลลิเมตร และ 1.0-2.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ เนื่องจาก เส้นใยขนาดเล็กมีอนุภาคเล็กทำให้ชั้นทดสอบมีช่องว่างของอากาศที่น้อย ทำให้ชั้นทดสอบมีค่าความหนาแน่นสูง ส่งผลให้การไหลผ่านของความร้อนทำได้ยาก แต่เส้นใยขนาดใหญ่ที่มีอนุภาคใหญ่ทำให้ชั้นทดสอบมีช่องว่างของอากาศที่มาก ทำให้มีความหนาแน่นน้อย ส่งผลให้การไหลผ่านของความร้อนทำได้ง่ายขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.2 ค่าคุณสมบัติเส้นใยทางไบโपाल์ม และวัสดุชีวมวลอื่น ๆ

ชนิดของเส้นใย	ปริมาณความชื้น (%)	ค่าความหนาแน่น (kg/m ³)	การดูดซึมน้ำ (%)	ค่าการนำความร้อน (W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)	อ้างอิง
เส้นใยทางपाल์ม	1.3	623.28	54.43	1.8057	ผลงานปัจจุบัน
เส้นใยไบโपाल์ม	1.3	622.94	53.30	1.7947	ผลงานปัจจุบัน
เส้นใยทางपाल์มผสมไบโपाल์ม	1.3	623.76	53.53	1.7767	ผลงานปัจจุบัน
เส้นใยผักตบชวา	-	470	98.01	0.0765	[1]
เส้นใยลูกตาล	12.43	146.24	194.27	0.06143	[34]
เส้นใยหญ้าคา	9.53	180.68	91.55	0.051	[37]
กากใบชาเขียว	9	-	150	0.052	[36]
เส้นใยผักตบชวา	26	-	380	0.058	[36]
กากใบชาเขียวผสมเส้นใยผักตบชวา	12.5	402	155	0.056	[36]
เส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด	11.5	1275	-	0.1	[38]

เมื่อนำผลการทดสอบฉนวนกันความร้อนเส้นใยทางไบโपाल์ม เปรียบเทียบกับฉนวนกันความร้อนเส้นใยชีวมวลชนิดอื่น ดังตารางที่ 4.2 พบว่า ฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางपाल์ม เส้นใยไบโपाल์ม และเส้นใยทางपाल์มผสมไบโपाल์ม มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีกว่าเส้นใยชีวมวลชนิดอื่น กล่าวคือ ฉนวนกันความร้อนเส้นใยทางไบโपाल์มมีเปอร์เซ็นต์ปริมาณความชื้น เปอร์เซ็นต์ค่าการดูดซึมน้ำ

น้ำที่น้อย และมีค่าความหนาแน่นที่สูงกว่าฉนวนกันความร้อนเส้นใยชีวมวลชนิดอื่น ซึ่งถือว่าเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีของฉนวนกันความร้อน

คุณสมบัติเชิงความร้อน จากผลทดสอบค่าการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนเส้นใยทางใบปาล์มเปรียบเทียบกับฉนวนกันความร้อนเส้นใยชีวมวลชนิดอื่น พบว่าฉนวนกันความร้อนเส้นใยทางใบปาล์มมีค่าการนำความร้อนที่สูงกว่าฉนวนกันความร้อนเส้นใยชีวมวลชนิดอื่น ดังนั้น ฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางใบปาล์มจึงมีความสามารถต้านทานความร้อนได้น้อยกว่าฉนวนกันความร้อนเส้นใยชีวมวลชนิดอื่น ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มโดยใช้ซีลี้อยและเม็ดพลาสติกโพลีเอทิลีนเป็นตัวประสาน โดยขึ้นรูปฉนวนกันความร้อนที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปัจจัยที่ทำการศึกษา คือ ชนิดของเส้นใย ได้แก่ เส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์ม ที่มีขนาด ≤ 0.5 , 0.5-1.0 และ 1.0-2.0 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า

5.1.1 ค่าความชื้นของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางใบปาล์ม

