อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

สัญญาเลขที่ R2558C044

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1.ผศ.ดร.สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์	คณะวิทยาศาสตร์
2.ดร.ทนงศักดิ์ โนไชยา	คณะวิทยาศาสตร์

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 19 ส.ค. 2559
เลขทะเบียน
เลขเรียกหนังสือ 3 TH
1745
ส239ร
2559

สนับสนุนโดย

งบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีงบประมาณ 2558

สารบัญ

			หน้า
บทที่ 1	**บทนำ**		1
	1.1	**ที่มาและความสำคัญ**	1
	1.2	วัตถุประสงค์	2
	1.3	ขอบเขตการวิจัย	2
	1.4	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	1.5	นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2		**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	3
	2.1	ฉนวน	3
	2.2	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใย	5
	2.3	ทฤษฎีข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผักตบชวา	8
	2.4	ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำยาง	10
	2.5	ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	11
	2.6	**ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน (Heat Transfer)**	12
	2.7	**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	14
บทที่ 3		**วิธีการทดลอง**	17
	3.1	**อุปกรณ์และสารเคมี**	18
	3.2	**การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ**	23

สารบัญ(ต่อ)

			หน้า
	3.3	ขั้นตอนการวิเคราะห์	27
		3.3.1 การหาค่าความหนาแน่น	27
		3.3.2 การหาค่าความร้อน	28
		3.3.3 การหาการถ่ายเทความร้อน	28
		3.3.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำ	29
		3.3.5 การทดสอบการพองตัว	30
บทที่ 4		**ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล**	32
	4.1	ผลการทดสอบ	32
		4.1.1 ลักษณะของเส้นใยผักตบชวา	32
		4.1.2 ค่าการนำความร้อน	33
		4.1.3 ค่าความหนาแน่น	35
		4.1.4 ปริมาณความชื้น	36
		4.1.5 การดูดซึมน้ำ	37
		4.1.6 การพองตัว	39
บทที่ 5		**บทสรุป**	41
		ข้อเสนอแนะ	42
		บรรณานุกรม	43
		ภาคผนวก	46
		ภาคผนวก ก.ตารางเก็บข้อมูล	47

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข. รายงานการฝึกอบรม	53
ภาคผนวก ข.1 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	54
ภาคผนวก ข.2 หนังสือรับรองการนำงานวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์	55
ภาคผนวก ข.3 แบบสอบถามสำหรับผู้เข้ารับบริการ	58
ภาคผนวก ข.4 รูปภาพผู้เข้าร่วมการประชุม	64

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ	10
2	การถ่ายโอนความร้อนแบบต่าง ๆ	12
3	การถ่ายเทความร้อยโดยการนำ	13
4	ขั้นตอนในการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ	17
5	Data Logger	18
6	เครื่องชั่งดิจิตอล	18
7	ไมโครมิเตอร์	19
8	โวลต์มิเตอร์	19
9	คีบแอมป์	19
10	Stirrer แม่เหล็ก	20
11	หม้อสแตนเลส	20
12	บีกเกอร์	20
13	โถดูดความชื้น	21
14	เทอร์โมมิเตอร์	21
15	บล็อกเหล็ก	21
16	ตู้อบความชื้น	22
17	เครื่องอัดฉนวน	22
18	ผักตบชวาแห้งที่ความชื้น 10 %db	23
19	เส้นใยผักตบชวา	23

20	การต้มผักตบชวากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	24
21	สภาพเส้นใยผักตบชวาหลังการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	24
22	น้ำยางธรรมชาติ	25
23	การปั่นไล่แอมโมเนียด้วยเครื่อง Magnetic Stirrer และสารเคมี	25
24	การผสมน้ำยางกับเส้นใยผักตบชวา	26
25	การอัดฉนวน	26
26	ตำแหน่งการวัดความกว้าง ความยาวและความหนาแน่นของแผ่นฉนวน	27
27	การวัดความหนาแน่น	27
28	แผนผังการวัดค่าการนำความร้อน	29
29	การทดสอบการดูดซึมน้ำ	30
30	การทดสอบการพองตัว	31
31	ลักษณะเส้นใยผักตบชวาเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	32
32	ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อค่าการนำความร้อนของฉนวน	34
33	ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อค่าความหนาแน่นของฉนวน	35
34	ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อปริมาณความชื้นภายในฉนวน	36
35	ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อการดูดซึมน้ำภายในฉนวนที่ 2 ชั่วโมง	38
36	ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อการดูดซึมน้ำภายในฉนวนที่ 24 ชั่วโมง	38
37	ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อการพองตัวภายในฉนวนที่ 2 ชั่วโมง	40
38	ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อการพองตัวภายในฉนวนที่ 24 ชั่วโมง	40

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ค่าความสามารถในการนำความร้อนของสารบางชนิด	4
2	องค์ประกอบทางเคมีของไม้ใบกว้างและไม้ใบแคบ	6
3	สมบัติที่เหมือนกันของเซลลูโลสธรรมชาติ	7
4	คุณสมบัติทางกายภาพและกลศาสตร์ของเส้นใยผักตบชวา	9
5	องค์ประกอบของผักตบชวาแห้ง	9
6	อัตราส่วนปริมาณเส้นใยผักตบชวาต่อน้ำยางธรรมชาติและอุณหภูมิการอัด	26
7	ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ	33
8	ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ	35
9	ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ	36
10	ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ	37
11	ผลการทดสอบการพองตัวของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ	39

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสภาพอากาศที่ค่อนข้างร้อนตลอดทั้งปี [1] จากข้อมูลสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย 2557 [2] พบว่าประเทศไทยมีการใช้พลังงานในปี 2557 มีปริมาณ 75,804 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ สัดส่วนการใช้พลังงานสำหรับบ้านอยู่อาศัยมีปริมาณการใช้พลังงานร้อยละ 14.8 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด ซึ่งปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าดังกล่าวส่วนใหญ่จะมาจากการใช้ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning System) ทำให้มีความต้องการใช้ฉนวนความร้อนทดแทนการใช้เครื่องปรับอากาศในที่อยู่อาศัยและอุปกรณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น หลังคาบ้านซึ่งกำลังเป็นที่นิยม ภาชนะเก็บความร้อน เป็นต้น ซึ่งฉนวนที่เรานำมาใช้บางส่วนมีการนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง เช่น ฉนวนเส้นใยแก้ว ถ้ามีราคาถูกจะเป็นจำพวกโฟม ฉนวนที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์จะถูกกำจัดได้ยากและอาจส่งผลต่อสภาพแวดล้อม สำหรับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ดังนั้นปริมาณเศษวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตรจำนวนมาก[3] ซึ่งบางส่วนถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น ทำปุ๋ย ทำถ่าน และอื่นๆ แต่ยังคงเหลืออีกจำนวนมากไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เพื่อก่อให้เกิดการนำวัสดุไปใช้ประโยชน์ในหลายๆด้าน ควรมีการนำวัสดุมาแปรสภาพในรูปแบบต่างๆ[4] เพื่อช่วยลดปัญหาทางสภาพแวดล้อม วัสดุทางการเกษตรส่วนมากประกอบด้วยสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน โดยเฉพาะเซลลูโลสมีปริมาณร้อยละ 60-80 ของสารประกอบทั้งหมด จึงมีความเหมาะสมในการนำมาผลิตฉนวนความร้อนได้ [5]

ผักตบชวา (water hyacinth) ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ Eichhorniacrassipes เป็นพืชน้ำล้มลุกมีลำต้นสั้นแตกใบเป็นกอลอยไปตามน้ำถ้าแหล่งน้ำตื้นก็จะหยั่งรากลงดินและสามารถพบเห็นได้ทั่วไปในแม่น้ำลำคลอง และผักตบชวามีการแพร่พันธุ์กระจายตัวอย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำในประเทศไทย ก่อให้เกิดปัญหากับแหล่งน้ำต่างๆ เช่นด้านชลประทาน ผักตบชวาเกิดขึ้นอย่างหนาแน่นทำให้ลดอัตราการไหลของน้ำ ขัดขวางการระบายน้ำของประตูน้ำ ทำให้เกิดการตื้นเขินของแหล่งน้ำ ด้านการเกษตรผักตบชวาจะแย่งธาตุอาหารและน้ำรุกล้ำพื้นที่การเกษตร และเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ศัตรูพืช ถ้าผักตบชวาคลุมผิวน้ำมากกว่า 20% จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงส่งผลกระทบต่อสัตว์ บดบังแสงแดดทำให้พืชน้ำ พวกสาหร่ายและแพลงก์ตอนลดลง ด้านการคมนาคมผักตบชวาเป็นอุปสรรคสำคัญที่กีดขวางสัญจรทางน้ำตามคลองแม่น้ำต่างๆ โดยมีการพยายามนำผักตบชวามาใช้งานให้เกิดประโยชน์ เช่น ทำเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นสินค้าส่งออกพวกกระเป๋า หมวก ตะกร้า หรือ นำมาทำเป็นปุ๋ยหมัก นำมาทำเป็นที่เพาะเห็ด และนำไปทำไม้อัด ทำเฟอร์นิเจอร์ และกระดาษ เป็นต้น [6]

ปัจจุบันราคายางธรรมชาติมีความผันผวนสูงขึ้นมากอย่างไม่เคยมีมาก่อนและไม่มีผู้ใดที่จะยืนยันได้ว่าราคายางจะไม่ลดลงอย่างในอดีตและอีกประการหนึ่ง เมื่อราคายางธรรมชาติสูงขึ้นมากและมากกว่ายางสังเคราะห์ชนิดที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน ยิ่งต้องมีความจำเป็นในการค้นคว้าวิจัยให้มี

เทคโนโลยีของการผลิตและการใช้ยางธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพและดีเหนือยางสังเคราะห์ที่เป็นคู่แข่ง [7]

สำหรับงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการใช้ประโยชน์จากวัชพืช (ผักตบชวา)และน้ำยางธรรมชาติเพื่อพัฒนาฉนวนกันความร้อนประสิทธิภาพสูง ซึ่งนอกจากจะมีราคาต้นทุนที่ถูกลงเมื่อเทียบกับฉนวนที่มีขายตามท้องตลาดแล้ว ยังเป็นเทคโนโลยีที่ง่ายสามารถผลิตเองได้อีกด้วย อีกทั้งเป็นการช่วยส่งเสริมการใช้ฉนวนกันความร้อนจากสิ่งเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร

1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตฉนวนกันความร้อนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1.2.2 เพื่อผลิตและทดสอบคุณสมบัติการกันความร้อนของฉนวนจากผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

1.2.3 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเส้นใยผักตบชวากับน้ำยางธรรมชาติและหาประสิทธิภาพของเส้นใยผักตบชวา

1.3. ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 เตรียมเส้นใยผักตบชวาแห้งที่ต้มกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 % ผสมกับน้ำยางธรรมชาติ ในอัตราส่วน โดยน้ำหนัก (กรัม) 50:130; 50:150; 50:170 และ 70:130; 70:150; 70:170 และอัดด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

1.3.2 ทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางความร้อนของแผ่นฉนวนจากเส้นใยผักตบชวา

- ทดสอบการถ่ายเทความร้อน
- การหาความหนาแน่น
- การหาค่าปริมาณความชื้น
- การทดสอบการดูดซึมน้ำ
- การทดสอบการพองตัว

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบถึงคุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนที่ได้จากผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

1.4.2 ทราบถึงกรรมวิธีการผลิตแผ่นฉนวนกันความร้อนจากผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ: ฉนวนความร้อน ฉนวนจากเส้นใยธรรมชาติ ฉนวนจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฉนวน [8]

ฉนวนกันความร้อนโดยทั่วไปหมายถึง วัตถุหรือวัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ง่าย ฉนวนกันความร้อนที่ดีจะทำหน้าที่ต้านทานหรือป้องกันมิให้พลังงานความร้อนส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้สะดวก ฉนวนกันความร้อนจึงมีความสำคัญ ที่จะทำให้การใช้งานสิ่งก่อสร้างนั้นๆ มีความสามารถลดความร้อนและคงความเย็นซึ่งมีผลทำให้สามารถลดขนาดของเครื่องทำความเย็นลงได้ ผลที่ตามมาคือการลดค่าใช้จ่ายโดยรวม นอกจากนี้ฉนวนกันความร้อน ยังสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในสภาวะ ไม่ให้เปลี่ยนแปลงไปมากจึงทำให้ผู้อยู่อาศัย ในอาคารมีความสะดวกสบายขึ้น ทำให้อุณหภูมิในห้องลดลงจากข้างนอกมากกว่า 20 องศาเซลเซียส (ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมอื่นๆด้วย) อาจไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศ แต่หากใช้ก็ทำให้ห้องเย็นลงอย่างรวดเร็ว ลดการสูญเสียพลังงาน สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้มากกว่า 50

2.1.1 ประเภทของฉนวนกันความร้อน สามารถแบ่งออกตามการใช้งานได้ ดังนี้

- ฉนวนใยแก้ว (Microfiber)

ประกอบด้วยเส้นใยไฟเบอร์เล็ก ๆ มีประสิทธิภาพทนความร้อนสูง จึงสามารถช่วยลดปริมาณความร้อนที่จะผ่านเข้าสู่ตัวอาคารได้มาก นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติกันเสียงรบกวนได้ จึงช่วยให้ไม่รบกวนในยามฝนตก รวมถึงป้องกันความชื้นสูง มีความยืดหยุ่นได้ดีเมื่อถูกกดทับจะสามารถคืนตัวได้เร็ว มีน้ำหนักเบา ทนทาน ไม่เสื่อมสภาพ และป้องกันแมลงหรือเชื้อราได้ ราคาเริ่มต้นตั้งแต่ ม้วนละ 1,500 บาทขึ้นไป ตามขนาดและคุณสมบัติ

- แผ่นสะท้อนความร้อน (Heat Reflective Sheet)

เป็นฉนวนที่มีอะลูมิเนียมฟอยล์บริสุทธิ์สำหรับสะท้อนความร้อนติดอยู่ทั้ง 2 ด้าน ซึ่งสามารถสะท้อนความร้อนได้ถึง 97% สามารถป้องกันความร้อนทะลุผ่านเข้ามาในบ้านได้ มีความสวยงาม แข็งแรงทนทาน และมีอายุการใช้งานยาวนาน รวมถึงไม่มีสารพิษด้วย ราคาเริ่มต้น ม้วนละ 1,000 บาทขึ้นไป ตามขนาดและคุณสมบัติ

- อะลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Foil)

เป็นแผ่นเคลือบอะลูมิเนียมที่ถูกทำให้หนาขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนและรังสียูวี มีความเหนียวคงทนไม่ขาดง่าย ราคาประหยัด ใช้คู่กับอะลูมิเนียมฟอยล์เทปในการติดตั้ง ราคาเริ่มต้น ม้วนละ 1,000 บาท ตามขนาดและคุณสมบัติ

- โฟมโพลีเอทิลีน (Polyethylene)

มีลักษณะเป็นแผ่นเหนียวนุ่ม มีแผ่นฟอยล์บาง ๆ หุ้มเคลือบผิวอยู่อีกชั้น คุณสมบัติต้านความร้อน น้ำหนักเบา เหนียว และทนต่อแรงกระแทกได้ดี อีกทั้งยังทนต่อการกัดกร่อน จึง

เหมาะสมกับการใช้ในโรงงานเคมีที่มีไอระเหยของกรด เพื่อช่วยปกป้องหลังคาไม่ให้เกิดเสียหายจากการกัดกร่อน

- โฟมโพลียูริเทน (Polyurethane)

โฟมชนิดนี้เรียกกันสั้น ๆ ว่า โฟม PU เป็นเทคโนโลยีการฉีดโฟมเพื่อป้องกันความร้อน โดยมีคุณสมบัติป้องกันน้ำและความชื้นได้ เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมที่มีปัญหาเรื่องระบายความร้อน แต่ข้อเสียคือมีจุดหลอมเหลวต่ำ หากโดนอุณหภูมิร้อนจัดอาจทำให้เปลี่ยนสภาพได้ ราคาเริ่มต้น ประมาณ 300 บาทขึ้นไปต่อตารางเมตร

ตารางที่ 1 ค่าความสามารถในการนำความร้อนของสารบางชนิด [9]

Material Thermal	Conductivity (W/m.K)	Relative Conductivity
Copper	0.92	4842
Stee	0.11	579
Lead	0.80	421
Fiber Glass	0.03-0.04	23.4
Concrete	0.0022	11.6
Brick	0.0015	7.9
Cement	0.0007	3.7
Wood	0.0003	1.6

2.1.2 สมบัติของฉนวนความร้อน

1. ป้องกันความร้อน ความเย็น ลดความร้อนภายในอาคารได้อย่างมาก ป้องกันไม่ให้รังสีความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ทำให้ภายในอาคารเย็นลงอย่างเห็นได้ชัด กรณีภายในติดตั้งเครื่องปรับอากาศจะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานไม่หนักเกินไป

2. ป้องกันการรั่วซึม (Water Leaking) ฉนวนกันความร้อนมีคุณสมบัติอย่างหนึ่ง คือ ช่วยป้องกันการรั่วซึมจากน้ำทั้งน้ำฝนและน้ำประปารวมถึงป้องการไอน้ำและความชื้นจากไอน้ำซึมผ่าน

3. ลดเสียงดังกั้นเสียง (Noise Inhibiting) คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนอีกประการหนึ่ง คือ ลดเสียงดังจากภายนอกอาคารได้ในระดับหนึ่ง

4. ทนกรด ทนด่าง (Acid & Base Resistant)

5. การทนไฟ และไม่ลามไฟ (Fire Retardant)

6. ไม่มีสารพิษเจือปน (Non Toxic / Irritant)

7. ป้องกันแมลง มด หนู เข้ามาอยู่อาศัย

8. น้ำหนักเบา และแข็งแรง (Light Weight & Strength)

9. ควบคุมการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ (Condensation Control)

1.2 เส้นใยสังเคราะห์ (Synthetic of Man-made Fiber) เกิดขึ้นจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่มนุษย์นำมาผลิตเส้นใยเส้นใยที่ได้มีทั้งที่ทาจากวัตถุดิบพวกสารอินทรีย์และอนินทรีย์ เส้นใยในกลุ่มนี้มีมากมายและใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบันเช่นเส้นใยเรยอนไนลอน

2. แหล่งกำเนิดเส้นใย

2.1 ไม้ยืนต้น (Wood) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.1.1 ไม้ใบแคบ (Softwood) เป็นไม้จำพวกจีโนสเปิร์ม (Gymnosperm) มีใบเป็นรูปเข็มไม่ผลัดใบเช่นสนในประเทศไทยมี 2 ชนิดคือสนสองใบและสนสามใบเส้นใยมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 3 มิลลิเมตรเยื่อที่ได้จากไม้ใบแคบเรียกว่า เยื่อใยยาว และการเรียกชื่อทางการค้าที่ใช้เยื่อสำหรับทำกระดาษมักมีอักษร "N" (Needle) นำหน้า เช่น เยื่อกระดาษดราฟท์ฟอกเข็ม (Needle Bleached Kraft Pulp) เพื่อระบุว่าเป็นเยื่อใยยาว

2.1.2 ไม้ใบกว้าง (Hardwood) โดยทั่วไปมีใบกว้างยกเว้นไม้ยางบางชนิด เช่น สนทะเล และสนประดิพัทธ์ ในเขตอบอุ่นไม้พวกนี้จะผลัดใบ เส้นใยของไม้ใบกว้างมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 1 - 2 mm การเรียกชื่อทางการค้าที่ใช้เยื่อสำหรับทำกระดาษมักมีอักษร "L" เลเวล (Leaved) นำหน้า เช่น เยื่อกระดาษดราฟท์ฟอกรีเวล (Leaved Bleached Kraft Pulp) เพื่อบ่งชี้ว่าเป็นเยื่อไม้ใบกว้าง

2.1.3 พวกที่ไม่ใช่ไม้ยืนต้น (Non-Wood) เส้นใยที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้จากส่วนที่เหลือทิ้งจากเกษตร เช่น ฟางข้าว และชานอ้อย พืชตระกูลหญ้า เช่น ไม้ไผ่ และหญ้าขจรจบ พืชเส้นใยต่างๆ (Crop Fibers) เช่น เส้นใยที่จากส่วนเปลือก และต้น เช่น ปอกระเจา ปอแก้ว และปอกระสา เป็นต้น เส้นใยที่ได้จากส่วนของใบ (Leaf Fiber) เช่น สับประรด และป่านศรนารายณ์ เป็นต้น เส้นใยที่ได้จากเมล็ด (Seed Fiber) เช่น ฝ้าย

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของไม้ใบกว้างและไม้ใบแคบ [9]

องค์ประกอบทางเคมี หน่วย : ร้อยละ	ไม้ใบแคบ (Softwood)	ไม้ใบกว้าง (Hardwood)
เซลลูโลส	~45	~43
เฮมิเซลลูโลส	15 - 20	15 - 30
ลิกนิน	24 - 32	17 - 25
สารแทรก	~34	~20

2.2.2 ส่วนประกอบของเส้นใยเซลลูโลสธรรมชาติ [11]

1. เซลลูโลส (Cellulose)