1. ชนิดของเส้นใยไม่ส่งผลต่อค่าความชื้น จากผลการทดสอบทำให้ทราบว่า เส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มมีค่าความชื้นที่ใกล้เคียงกันมาก

2. ค่าความชื้นขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นใย

1. ขึ้นทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มหรือเส้นใยใบปาล์มเพียงชนิดเดียวในปริมาณ 50 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นขึ้นทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยมีขนาดใหญ่ขึ้น จะส่งผลให้ขึ้นทดสอบมีค่าความชื้นมากตามไปด้วย

2. ขึ้นทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มผสมกับเส้นใยใบปาล์มในอัตราส่วน 25:25 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นขึ้นทดสอบ พบว่าเมื่อขนาดของเส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มมีขนาดใหญ่ จะส่งผลให้ขึ้นทดสอบมีค่าความชื้นมากตามไปด้วย

5.1.2 ค่าความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางใบปาล์ม

1. ชนิดของเส้นใยไม่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่น จากผลการทดสอบทำให้ทราบว่า เส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มมีค่าความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกันมาก

2. ค่าความหนาแน่นขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นใย

1. ขึ้นทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มหรือเส้นใยใบปาล์มเพียงชนิดเดียวในปริมาณ 50 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นขึ้นทดสอบ พบว่าค่าความหนาแน่นของขึ้นทดสอบจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของเส้นใยทางปาล์มที่เล็กลง

2. ขึ้นทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มผสมกับเส้นใยใบปาล์มในอัตราส่วน 25:25 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นขึ้นทดสอบ พบว่าค่าความหนาแน่นของขึ้นทดสอบจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของเส้นใยทางปาล์มที่เล็ก

3. เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของเส้นใยทางปาล์มขนาด ≤ 0.5 , $0.5-1.0$ และ $1.0-2.0$ มิลลิเมตร มีค่าเปอร์เซ็นต์ค่าหนาแน่นลดลงที่น้อยมาก ในกระบวนการเตรียมเส้นใยทางปาล์มจึงไม่จำเป็นต้องลดขนาดของเส้นใย เพื่อลดขั้นตอนการผลิตและประหยัดงบประมาณในการผลิต

5.1.3 ค่าการดูดซึมน้ำของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางใบปาล์ม

1. ชนิดของเส้นใยไม่ส่งผลต่อค่าการดูดซึมน้ำ จากผลการทดสอบทำให้ทราบว่า เส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มมีค่าการดูดซึมน้ำที่ใกล้เคียงกันมาก

2. ค่าการดูดซึมน้ำขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นใย

1. ชั้นทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มหรือเส้นใยใบปาล์มเพียงชนิดเดียวในปริมาณ 50 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นชั้นทดสอบ พบว่าค่าการดูดซึมน้ำของชั้นทดสอบลดลงตามขนาดของเส้นใยทางปาล์มที่เล็กลง

2. ชั้นทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มผสมกับเส้นใยใบปาล์มในอัตราส่วน 25:25 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นชั้นทดสอบ พบว่าค่าการดูดซึมน้ำของชั้นทดสอบลดลงตามขนาดของเส้นใยทางปาล์มที่เล็กลง

5.1.4 ค่าการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยทางใบปาล์ม

1. ชนิดของเส้นใยส่งผลต่อค่าการนำความร้อน จากผลการทดสอบทำให้ทราบว่า เส้นใยใบปาล์มมีค่าการนำความร้อนน้อยกว่าเส้นใยทางปาล์ม ทำให้ชั้นทดสอบจากเส้นใยใบปาล์มมีแนวโน้มที่จะป้องกันความร้อนได้ดีกว่าชั้นทดสอบจากเส้นใยทางปาล์ม

2. ค่าการนำความร้อนขึ้นอยู่กับขนาดของเส้นใย

1. ชั้นทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มหรือเส้นใยใบปาล์มเพียงชนิดเดียวในปริมาณ 50 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นชั้นทดสอบ พบว่าค่าการนำความร้อนของชั้นทดสอบลดลงตามขนาดของเส้นใยใบปาล์มที่เล็กลง

2. ชั้นทดสอบที่ใช้เส้นใยทางปาล์มผสมกับเส้นใยใบปาล์มในอัตราส่วน 25:25 กรัม ในการอัดขึ้นรูปเป็นชั้นทดสอบ พบว่าค่าการนำความร้อนของชั้นทดสอบลดลงตามขนาดของเส้นใยใบปาล์มที่เล็กลง

5.1.5 เงื่อนไขที่แนะนำ

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองทั้งหมดพบว่าอัตราส่วนระหว่างเส้นใยทางปาล์มและเส้นใยใบปาล์มที่เหมาะสมในการทำฉนวนกันความร้อนคือ 25:25 เมื่อเส้นใยทางปาล์มมีขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร และเส้นใยใบปาล์มมีขนาด ≤ 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเงื่อนไขในการทำฉนวนกันความร้อนที่ทำให้มีค่าปริมาณความชื้น 1.3 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหนาแน่น 623.76 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดซึมน้ำ 53.53 เปอร์เซ็นต์ และค่าการนำความร้อน 1.7767 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ฉนวนกันความร้อนควรมีขนาด 30x30x1 มิลลิเมตร เพื่อการส่งตรวจทดสอบค่าต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น
2. ไม่ควรใช้อุณหภูมิการอัดขึ้นรูปที่ต่ำกว่า 240 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ฉนวนกันความร้อนไม่ประสานตัวกัน
3. หากใช้เส้นใยทางไบโพลัมในการขึ้นรูปฉนวนกันความร้อนควรใส่สารป้องกันความชื้นผสมในแผ่นฉนวนกันความร้อนเพื่อลดความชื้นในชิ้นงาน และลดการเกิดเชื้อราที่ฉนวนกันความร้อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Philip S., and R. Rakendu. 2020. Thermal insulation materials based on water hyacinth for application in sustainable buildings. Materials Today: Proceedings 33 (2020) : 3803-3809.
- [2] Rojas C., Cea M., Iriarte A., Valdés G., Navia R., Cárdenas-R JP. 2019. Thermal insulation materials based on agricultural residual wheat straw and corn husk biomass, for application in sustainable buildings. Sustainable Materials and Technologies 17 (2019) : e00102.
- [3] โครงการเพิ่มศักยภาพฐานข้อมูลอุตสาหกรรมฐานชีวภาพ. 2561. เซลลูโลส (Cellulose). [Online]. แหล่งที่เข้าถึง: http://asp.plastics.or.th:8001/files/article_file/20181016080809u.pdf
- [4] เครื่องมือค้นหา และอัปเดตข้อมูลด้านวัสดุ เพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรม. 2019. ฉนวนกันความร้อน (Sound insulation) กับคุณสมบัติที่น่ารู้ก่อนจะนำไปใช้งาน. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง: <https://www.wazzadu.com/article/1367>
- [5] TrisonAsin. 2010. คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนที่ดี. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง: <https://www.rf-foam.com/การเลือกใช้ฉนวนความร้อน>.
- [6] บริษัทเอกลักษณ์แกรนิตและหินอ่อน. 2021. ประโยชน์ของฉนวนกันความร้อน. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง: <https://www.ekhouse.com/17073875/ประโยชน์ของฉนวนกันความร้อน>.
- [7] รศ.ดร.สมชัย อัครทิวา และดร.ขวัญจิต วงษ์ชารี. 2552. เทอร์โมไดนามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์แมคกรอ-ฮิล
- [8] ฐานข้อมูลส่งเสริมและยกระดับคุณภาพสินค้า OTOP. 2021. เส้นใยธรรมชาติ. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง: <http://otop.dss.go.th/index.php/knowledge/interesting-articles/259-natural-fibers>
- [9] RUEDEE RETAIL. 2020. ใยฝ้าย. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง: <https://www.ruedee.com/th/fabric/cotton/>
- [10] RUEDEE RETAIL. 2020. ใยนุ่น. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง: <https://www.ruedee.com/th/fabric/kapok/>
- [11] sacict. 2018. ใยลินิน. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง: <https://www.sacict.or.th/th/detail/2018-09-14-11-35-v-fPU>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] RUEDEE RETAIL. 2020. โยปอ. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://www.ruedee.com/th/fabric/jute/>
- [13] thaiscience. 2014. โยสับประรด. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<http://www.thaiscience.info/journals/Article/SSCJ/10967028.pdf>
- [14] เพื่อพืชเกษตรไทย. 2017. ป่านศรนารายณ์. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://puechkaset.com/ป่านศรนารายณ์/>
- [15] th.hmong.wiki. 2021. เส้นใยมะพร้าว. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://th.hmong.wiki/wiki/Coir>
- [16] terrestrial. 2018. ขนสัตว์. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://goterrestrial.com/2018/06/18/cloth-from-animals/>
- [17] terrestrial. 2018. เส้นใยไหม. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://goterrestrial.com/2018/06/18/cloth-from-animals/>
- [18] วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี. 2010. แร่ใยหิน. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://th.wikipedia.org/wiki/แร่ใยหิน/>
- [19] ซีพีไอ อะโกรเทค. 2017. พืชตระกูลปาล์ม. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<http://www.cpiagrotech.com/knowledge-077/>
- [20] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2018. พันธุ์ปาล์มน้ำมัน. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://www.arda.or.th/kasetinfo/south/palm/controller/01-02.php>
- [21] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2018. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://www.arda.or.th/kasetinfo/south/palm/controller/index.php>
- [22] PLASTICKNIGHTS. 2019. พลาสติก. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://www.knightsplastic.com/content/5868/-พลาสติกคืออะไร/>
- [23] Kasem plastic. 2019. ประเภทพลาสติก. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://bizsoft.co.th/project261/2019/04/27/การเลือกชนิดของพลาสติก/>
- [24] Watanabhand. 2017. เม็ดพลาสติก. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://www.watanabhand.co.th/เม็ดพลาสติก-มีกี่ประเภท/>
- [25] เพื่อพืชเกษตรไทย. 2014. กระจินเทพา. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://puechkaset.com/กระจินเทพา/>
- [26] ENERGY789. 2017. ขี้เลื่อย. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<https://energy789.com/th/articles/90848-sawdust>
- [27] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 1998. ลิกนิน. [Online]. แหล่งที่เข้าถึง:
<http://www2.diw.go.th/research/ลิกนิน-แทนนิน.pdf>