เป็นโพลิเมอร์ของ β-Glucose ต่อกันด้วยพันธะ β(1-4) ที่มีสูตร $(C_6H_{10}O_5)n$ เป็นโครงสร้างในเนื้อเยื่อพืชโดยจะพบอยู่ร่วมกับลิกนิน, เพนโตเซน, กัม, แทนนิน, ไขมันและสารทำให้เกิดสีเซลลูโลสจะมีโมเลกุลยาวและแข็งการย่อยเซลลูโลสจะได้ Cellobiose และสุดท้ายจะได้กลูโคสโดยเอ็นไซม์ β-Glycosidase จำนวนกลูโคสที่มาต่อกัน (Degree of Polymerization (Dp)) จะมีค่าแตกต่างกันและสามารถมีค่า Dp สูงถึง 10,000 หน่วยและมีน้ำหนักโมเลกุล 1,620,000 สำหรับ Dp เซลลูโลสของเส้นใยกกก้านธูปลูกโซ่โมเลกุลยาวของกลูโคสที่กล่าวมาสามารถทำการตรวจวิเคราะห์ได้โดยดูจากค่าของน้ำหนักโมเลกุลในกรณีของฝ้ายมีค่าตั้งแต่ 100,000 จนถึง 1 - 2 ล้านของลินินป่านปออาจมีน้ำหนักโมเลกุลสูงถึง 6 ล้านเส้นใยเรยอนที่เป็นเส้นใยประดิษฐ์อยู่ในช่วง 20,000 - 230,000 หรือเยื่อกระดาษมีน้ำหนักโมเลกุลเพียงประมาณ 4,000 เท่านั้นน้ำหนักโมเลกุลนี้โดยทั่วไปคำนวณในลักษณะของค่าเฉลี่ยจากหน่วยย่อยที่เป็นกลูโคสแล้วคูณด้วยจำนวนหน่วยย่อยที่ซ้ำกันทำให้เขียนสูตรทางเคมีทั่วไปของเซลลูโลสได้เป็น $(C_6H_{10}O_5)n$ โดย n คือค่าระดับขั้นของการเกิดพอลิเมอร์ค่า n ยิ่งมากน้ำหนักโมเลกุลยิ่งสูงถึงแม้เส้นใยเซลลูโลสมีอยู่หลายชนิดก็ตามแต่เนื่องจากทุกชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีในหน่วยย่อยที่เหมือนกันดังนั้นจึงทำให้สมบัติของเส้นใยกลุ่มนี้มีความคล้ายกันส่งผลสะท้อนไปยังสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญต่อผู้ใช้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติที่เหมือนกันของเซลลูโลสธรรมชาติ [10]

สมบัติ	ความสำคัญต่อผู้ใช้
การดูดซึมความชื้นดี	ใส่สบายเหมาะกับการทาเป็นผ้าเช็ดตัวผ้าอ้อม
การนำความร้อนได้ดี	ทำให้ผู้ใส่เย็นสบายในหน้าร้อน
ความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิสูง	ต้มผ้าในหม้ออบได้เพื่อการทาความสะอาดฆ่าเชื้อโรครีดผ้าด้วยความร้อนสูงได้
การคืนตัวจากแรงอัดต่ำ	ผ้ายับง่าย
เส้นใยสามารถเกาะกันแน่นในขณะปั่นด้าย	สามารถทอเป็นผ้าที่มีโครงสร้างแน่นถี่กันลมตี
เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี	ไม่สะสมประจุไฟฟ้า
ความหนาแน่นสูง (1.5+,1.5-)	ผ้าทอมีน้ำหนักดีเทียบกับที่ทอด้วยเส้นใยอื่นๆ
ถูกทำลายได้ด้วยกรดจำพวกกรดแร่ (Mineral Acid)แต่มีผลเล็กน้อยเนื่องจากกรดอินทรีย์	รอยเปื้อนจากผลไม้จะต้องรีบกาจัดทิ้งทันทีก่อนที่จะติดผ้านานจนล้างไม่ออก
ทนต่อแมลง	ง่ายต่อการเก็บรักษา
ถูกทาลายด้วยรา	ผ้าสกปรกควรจะระวังอย่าให้ชื้น
จุดติดไฟ	เส้นใยเซลลูโลสติดไฟได้รวดเร็ว

2. เฮมิเซลลูโลสและเพนโตแซน

เฮมิเซลลูโลสเป็นส่วนของพืชที่สามารถละลายในสารละลายโซดาไฟ 17.5% ที่อุณหภูมิต่ำซึ่งจะต่างจากเซลลูโลสจะประกอบด้วยหน่วยน้ำตาลเพนโตสมากกว่ากลูโคสและมีค่า Dp ต่ำกว่าประมาณ 40 หน่วยไม่ละลายน้ำส่วนเพนโตเซนเป็นรูปหนึ่งของเฮมิเซลลูโลสและสามารถละลายน้ำได้เฮมิเซลลูโลสและเพนโตแซนส่วนมากจะเป็นHeterpoly saccharides ซึ่งประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลที่แตกต่างกัน 2 - 4 ชนิดส่วนมากจะเป็นน้ำตาลโซโลสดรามิโนสและกรดยูโรนิคถ้านำเพนโตเซนมาทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริคเดือดจะได้เป็นเฟอร์ฟิวร์ (Furfural)

3. ลิกนิน

เป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมักพบอยู่ร่วมกับเซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลสมีสูตรโมเลกุล($C_{49}H_{52}O_{14}$) โครงสร้างจะประกอบด้วยวงแหวนเบนซีนที่มีหมู่ฟีนอลที่มีการเติมหมู่เมธิลลินินสามารถทอเป็นผ้าโครงสร้างต่างๆได้หลากหลายทนต่อแรงดึงได้ดีมีน้ำหนักเบามีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้ดีและแห้งได้เร็วกว่าผ้าฝ้ายทำให้สวมได้ดีมีน้ำหนักเบามีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้ดีและแห้งได้เร็วกว่าผ้าฝ้ายทำให้สวมใส่สบายและไม่เกิดขุยย้อมสีได้ดีแม้จะไม่ดีเท่าฝ้ายก็ตามผ้าลินินสามารถซักได้ทุกชนิดทั้งซักเปียกและซักแห้งขึ้นกับชนิดของสีย้อมการตกแต่งสำเร็จและการออกแบบโครงสร้างผ้าสามารถทนทานต่อความร้อนได้สูงทนต่ออุณหภูมิของเตารีดถึงระดับ 232 - 260 °C และเนื่องจากยับง่ายผ้าลินินจึงค่อนข้างมีปัญหาในการรีดที่ต้องใช้อุณหภูมิ 30 °C

4.สารแทรก (Extractives)

หมายถึงส่วนประกอบในไม้หรือพืชที่สามารถละลายได้ในตัวทาละลายอินทรีย์ (Organic Solvent) เช่นอะซิโตนแอลกอฮอล์ไดคลอโรมีเทนและคลอโรฟอร์มเป็นต้น [11]

2.3 ทฤษฎีข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับผักตบชวา [12]

ต้นผักตบชวา จัดเป็นพรรณไม้น้ำที่มีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ ได้มีการนำเข้ามาปลูกครั้งแรกไว้ที่วังสระปทุมในกรุงเทพมหานครเมื่อปี พ.ศ.2444 แต่จากการขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วและเกิดน้ำท่วมจึงทำให้ผักตบชวาหลุดรอดออกมา และเกิดการแพร่กระจายไปทั่ว จนกลายเป็นวัชพืชน้ำที่รุนแรง โดยผักตบชวานั้นจัดเป็นพืชน้ำล้มลุกมีอายุหลายฤดู มีลำต้นสั้นแตกใบเป็นกอลอยไปตามน้ำ มีไหล ซึ่งเกิดตามซอกใบแล้วเจริญเป็นต้นอ่อนที่ปลายไหล ลำต้นมีลักษณะอวบน้ำ ผิวลำต้นเรียบเป็นสีเขียวอ่อนและเข้ม ลำต้นจะมีขนาดสั้นหรือยาวจะขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของแม่น้ำ ก้านใบจะพองออกตรงช่องกลาง ภายในมีลักษณะเป็นรูพรุน จึงช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ ลำต้นสั้น มีความสูงได้ประมาณ 3-90 เซนติเมตร รากจะแตกออจากลำต้นบริเวณข้อ รากมักมีสีม่วงดำ ซึ่งลำต้นลอยอยู่บนผิวน้ำบางต้นอาจจะขึ้นอยู่ตามโคลนในที่น้ำตื้น สามารถขึ้นบนบกก็ได้ มีความทนทานต่อความแห้ง

แล้งได้ดี แต่จะไม่ทนน้ำเค็ม ผักตบชวาเป็นพืชที่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว โดยการแยกกอหรือใช้ไหล พบได้ทั่วไปตามริมน้ำ

2.3.1 คุณสมบัติของเส้นใยผักตบชวา

โครงสร้างลำต้นผักตบชวาส่วนใหญ่มีความพรุนคล้ายฟองน้ำ ดังนั้นผักตบชวาจึงมีความสามารถในการดูดความชื้นในอากาศได้ดีและดูดซึมน้ำได้สูง (ดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางกายภาพและกลศาสตร์ของเส้นใยผักตบชวา [12]

ลักษณะ	ค่าเฉลี่ย
เส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	0.80-1.20
ความถ่วงจำเพาะ	0.428
ปริมาณความชื้น (%)	8.44
การดูดซึมน้ำ (%)	38.8

2.3.2 องค์ประกอบของผักตบชวา

ผักตบชวาประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และแร่ธาตุต่างๆแสดงดังตารางที่ 5

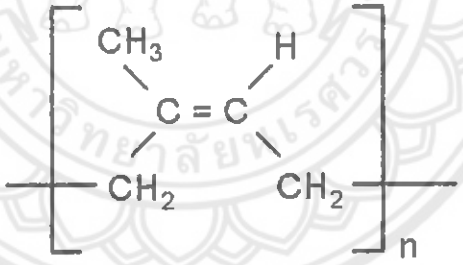
ตารางที่ 5 องค์ประกอบของผักตบชวาแห้ง [12]

องค์ประกอบ	สัดส่วนเปอร์เซ็นต์
ลิกนิน	12-13
เซลลูโลส	43-44
เพนโตแซน	14-15
ไนโตรเจน	2.8-3.5
โซเดียม	1.5-2.5
โปแตสเซียม	2.0-3.5
แคลเซียม	0.6-1.3

2.4 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำยาง [13]

ยางธรรมชาติส่วนมากเป็นยางที่ได้มาจากต้นยาง HeveaBrazilliensis ซึ่งมีต้นกำเนิดจากลุ่มแม่น้ำ อเมซอนในทวีปอเมริกาใต้ น้ำยางสดที่กรีดได้จากต้นยางมีลักษณะสีขาวข้นและมีเนื้อยางแห้ง (dry rubber) ประมาณ 30 % แขวนลอยอยู่ในน้ำ ถ้านำน้ำยางที่ได้นี้ไปผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยง (centrifuge) จนกระทั่งได้น้ำยางที่มีปริมาณยางแห้งเพิ่มขึ้นเป็น 60 % เรียกว่า น้ำยางข้น (concentrated latex) การเติมสารแอมโมเนียลงไปจะช่วยรักษาสภาพของน้ำยางข้นให้เก็บไว้ได้นาน