- [28] Rashid K., Ul Haq E., Sajid Kamran M., Munir N., Shahid A., Hanif I. 2019. **Experimental and finite element analysis on thermal conductivity of burnt clay bricks reinforced with fibers.** *Construction and Building Materials* 221 (2019) : 190-199.
- [29] Dang Mao N., Anne-Cécile G., Thi My Hanh D., Quoc Bao B., Woloszyn M. 2018. **Influence of thermo-pressing conditions on insulation materials from bamboo fibers and proteins based bone glue.** *Industrial Crops & Products* 111 (2018) : 834-845.
- [30] Ramlee A., Jawaid M., Zainudin S., Karim Yamani SA. 2019. **Tensile, physical and morphological properties of oil palm empty fruit bunch/sugarcane bagasse fibre reinforced phenolic hybrid composites.** *J MATER RES TECHNOL.* 2019;8(4) : 3466-3474
- [31] Almalkawi Aree T., Soroushian P., Shrestha Som S. 2019. **Evaluation of the Energy-Efficiency of an Aerated Slurry-Infiltrated Mesh Building System with Bioass-Based Insulation.** *Renewable Energy* 133 (2019) : 797-806
- [32] Zou S., Li H., Wang S., Jiang R., Zou J., Zhang X., Liu L., Zhang G. 2020. **Experimental research on an innovative sawdust biomass-based insulation material for buildings.** *Journal of Cleaner Production* 260 (2020) : 121029
- [33] Savic A., Antonijevic D., Jelic I., Zakic D. 2020. **Thermomechanical behavior of bio-fiber composite thermal insulation panels.** *Energy & Buildings* 229 (2020) : 110511
- [34] ศรีณยา รัตนากร. 2558. **การผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยลูกตาล.** ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมอาคาร) สาขาวิชานวัตกรรมอาคาร ภาควิชา นวัตกรรมอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [35] นายติณกร ภูวดิน. 2560. **การศึกษาค่าการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากยางพารา ผสมกับโพลีสไตรีนโฟม.** คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.
- [36] นิกร สุขสวัสดิ์. 2560. **แผ่นฝ้าฉนวนกันความร้อนจากกากใบชาเชื่อมกับเส้นใยผักตบชวา.** สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [37] ศรารุช ทองเขียว. 2560. **การศึกษาคุณสมบัติฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยหญ้าคา.** สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลังบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

- [38] ผกามาศ ชูลิทธิ และนิลमित นิลาศ. 2560. การพัฒนาแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ที่มีความแข็งแรงและเป็นฉนวนป้องกันความร้อนสูงจากเส้นใยกากมะพร้าวและต้นข้าวโพด. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [39] วิโรจน์ ฤทธิทอง, ประชุม คำพุด, ณัฐพงศ์ มกระธัช และสัจจะชาญ พรัดมะลิ. 2560. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นฝ้าเพดานจากเส้นใยปาล์มน้ำมันสำหรับวิสาหกิจชุมชน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [40] RPK Editorial Services, Inc. 2015. *Thermodynamics An Engineering Approach*. Printed in the United States of America. McGraw-Hill Education.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ผลทดสอบค่าปริมาณความชื้นของชิ้นงาน (Moisture content)

condition			result		
PFF particle size (mm)	PLF particle size (mm)	Mix (g/g)	Test 1 (%)	Test 2 (%)	Average (%)
1.0-2.0	-	50:0	2.2	2.2	2.2
0.5-1.0	-	50:0	1.6	1.6	1.6
≤0.5	-	50:0	1.4	1.2	1.3
1.0-2.0	1.0-2.0	25:25	2.2	2.2	2.2
1.0-2.0	0.5-1.0	25:25	2.0	1.8	1.9
1.0-2.0	≤0.5	25:25	1.8	1.8	1.8
0.5-1.0	1.0-2.0	25:25	2.0	1.8	1.9
0.5-1.0	0.5-1.0	25:25	1.6	1.6	1.6
0.5-1.0	≤0.5	25:25	1.4	1.6	1.5
≤0.5	1.0-2.0	25:25	1.8	1.8	1.8
≤0.5	0.5-1.0	25:25	1.6	1.4	1.5
≤0.5	≤0.5	25:25	1.4	1.2	1.3
-	1.0-2.0	0:50	2.2	2	2.1
-	0.5-1.0	0:50	1.6	1.6	1.6
-	≤0.5	0:50	1.4	1.2	1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ผลทดสอบค่าความหนาแน่นของชิ้นงาน (Density)

condition			result		
PFF particle size (mm)	PLF particle size (mm)	Mix (g/g)	Test 1 (%)	Test 2 (%)	Average (%)
1.0-2.0	-	50:0	604.17	602.67	603.42
0.5-1.0	-	50:0	608.75	611.42	610.09
≤0.5	-	50:0	622.63	623.93	623.28
1.0-2.0	1.0-2.0	25:25	600.61	596.82	598.71
1.0-2.0	0.5-1.0	25:25	611.01	605.64	608.32
1.0-2.0	≤0.5	25:25	613.26	616.96	615.11
0.5-1.0	1.0-2.0	25:25	609.37	600.93	605.15
0.5-1.0	0.5-1.0	25:25	607.81	612.05	609.93
0.5-1.0	≤0.5	25:25	614.15	617.44	615.79
≤0.5	1.0-2.0	25:25	613.26	608.48	610.87
≤0.5	0.5-1.0	25:25	617.09	614.63	615.86
≤0.5	≤0.5	25:25	623.32	624.21	623.76
-	1.0-2.0	0:50	604.38	604.17	604.27
-	0.5-1.0	0:50	615.11	609.37	612.24
-	≤0.5	0:50	621.95	623.93	622.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ผลทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงาน (Water absorption)