ยางธรรมชาติมีชื่อทางเคมี คือ cis-1,4-polyisoprene กล่าวคือ มี isoprene (C_5H_8) โดยที่ n มีค่าตั้งแต่ 15,000 -20,000 เนื่องจากส่วนประกอบของยางธรรมชาติเป็นไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีขั้ว ดังนั้นยางจึงละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น เบนซีน เฮกเซน เป็นต้น โดยทั่วไปยางธรรมชาติมีโครงสร้างการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแบบอสัณฐาน (amorphous) แต่ในบางสภาวะโมเลกุลของยางสามารถจัดเรียงตัวค่อนข้างเป็นระเบียบที่อุณหภูมิต่ำหรือเมื่อถูกยืด มันจึงสามารถเกิดผลึก (crystallize) ได้การเกิดผลึกเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (low temperature crystallization) จะทำให้ยางแข็งมากขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ยางก็จะอ่อนลงและกลับสู่สภาพเดิม ในขณะที่การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัว (strain induced crystallization) ทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลดี นั่นคือยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง (tensile strength) ความทนทานต่อการฉีกขาด (tear resistance)และความทนทานต่อการขัดสี (abrasion resistance) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 : สูตรโครงสร้างยางธรรมชาติ

ที่มา:http://www.electron.rmutphysics.com/sciencenews/index.php?option=com_content&task=view&id=141

ลักษณะเด่นอีกอย่างของยางธรรมชาติคือ ความยืดหยุ่น (elasticity) ยางธรรมชาติมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อแรงภายนอกที่มากระทำกับมันหมดไป ยางก็จะกลับคืนสู่รูปร่างและขนาดเดิม (หรือใกล้เคียง) อย่างรวดเร็ว ยางธรรมชาติยังมีสมบัติดีเยี่ยมด้านการเหนียวติดกัน (tack) ซึ่งเป็นสมบัติสำคัญของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยการประกอบ (assemble) ชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น ยางรถยนต์ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ยางดิบตามลำพังจะมีขีดจำกัดในการใช้งาน เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลต่ำ และลักษณะทางกายภาพจะไม่เสถียรขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงแปลงอุณหภูมิมาก กล่าวคือยางจะอ่อน

เย็นและเหนียวเหนอะหนะเมื่อร้อน แต่จะแข็งเปราะเมื่ออุณหภูมิต่ำ ด้วยเหตุนี้การใช้ประโยชน์จากยางจำเป็นต้องมีการผสมยางกับสารเคมีต่างๆ เช่น กำมะถัน ผงเขม่าดำ และสารตัวเร่งต่างๆ เป็นต้น หลังจากการบดผสม ยางผสมหรือยางคอมพาวด์ (rubber compound) ที่ได้จะถูกนำไปขึ้นรูปในแม่พิมพ์ภายใต้ความร้อนและความดัน กระบวนการนี้เรียกว่าวัลคาไนเซชั่น (vulcanization) ยางที่ผ่านการขึ้นรูปนี้ เราเรียกว่า " ยางสุกหรือยางคงรูป " (vulcanizate) ซึ่งสมบัติของยางคงรูปที่ได้นี้จะเสถียร ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิมากนัก และมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น ยางธรรมชาติถูกนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางต่างๆ มากมาย เนื่องจาก ยางธรรมชาติมีสมบัติดีเยี่ยมในด้านการทนต่อแรงดึง (tensile strength) แม้ไม่ได้เติมสารเสริมแรงและมีความยืดหยุ่นสูงมากจึงเหมาะที่จะใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ยางรัดของ เป็นต้น

ยางธรรมชาติมีสมบัติเชิงพลวัต (dynamic properties) ที่ดี มีความยืดหยุ่น (elasticity) สูง ในขณะที่มีความร้อนภายใน (heat build-up) ที่เกิดขณะใช้งานต่ำ และมีสมบัติการเหนียวติดกัน (tack) ที่ดี จึงเหมาะสำหรับการผลิตยางรถบรรทุก ยางล้อเครื่องบิน หรือใช้ผสมกับยางสังเคราะห์ในการผลิตยางรถยนต์ เป็นต้น ยางธรรมชาติมีความต้านทานต่อการฉีกขาด (tear resistance) สูง ทั้งที่อุณหภูมิต่ำและอุณหภูมิสูง จึงเหมาะ สำหรับการผลิตยางกระเป๋าน้ำร้อน เพราะในการแกะชิ้นงานออกจากเบ้าในระหว่างกระบวนการผลิตจะต้องดึงชิ้นงานออกจากเบ้าพิมพ์ในขณะที่ร้อน ยางที่ใช้จึงต้องมีค่าความต้านทานต่อการฉีกขาดขณะร้อนสูง

2.5 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) [14]

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) บางครั้งเรียกกันว่า สารเคมีผงมัน หรือ โซดาแผดเผา ลักษณะสารเคมีเป็นของแข็งสีขาว ไม่มีกลิ่น มีฤทธิ์เป็นด่าง ยิ่งเข้มข้นมากยิ่งมีฤทธิ์มาก ร้อน และสามารถกัดผิวหนังให้เปื่อยยุ่ยได้ในระยะเวลาเพียงแค่เสี้ยววินาที ส่วนในรูปสารละลายมักพบความเข้มข้น 50% ละลายน้ำได้ดีและเกิดความร้อนสูง มีควันหรือละอองสาร เมื่อถูกความชื้นจะละลายได้ง่ายมวลอะตอมเท่ากับ 39.9971 กรัม/โมล ความหนาแน่น 2.1 กรัม/ลบ.ซม. มีจุดหลอมเหลวที่ 318 องศาเซลเซียสและจุดเดือดที่ 1,390 องศาเซลเซียส ความสามารถในการละลายน้ำ 111 กรัม/100 มล. ที่ 20 องศาเซลเซียส

2.5.1 การผลิตโซเดียมไฮดรอกไซด์

- การผลิตจากสารละลาย NaCl หรือเกลือแกงด้วยหลักการอิเล็กโทรไลซิสของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ ได้แก่ เมมเบรนเซลล์ (Membrane cell) และไดอะแฟรม เซลล์ (Diaphragm cell) โดยการนำเกลือมาแยกด้วยกระแสไฟฟ้ากระแสตรงทำให้เกิดก๊าซคลอรีน และโซเดียมไอออน จากนั้นโซเดียมไอออนจะทำปฏิกิริยากับน้ำในเซลล์จนเกิดโซเดียมไฮดรอกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคลอรีน ดังสมการ

$$2NaCl + H_2O + 2e^- = H_2 + 2NaOH + Cl_2$$

- การผลิตจากปูนขาวด้วยการละลายโซดา ($NaCO_3$) ในน้ำปูนขาว ($Ca(OH)_2$) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทำให้ได้โซเดียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมคาร์บอเนต ดังสมการ

$$NaCO_3 + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3$$

โดยโซเดียมไฮดรอกไซด์จะระเหยตัวออก และไหลเข้าสู่ท่อเหล็กเย็นเพื่อกลั่น ซึ่งจะมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 92%

- การผลิตจากสารประกอบเฟอร์ไรท์ สารประกอบเฟอร์ไรท์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตคือ $NaO.FeO_3$ จากการเตรียมด้วยสารประกอบเฟอร์ไรท์กับผงโซดาที่อุณหภูมิ 1100 ถึง 1200 องศาเซลเซียส และเข้าสู่กระบวนการชะด้วยน้ำจนได้โซเดียมไฮดรอกไซด์ และตะกอนสารประกอบเฟอร์ไรท์ ดังสมการ

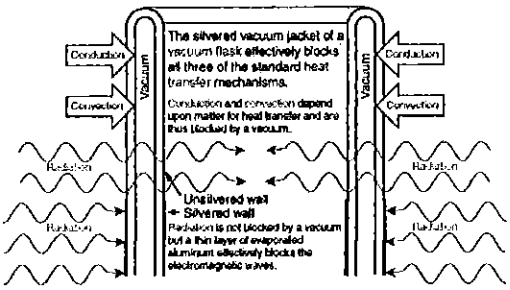
$$NaO.FeO_3 + H_2O = 2NaOH + FeO_3$$

2.5.2 **ประโยชน์โซเดียมไฮดรอกไซด์**

- เป็นสารตั้งต้นในการผลิตโซดาไฟเหลว
- ใช้สำหรับอุตสาหกรรมผลิตสบู่ ด้วยการทำปฏิกิริยากับไขมันเปลี่ยนเป็นสบู่
- ใช้สำหรับขจัดคราบสกปรก
- ใช้สำหรับปรับสภาพความเป็นกรดของน้ำให้เป็นด่าง โดยเฉพาะในระบบบำบัดน้ำเสียที่ต้องปรับความเป็นกรด-ด่างของน้ำ
- ใช้สำหรับการตกตะกอนของแร่ธาตุหรือโลหะหนักในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย
- ใช้ฟื้นสภาพของเรซินของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ
- ใช้ในกระบวนการฟอกย้อมไหม โดยเฉพาะขั้นตอนการลอกกาวไหมที่ต้องต้มละลายกาวไหมด้วยโซเดียมไฮดรอก

2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อน (Heat Transfer)[15]

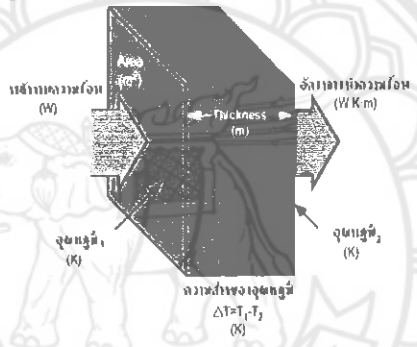
ความร้อนจะถ่ายโอนหรือส่งผ่านจากวัตถุที่ระดับความร้อนสูง (อุณหภูมิสูง) ไปสู่วัตถุที่มีระดับความร้อนต่ำ (อุณหภูมิต่ำ) การถ่ายโอนความร้อนมี 3 แบบ คือดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2การถ่ายโอนความร้อนแบบต่าง ๆ

ที่มา: http://www.sa.ac.th/winyoo/thermo_gas/Thermal/thermal.htm

2.6.1 การนำความร้อน (heat conduction) คือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง ๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ การนำความร้อนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นบนชั้นอะตอมของอนุภาค เป็นหนึ่งในกระบวนการถ่ายเทความร้อน ในโลหะ การนำความร้อนเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ(คล้ายการนำไฟฟ้า)ในของเหลวและของแข็งที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำเป็นผลมาจากการสั่นของโมเลกุลข้างเคียง ในก๊าซ การนำความร้อนเกิดขึ้นผ่านการสั่นสะเทือนระหว่างโมเลกุลหรือกล่าวคือการนำความร้อนเป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อนผ่าน โดยตรงจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งโดยการสัมผัสกัน เช่น การเอามือไปจับกาน้ำร้อน จะทำให้ความร้อนจากกาน้ำถ่ายเทไปยังมือ จึงทำให้รู้สึกร้อน เป็นต้น วัสดุใดจะนำความร้อนดีหรือไม่ดี ขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การถ่ายเทความร้อยโดยการนำ

ที่มา : http://www.siamstainless.com/?p=1038

ซึ่งมีสมการในการคำนวณหาค่าการนำความร้อน ดังต่อไปนี้

$$Q = \frac{KA(T_{HOT} - T_{COLD})}{L}$$

เมื่อ Q = อัตราการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนมีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

A = พื้นที่ผิววัสดุมีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

T_{HOT} = อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุด้านร้อนมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสหรือ เคลวิล

T_{COLD} = อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุด้านเย็นมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสหรือเคลวิล

L = ความหนาของวัสดุมีหน่วยเป็นเมตร (m)

k = ค่าการนำความร้อนของวัสดุมีหน่วยเป็นวัตต์/เมตร.เคลวิล (W/m.K)

2.6.2 การพา เป็นการถ่ายโอนความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของตัวกลางเป็นตัวพาความร้อนไปจากบริเวณที่ระดับความร้อนสูง (อุณหภูมิสูง) ไปสู่บริเวณที่มีระดับความร้อนต่ำ (อุณหภูมิต่ำ) เช่นเวลาต้มน้ำ ความร้อนจากเตาทำให้น้ำที่ก้นภาชนะร้อนจะขยายตัวทำให้มีความหนาแน่นน้อย

กว่าน้ำด้านบนจึงลอยตัวสูงขึ้นส่วนน้ำด้านบนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและความหนาแน่นมากก็จะจมลงมาแทนที่การหมุนวนของน้ำทำให้เกิดการพาความร้อน

2.6.3 การแผ่รังสี เป็นการส่งพลังงานความร้อนที่อยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (รังสีอินฟราเรด) ดังนั้นจึงไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่นการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังโลก โดยทั่วไปวัตถุที่แผ่รังสีได้ดีก็จะรับ (ดูดกลืน) รังสีได้ดีด้วย วัตถุชนิดนั้นเราเรียกว่าวัตถุดำ (Black Body) วัตถุดำไม่มีในธรรมชาติ มีแต่ในอุดมคติ ดังนั้นวัตถุที่มีลักษณะใกล้เคียงวัตถุดำคือ วัตถุที่มีสีดำ ในทางกลับกันวัตถุขาวจะไม่ดูดกลืนรังสีและ ไม่แผ่รังสีที่ตกกระทบ มีแต่ในอุดมคติเท่านั้น [14]

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทนงบุญมีมาพาสุข [16] ได้ทำการศึกษาเพื่อนำเอาผักตบชวาซึ่งเป็นวัชพืชที่เป็นปัญหาด้านชลประทานมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในการผลิตแผ่นฉนวนความร้อนหน่วงไฟโดยผลค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนที่ผลิตได้จะถูกเปรียบเทียบกับค่าการนำความร้อนของฉนวนใยแก้วส่วนการวัดผลคุณสมบัติการลามไฟจะถูกเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASTM D 635-98 การวิจัยพบว่าการนำเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติมาทำเป็นแผ่นฉนวนความร้อนหน่วงไฟได้นั้นจะต้องเตรียมเส้นใยผักตบชวาแห้งด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 15% โดยน้ำหนักแล้วนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลายบอแรกซ์ที่ความเข้มข้น 10% โดยน้ำหนักส่วนน้ำยางธรรมชาติต้องนำไปเจือจางแล้วไปทำปฏิกิริยากับสารละลายซิงค์บอเรทเข้มข้น 40% โดยน้ำหนักจากนั้นจะได้เส้นใยผักตบชวาหน่วงไฟและน้ำยางหน่วงไฟแล้วนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนความร้อนหน่วงไฟด้วยการพ่นฝอยที่อัตราส่วนเส้นใยและน้ำยางที่ 1 ต่อ 3 โดยน้ำหนักผลการวิจัยพบว่าความหนาแน่นของแผ่นฉนวนแปรผันตรงกับคุณสมบัติการนำความร้อนแต่แปรผกผันกับอัตราการลามไฟของแผ่นฉนวนที่ความหนาแน่นของแผ่นฉนวนที่ 195.48 kg/m^{3}จะให้อัตราการลามไฟที่น้อยที่สุด (ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 635-98) เฉลี่ยเท่ากับ 2.03058 mm/min ส่วนการนำความร้อน (ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C177-97) จะได้ 0.052 W/mKซึ่งมากกว่าของแผ่นฉนวนใยแก้วอยู่เท่ากับ 0.012 W/mK

เมทินี ขัดสี [10] ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการผลิตสมบัติการนำความร้อนของฉนวนความร้อนจากเส้นใยกกก้านธูปและน้ำยางธรรมชาติ โดยการนำเส้นใยกกก้านธูปผ่านกระบวนการพ่นเคลือบประสานด้วยน้ำยางธรรมชาติ แล้วทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวนความร้อนขนาดกว้าง 20 cm ยาว 20 cm และหนา 1.5 cm ทดสอบการนำความร้อนของฉนวนที่ผลิตได้ตามมาตรฐาน ASTM ผลการทดลองพบว่า ค่าการนำความร้อนของเส้นใยกกก้านธูป และน้ำยางธรรมชาติสามารถแสดงความเป็นฉนวนความร้อนได้ดี โดยฉนวนความร้อนที่ผลิตได้มีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 0.029 W/m-Kความหนาแน่น 232 kg/m^{3}ซึ่งใกล้เคียงกับฉนวนความร้อนที่ผลิตเชิงพาณิชย์ ดังนั้นผล

จากงานวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้อย่างยิ่งในการนำเส้นใยกกก้านธูป และน้ำยางธรรมชาติมาผลิตเป็นฉนวนความร้อนเพื่อทดแทนฉนวนความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์

ทรงเกียรติ สวนแก้ว [11] งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการผลิต และสมบัติทางความร้อนของฉนวนความร้อนจากเส้นใยสับปะรดกับน้ำยางธรรมชาติแล้วทำการขึ้นรูปเป็นฉนวนความร้อนขนาดกว้าง 20 cm ยาว 20 cm และหนา 1.5 cm มีความหนาแน่น 178 - 232 kg/m^3 ค่าการนำความร้อนของฉนวนที่ผลิตได้มีค่า 0.0223 - 0.0257 W/m-K ตามมาตรฐาน ASTM C177 - 97 ซึ่งใกล้เคียงกับฉนวนความร้อนที่ผลิตเชิงพาณิชย์ ผลการศึกษาเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยจากสับปะรด และน้ำยางธรรมชาติมาผลิตเป็นฉนวนความร้อนเพื่อทดแทนฉนวนความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์

สมเจตน์ พัชรพันธ์ และคณะ [17] งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการผลิตและสมบัติทางความร้อนของฉนวนความร้อนจากเส้นในหญ้าแฝกและน้ำยางธรรมชาติ โดยการนำเส้นใยหญ้าแฝกสายพันธุ์ราชบุรีผ่านกระบวนการพ่นเคลือบประสานเส้นใยด้วยน้ำยางธรรมชาติ แล้วทำการขึ้นรูปเป็นฉนวนความร้อนขนาดกว้าง 20 cm ยาว 20 cm และหนา 1.5 cm มีความหนาแน่น 180 kg/m^3 ค่าการนำความร้อนของฉนวนที่ผลิตได้มีค่า 0.0564 W/m-K ซึ่งใกล้เคียงกับฉนวนความร้อนที่ผลิตเชิงพาณิชย์ ผลการศึกษาพบว่า มีความเป็นไปได้อย่างยิ่งในการนำเส้นในหญ้าแฝกและน้ำยางธรรมชาติผลิตเป็นฉนวนความร้อนเพื่อทดแทนฉนวนความร้อนที่ผลิตจากเส้นในสังเคราะห์

Tanunchai และคณะ [19] ได้เปรียบเทียบคุณสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรระหว่างฉนวนที่ผลิตจากซังข้าวโพดกับฉนวนที่ผลิตจากต้นมันสำปะหลัง ในระดับความหนาแน่นที่ต่างกัน เพื่อหาความหนาแน่นที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนได้ดีที่สุด ซึ่งพบว่าฉนวนที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าฉนวนชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นมาก โดยฉนวนต้นมันสำปะหลังและ ซังข้าวโพด ที่ความหนาแน่น 200 กก./ลบ.ม หนา 10 มม. จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.059 และ 0.063 วัตต์/เมตร เคลวิน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามฉนวนที่ผลิตได้ยังต้องได้รับการพัฒนาในเรื่องการป้องกันแมลง การควบคุมการผลิต รวมไปถึงการพัฒนาจากการศึกษาวิจัยไปสู่การใช้งานจริง

Boudjemaa และคณะ [20] ได้วิจัยคุณสมบัติทางกายภาพเชิงความร้อน เคมีและ ไดอิเล็กทริกของ ไม้อินทผลัม (date palm) 3 ชนิด เพื่อนำเส้นใยไปใช้ในการผลิตฉนวนกันความร้อนสำหรับงานอาคารและได้ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy-SEM) และ เครื่องธาตุและสารประกอบ (Energy dispersive spectroscopy-EDS) เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาคและ องค์ประกอบทางเคมีของชิ้นงาน รวมถึงได้ใช้วิธีการเป็นระยะ (Periodic method) เพื่อทดสอบหาค่าการนำความร้อน จากผลการศึกษา พบว่า พื้นที่ผิวของชิ้นงานไม่

สม่ำเสมอเนื่องจากเส้นใย สิ่งเจือปน เซลล์และ รูขุมขน และผลกระทบของทิศทางของเส้นใยมีนัยสำคัญต่อค่าความนำสนามไฟฟ้าสัมพันธ์ (relative permittivity) เมื่อถูกเปรียบเทียบกับค่าการนำความร้อนของไม้อินทผลัม