Condition			result		
PFF particle size (mm)	PLF particle size (mm)	Mix (g/g)	Test 1 (%)	Test 2 (%)	Average (%)
1.0-2.0	-	50:0	75.35	76.56	75.96
0.5-1.0	-	50:0	62.59	64.78	63.69
≤0.5	-	50:0	54.44	54.41	54.43
1.0-2.0	1.0-2.0	25:25	73.56	74.87	74.22
1.0-2.0	0.5-1.0	25:25	70.39	70.51	70.45
1.0-2.0	≤0.5	25:25	66.15	68.39	67.27
0.5-1.0	1.0-2.0	25:25	73.07	71.57	72.32
0.5-1.0	0.5-1.0	25:25	63.94	62.93	63.44
0.5-1.0	≤0.5	25:25	59.58	60.14	59.86
≤0.5	1.0-2.0	25:25	66.19	65.92	66.05
≤0.5	0.5-1.0	25:25	58.96	59.54	59.25
≤0.5	≤0.5	25:25	54.38	52.68	53.53
-	1.0-2.0	0:50	69.81	71.28	70.54
-	0.5-1.0	0:50	64.78	62.93	63.86
-	≤0.5	0:50	54.38	52.21	53.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.4 ผลทดสอบค่าการนำความร้อนของชิ้นงาน (Water absorption)

condition			result		
PFF particle size (mm)	PLF particle size (mm)	Mix (g/g)	Test 1 ($W.m^{-1}.K^{-1}$)	Test 2 ($W.m^{-1}.K^{-1}$)	Average ($W.m^{-1}.K^{-1}$)
1.0-2.0	-	50:0	1.9817	1.9795	1.9806
0.5-1.0	-	50:0	1.8586	1.8614	1.8600
≤0.5	-	50:0	1.8004	1.8110	1.8057
1.0-2.0	1.0-2.0	25:25	1.9533	1.9609	1.9571
1.0-2.0	0.5-1.0	25:25	1.9160	1.9195	1.9178
1.0-2.0	≤0.5	25:25	1.8900	1.8907	1.8904
0.5-1.0	1.0-2.0	25:25	1.9131	1.9178	1.9155
0.5-1.0	0.5-1.0	25:25	1.8543	1.8545	1.8544
0.5-1.0	≤0.5	25:25	1.8259	1.8247	1.8253
≤0.5	1.0-2.0	25:25	1.8863	1.8874	1.8869
≤0.5	0.5-1.0	25:25	1.8279	1.8279	1.8279
≤0.5	≤0.5	25:25	1.7768	1.7765	1.7767
-	1.0-2.0	0:50	1.9573	1.9640	1.9607
-	0.5-1.0	0:50	1.8544	1.8566	1.8555
-	≤0.5	0:50	1.7942	1.7952	1.7947

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นายนันท์นภัส ห่องกระจก
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2541
 ภูมิลำเนา จังหวัดลพบุรี
 ที่อยู่ 279 หมู่ที่ 7 ตำบลนิคมสร้างตนเอง
 อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนพิบูลวิทยาลัย จังหวัดลพบุรี
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมพลังงาน) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- เข้าร่วมโครงการศึกษาดูงานโรงงานอุตสาหกรรมโรงหล่อไบจักร ณ หจก.ระนองอุตสาหกรรมหล่อเหล็ก และไบจักร จังหวัด ระนอง
- 2020 For participating in 'Design camp' Startup oriented

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาววรสา ชูแพทย์
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 24 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542
 ภูมิลำเนา จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
 ที่อยู่ 117/1 หมู่ที่ 9 ตำบลบางสะพาน อำเภอบาง
 สะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนบางสะพานวิทยา จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมพลังงาน) ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- เข้าร่วมโครงการศึกษาดูงานโรงงานอุตสาหกรรมโรงหล่อใบจักร ณ หจก.ระนองอุตสาหกรรมหล่อเหล็ก และใบจักร จังหวัด ระนอง
- 2019 “Energy Literacy for a Sustainable Future” STEA Class 4
- 2020 For participating in ‘Design camp’ Startup oriented

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้