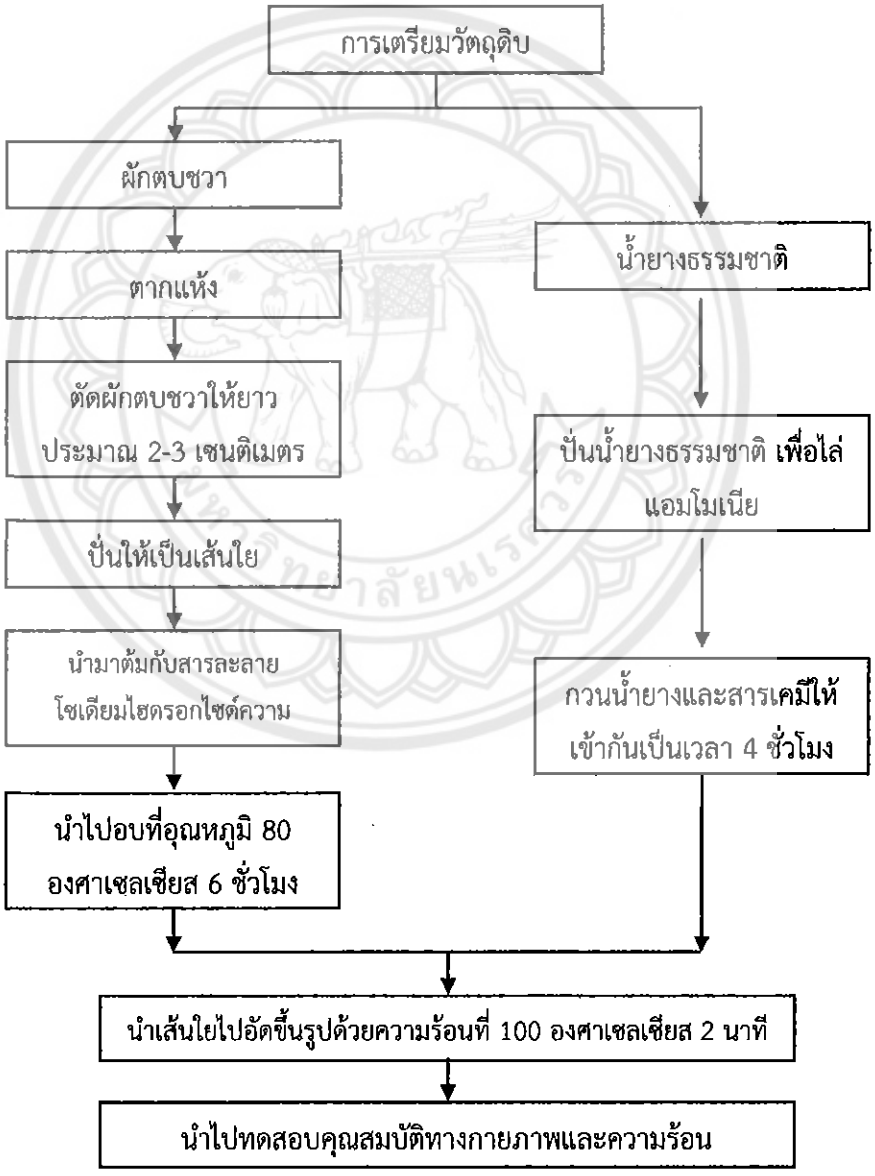
Xiao-yan และคณะ [21] ได้พัฒนาแผ่นใยไม้อัด (Fiberboard) กันความร้อนจากเส้นใยก้านฝ้ายโดยไม่ใช้ตัวประสาน แต่ใช้การอัดขึ้นรูปด้วยความร้อนที่ความถี่สูง และได้ศึกษาผลกระทบของความหนาแน่นของแผ่น ปริมาณความชื้นของเส้นใย และเวลาในการอัดขึ้นรูปต่อค่าการนำความร้อน และ คุณสมบัติเชิงกลของแผ่นใยไม้อัด ผลการศึกษา พบว่า แผ่นใยไม้อัดที่ความหนาแน่น 150 – 450 kg/m^3 มีค่าการนำความร้อนอยู่ในช่วง 0.0585 – 0.0815 W/m K และพบว่า ค่าการนำความร้อนมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความหนาแน่นของแผ่นใยไม้อัดมาก

บทที่ 3
วิธีการทดลอง

การศึกษากระบวนการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติในการศึกษานี้มีขั้นตอนในการทำการวิจัยดังต่อไปนี้ คือ

1. การเตรียมวัตถุดิบ อุปกรณ์และสารเคมี
2. การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ
3. การตรวจสอบสมบัติของฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

ซึ่งขั้นตอนในการผลิตฉนวนความร้อนสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ขั้นตอนในการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 ผักตบชวา

3.1.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์

3.1.3 น้ำยางธรรมชาติ

3.1.4 ส่วนประกอบของสารเคมีที่เติมลงในน้ำยางธรรมชาติ มีดังนี้

- ซัลเฟอร์	2.4 กรัม
- เทอร์ริก A16	1.2 กรัม
- น้ำยางธรรมชาติ	105 กรัม

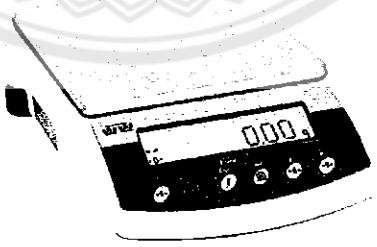
3.1.5 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่

1. Data Logger

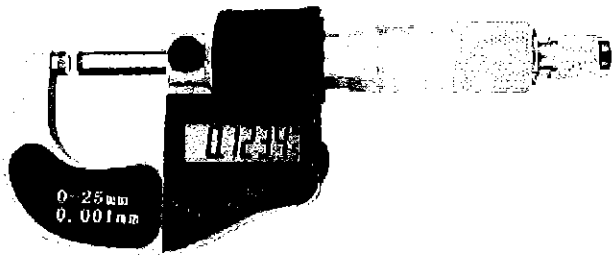
ภาพที่ 5 Data Logger

2. เครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง



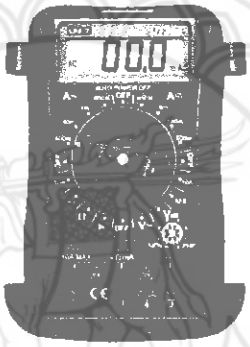
ภาพที่ 6 เครื่องชั่งดิจิตอล

3. ไมโครมิเตอร์ดิจิตอล



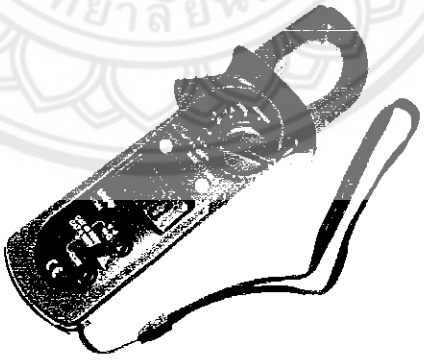
ภาพที่ 7 ไมโครมิเตอร์

4. โวลต์มิเตอร์ดิจิตอล



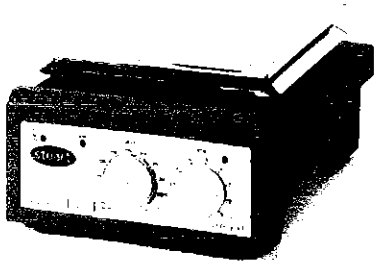
ภาพที่ 8 โวลต์มิเตอร์

5. คีบแอมป์



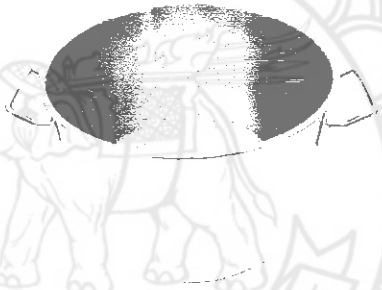
ภาพที่ 9 คีบแอมป์

6. เครื่องกวนสาร-ชนิดแม่เหล็กเครื่องกวนให้ความร้อน



ภาพที่ 10 Stirrer แม่เหล็ก

7. หม้อสแตนเลส

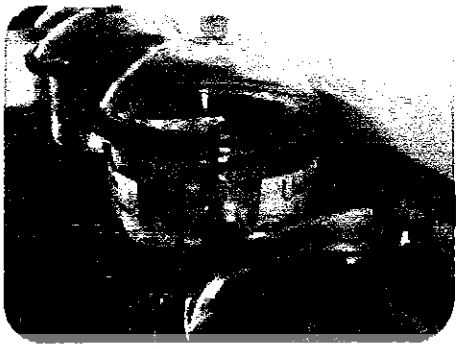


ภาพที่ 11 หม้อสแตนเลส

8. บีกเกอร์ขนาด 1,800 มิลลิตร

ภาพที่ 12 บีกเกอร์

9. โถดูดความชื้น (desiccator)

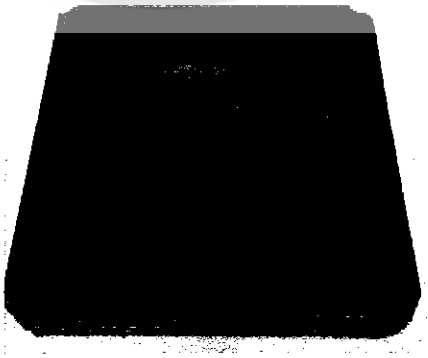


ภาพที่ 13 โถดูดความชื้น

10. เทอร์โมมิเตอร์ช่วงวัดอุณหภูมิ 0 – 100 องศาเซลเซียส ค่าความถูกต้อง ±1 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 14 เทอร์โมมิเตอร์

11. บล็อกฉนวนขนาด 10*10*1 เซนติเมตร

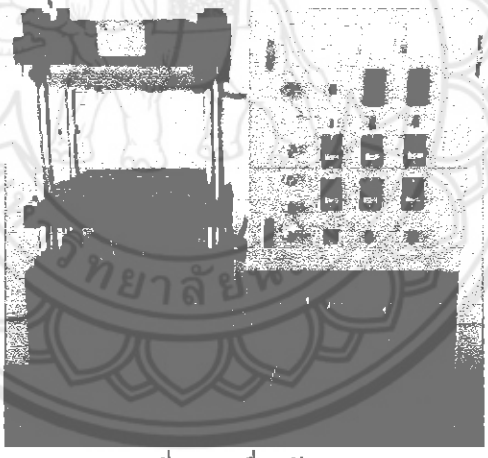


ภาพที่ 15 บล็อกเหล็ก

12. ตู้อบความชื้น

ภาพที่ 16 ตู้อบความชื้น

13. เครื่องอัดฉนวนรุ่นGVR 06



ภาพที่ 17 เครื่องอัดฉนวน

3.2 การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

ขั้นตอนในการผลิตฉนวนความร้อน มีอยู่ 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใย

- นำลำต้นผักตบชวาสดไปล้างและตากแห้งให้เหลือความชื้นประมาณ 10%db จากนั้นนำมาตัดให้มีความยาวประมาณ 3 เซนติเมตร

ภาพที่ 18 ผักตบชวาแห้งที่ความชื้น 10 %db

- นำลำต้นผักตบชวาที่เตรียมไว้มาปั่นให้เป็นฝอยหรือดังแสดงในภาพ

ภาพที่ 19 เส้นใยผักตบชวา

i 7016479

สำนักหอสมุด

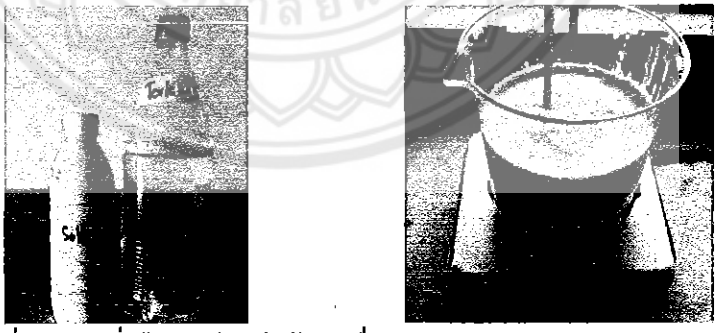
19 ส.ค. 2559

3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมน้ำยางธรรมชาติ

- เทน้ำยางเข้มข้นลงในภาชนะบรรจุแล้วทำการกวนที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เพื่อไล่แอมโมเนียให้ระเหยออกไปจนหมด โดยความเร็วรอบในการกวนประมาณ 50-60 รอบต่อนาทีจะได้น้ำยางธรรมชาติ

ภาพที่ 22 น้ำยางธรรมชาติ

- จากนั้นเติมซัลเฟอร์ในปริมาณ 2.4 กรัมและเทอร์ริก A16 ในปริมาณ 1.2 กรัมต่อน้ำยางธรรมชาติปริมาณ 167 กรัม ตามลำดับ ทำการปั่นกวนน้ำยางธรรมชาติเป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อให้สารเคมีกระจายในน้ำยางได้อย่างทั่วถึง เพื่อช่วยให้น้ำยางธรรมชาติมีคุณสมบัติแห้งตัวเร็วและช่วยให้น้ำยางธรรมชาติยึดจับกับเส้นใยได้ดี



ภาพที่ 23 การปั่นไล่แอมโมเนียด้วยเครื่อง Magnetic Stirrer และสารเคมี

- นำเส้นใยผักตบชวาที่ได้จากการปั่นมาต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น (NaOH) 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เวลา 20 นาทีที่อุณหภูมิในการต้ม 100 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 20 การต้มผักตบชวากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

- จากนั้นนำเส้นใยไปล้างด้วยน้ำจนสะอาดแล้วจึงนำเส้นใยไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6ชั่วโมงจากขั้นตอนนี้ ได้นำชิ้นเส้นใยไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อดูลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเส้นใยที่ได้

(a) (b) (c)

ภาพที่ 21 สภาพเส้นใยผักตบชวาหลังการต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น (a) 5%, (b) 10%, (c) 15%แล้วมาตากแห้ง

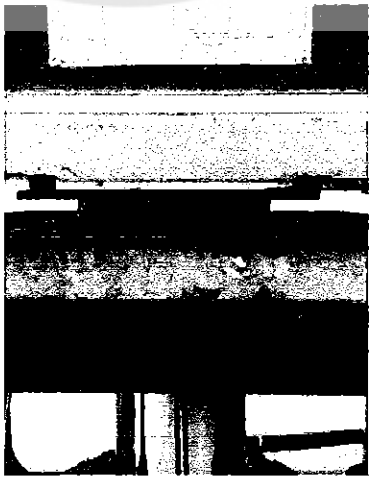
3.2.3 การขึ้นรูปแผ่นฉนวน

เมื่อได้เส้นใยและน้ำยางที่เตรียมไว้แล้ว นำเส้นใยและน้ำยางมาผสมในอัตราส่วน โดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 6 และอัดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงดังภาพที่ 24 และ 25

ตารางที่ 6 อัตราส่วนปริมาณเส้นใยผักตบชวาต่อน้ำยางธรรมชาติและอุณหภูมิการอัด

ปริมาณของเส้นใย(g)	อุณหภูมิในการอัด(°C)	ปริมาณน้ำยางธรรมชาติ(g)
		130
50	100	150
		170
		130
70	100	150
		170

ภาพที่ 24 การผสมน้ำยางกับเส้นใยผักตบชวา



ภาพที่ 25 การอัดฉนวน

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

3.3.1 การหาค่าความหนาแน่น โดยอ้างอิงมาตรฐาน มอก.876-2547

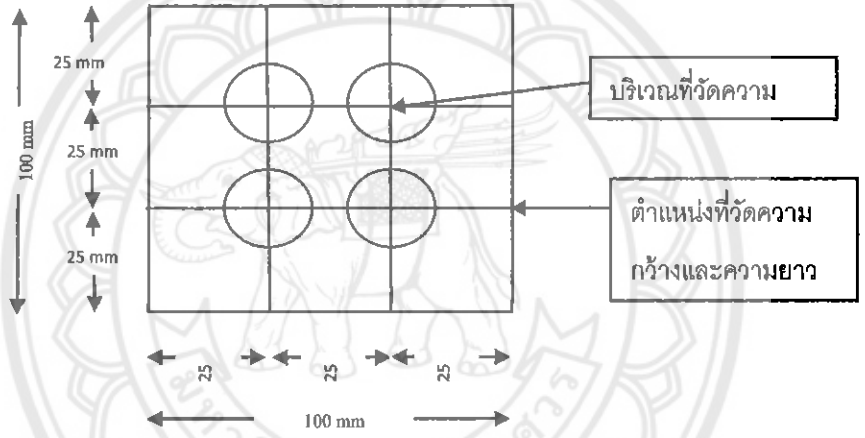
- นำชิ้นงานขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร โดยใช้ไมโครมิเตอร์ที่มีความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร วัดบริเวณกึ่งกลางของฉนวนทั้ง 4 ด้าน ให้ลึกเข้าไปด้านละ 2.5 เซนติเมตร ตามภาพที่ 17 จากนั้นนำชิ้นงานไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาค่าความหนาแน่นดังสมการที่ 3.1

$$\rho = \frac{m}{v} \qquad (3.1)$$

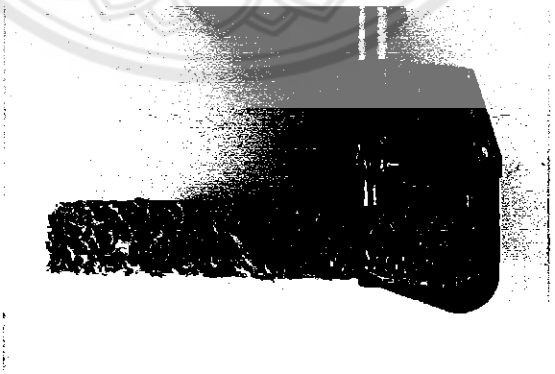
เมื่อ ρ = ความหนาแน่นของชิ้นงาน(Kg/m^3)

m = น้ำหนักของชิ้นงาน (kg)

v = ปริมาตรของชิ้นงาน (m^3)



ภาพที่ 26 ตำแหน่งการวัดความกว้าง ความยาวและความหนาแน่นของแผ่นฉนวน



ภาพที่ 27 การวัดความหนาแน่น

3.3.2 การหาค่าความชื้น โดยอ้างอิงมาตรฐาน มอก.867-2554 [6]

- ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบมีขนาดความกว้าง 100 มิลลิเมตร ความยาว 100 มิลลิเมตร ชั่งชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลความละเอียด 2 ตำแหน่ง เป็นมวลก่อนอบ
- นำชิ้นงานไปอบในตู้อบความชื้น ที่อุณหภูมิ 103±2 องศาเซลเซียส ให้มีน้ำหนักคงที่
- แล้วนำชิ้นงานมาชั่งเป็นมวลหลังอบแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณ ดังสมการ 3.2

$$MC = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \qquad (3.2)$$

เมื่อ MC = ปริมาณความชื้นในชิ้นงาน (%)

m_1 = น้ำหนักก่อนอบ (g)

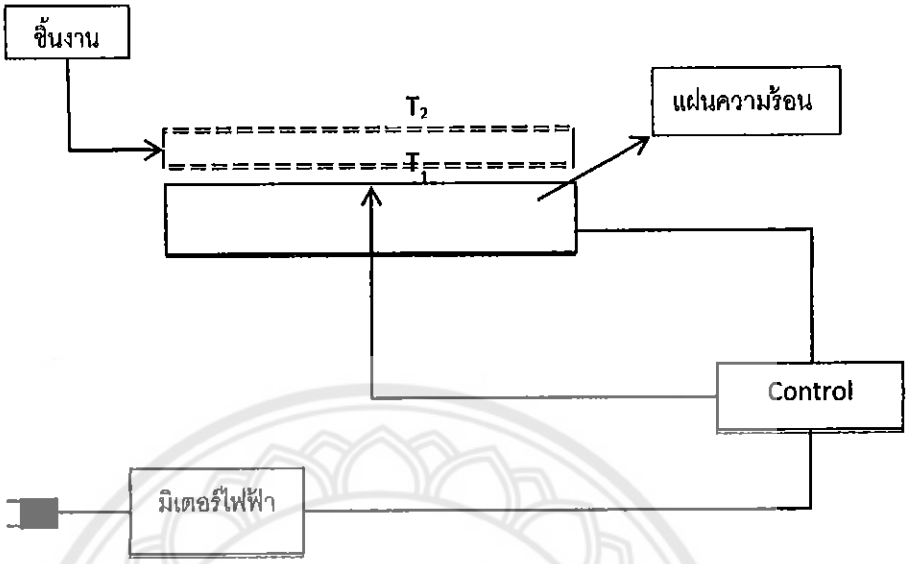
m_2 = น้ำหนักหลังอบ (g)

3.3.3 การหาการถ่ายเทความร้อน [15]

- ทำการทดสอบการถ่ายเทความร้อนของแผ่นฉนวน โดยการนำชิ้นงานทดสอบไปวางไว้บริเวณแผ่นความร้อนดังรูปที่ 14 ขนาด15x15 เซนติเมตร ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ T_1และวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปบริเวณ T_2 ทำการบันทึกผลค่าอุณหภูมิ T_1 และ T_2โดยใช้ Data Logger เป็นเวลา 10 นาทีและวัดหน่วยมิเตอร์ที่เปลี่ยนไปเพื่อนำมาคำนวณหากำลังไฟฟ้า โดยสูตรการหาการถ่ายเทความร้อนแสดงดังสมการที่ 3.3

$$K = \frac{QL}{A(T_1 - T_2)} \qquad (3.3)$$

เมื่อ Q = อัตราการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนมีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
A =พื้นที่ผิววัสดุมีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)
T_1= อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุด้านร้อนมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสหรือเคลวิล (K)
T_2= อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุด้านเย็นมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสหรือเคลวิล (K)
L = ความหนาของวัสดุมีหน่วยเป็นเมตร (m)
k = ค่าการนำความร้อนของวัสดุมีหน่วยเป็นวัตต์/เมตร.เคลวิล (W/m·K)



ภาพที่ 28 แผนผังการวัดค่าการนำความร้อน

3.3.4 การทดสอบการดูดซึมน้ำโดยอ้างอิงตามมาตรฐาน มอก. 867-2554 [10]

ใช้ไมโครมิเตอร์วัดความหนาซึ่งมีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร และเครื่องชั่งดิจิตอลที่มีความละเอียด 0.01 กรัม กระดาษเซลลูโลสที่มีความกว้างไม่น้อยกว่า 120 มิลลิเมตรและภาชนะที่ควบคุมอุณหภูมิได้ 20±1 องศาเซลเซียส โดยทำการทดสอบดังนี้

- ชั่งชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.01 กรัม เป็นมวลก่อนแช่น้ำ แล้ววัดความหนาของชิ้นงาน

- นำชิ้นงานไปแช่น้ำในภาชนะที่ควบคุมอุณหภูมิได้ โดยมีความเป็นกรด-ด่าง 6±1 มีอุณหภูมิ 20±1 องศาเซลเซียส ให้ชิ้นงานตั้งฉากกับผิวน้ำและด้านบนของชิ้นงานอยู่ลึกจากผิวน้ำ 20 มิลลิเมตร ความห่างระหว่างชิ้นงานกับชิ้นงานและภาชนะต้องห่างกันพอสมควร เมื่อแช่ชิ้นงานจนเกิดการอิ่มตัวแล้ว นำชิ้นงานมาวางไว้ที่อากาศถ่ายเทเพื่อให้เกิดการระเหย แล้วนำไปชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเวลาการนำชิ้นงานแช่น้ำแบ่งเป็น 2 ชั่งโมง และ 22 ชั่วโมง เมื่อแช่ชิ้นงานทดสอบเป็นเวลา 2 ชั่วโมงแล้วนำขึ้นมาวางบนกระดาษเซลลูโลสในแนวระนาบแล้ววางทับด้วยแผ่นน้ำหนัก 3 กิโลกรัมเป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนักและวัดความหนา หลังจากนั้นนำชิ้นงานไปแช่น้ำต่อเป็นเวลา 22 ชั่วโมง แล้วทำตามวิธีเดิม แล้วนำมาชั่งน้ำหนักเป็นมวลหลังแช่น้ำ 24 ชั่วโมง แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณ ดังสมการ 3.4 [6]

$$WA = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \qquad (3.4)$$

เมื่อ WA = ค่าการดูดซึมน้ำ (%)

m_1 = มวลของแผ่นชิ้นอัดทดสอบก่อนแช่น้ำ (g)

m_2 = มวลของแผ่นชิ้นอัดทดสอบหลังแช่น้ำ (g)

ภาพที่ 29 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

3.3.5 การทดสอบการพองตัว โดยอ้างอิงมาตรฐานมอก. 867-2554 [10]

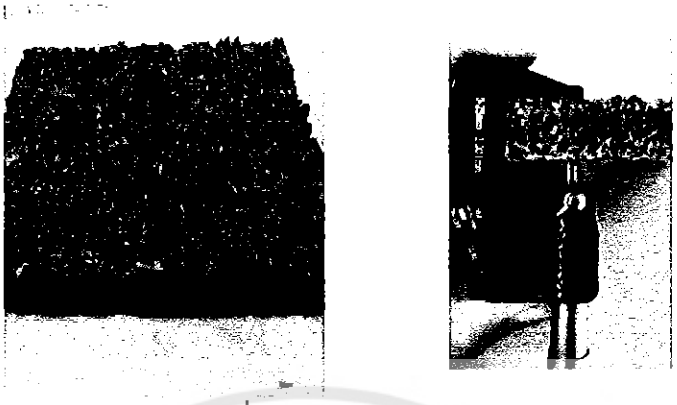
ใช้ชิ้นงานทดสอบจากการทดสอบการดูดซึมน้ำ โดยวัดความหนาก่อนแช่น้ำและหลังแช่น้ำแล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณ ดังสมการ 3.5 [6]

$$SW = \frac{d_2 - d_1}{d_1} \times 100 \qquad (3.5)$$

เมื่อ SW = ค่าการพองตัว (%)

d_1 = ความหนาของแผ่นชิ้นงานก่อนแช่น้ำ(mm)

d_2 = ความหนาของแผ่นชิ้นงานหลังแช่น้ำ(mm)



ภาพที่ 30 การทดสอบการพองตัว

บทที่ 4
ผลการทดสอบและ วิเคราะห์ผล

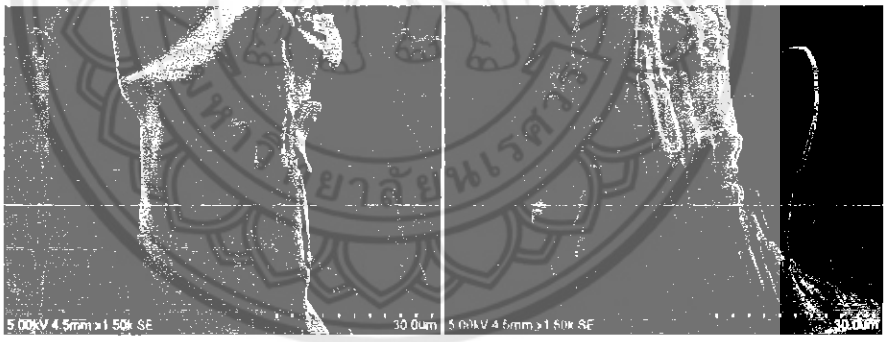
จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของฉนวนความร้อนจากผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ ตามกระบวนการผลิตที่กล่าวแล้วในบทที่ 3 ผลการทดสอบฉนวนกันความร้อนและวิเคราะห์ผลกล่าวในบทนี้

4.1 ผลการทดสอบ

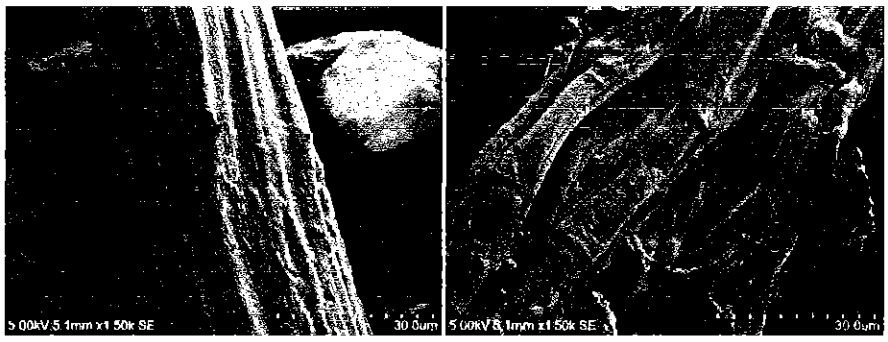
ฉนวนกันความร้อนได้ถูกผลิตด้วยกรรมวิธีที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 ในการผลิตฉนวนเพื่อทดสอบได้มีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมระหว่างปริมาณเส้นใยและน้ำยางพารา เพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรเหล่านี้ต่อคุณสมบัติทางกายของฉนวน คือ ค่าการนำความร้อน, ค่าความหนาแน่น, ค่าปริมาณความชื้น, ค่าการดูดซึมน้ำและค่าการพองตัว

4.1.1 ลักษณะของเส้นใยผักตบชวา

ในระหว่างการเตรียมเส้นใยผักตบชวา โดยการต้มผักตบชวากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น (NaOH) 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับจากนั้นได้นำชิ้นเส้นใยไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1,500 เท่า เพื่อดูลักษณะโครงสร้างจุลภาคของเส้นใยที่ได้ ดังแสดงในภาพที่ 31



(a) ก่อนต้ม (b) หลังต้มกับ NaOH ที่ความเข้มข้น 5%



(c) หลังต้มกับ NaOH ที่ความเข้มข้น 10% (d) หลังต้มกับ NaOH ที่ความเข้มข้น 15%

ภาพที่ 31 ลักษณะเส้นใยของผักตบชวาเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

จากผลการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1,500 เท่า พบว่าลักษณะเส้นใยของผักตบชวาที่ต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10% เรียงตัวอย่างเป็นระเบียบสามารถบอกถึงลักษณะความยืดหยุ่นของเส้นใยที่ดี ซึ่งลักษณะของเส้นใยมีรูปทรงที่ดีเมื่อรวมตัวกันในปริมาณมากๆ ลักษณะดังกล่าวส่งผลต่อความแข็งแรงและการยึดเกาะ เมื่อผสมน้ำยางธรรมชาติเข้าด้วยกัน เส้นใยและน้ำยางธรรมชาติสามารถรวมตัวกันได้ดี ต่างจากลักษณะพื้นผิวเส้นใยก่อนต้ม ซึ่งจะเห็นว่าผิวของเส้นใยมีลักษณะเรียบ ส่งผลให้การยึดเกาะลดลงและการเข้ากันกับน้ำยางลดลงด้วยเช่นกัน สำหรับเส้นใยของผักตบชวาที่ต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 5% และ 15% ลักษณะของเส้นใยค่อนข้างที่จะไม่มีรูปทรงที่แน่ชัด ลักษณะดังกล่าวส่งผลต่อการยึดเกาะและความแข็งแรง เนื่องจากเส้นใยบางส่วนมีลักษณะบิดงอและเมื่อผสมน้ำยางธรรมชาติทำให้บางส่วนมีน้ำยางธรรมชาติมาก เพราะเส้นใยไม่มีการเรียงตัวที่แน่ชัด บางส่วนน้ำยางธรรมชาติอาจจะไม่สามารถเข้าถึงได้และถ้ามีส่วนที่ยื่นออกมาของเส้นใยมาเจอกับส่วนที่ยื่นออกมาของเส้นใยอีกเส้นหนึ่งจะทำให้พื้นที่หน้าสัมผัสลดลง การยึดเกาะและความแข็งแรงก็ลดลงด้วยเช่นกัน

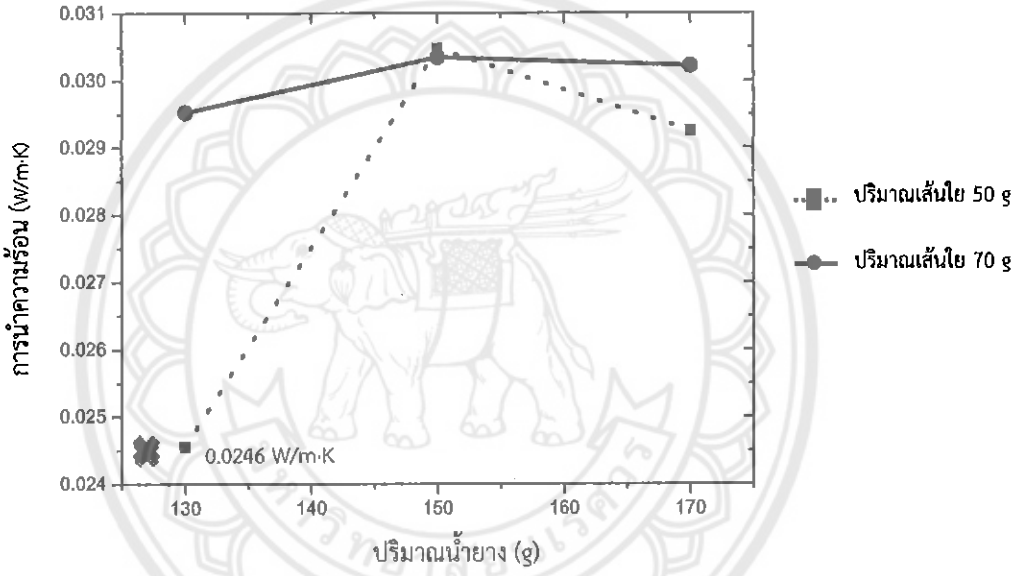
4.1.2 ค่าการนำความร้อน

ฉนวนกันความร้อนที่ผลิตได้จากอัตราส่วนผสมของเส้นใยและน้ำยางที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 7 พบว่าจะให้ค่าการนำความร้อนที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบค่าการนำความร้อนของแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

ชิ้นงาน เส้นใย(g): น้ำยาง(g)	อุณหภูมิ (°C)		ค่าการนำความร้อน (W/m·K)
	T1	T2	
50:130	70.00	28.45	0.0246
50:150	70.00	29.53	0.0305
50:170	70.00	31.04	0.0293
70:130	70.00	34.18	0.0295
70:150	70.00	34.67	0.0303
70:170	70.00	37.44	0.0302
แผ่นฉนวนเส้นใยสัปรดกับน้ำยาง [11]			0.0483
ใยเซลลูโลส [8]			0.029-0.045

เมื่อนำผลการทดสอบค่าการนำความร้อนมาวาดกราฟ แสดงดังภาพที่ 32 พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำยางทำให้ค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 7 แผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติมีค่าการนำความร้อนอยู่ในช่วงของใยเซลลูโลสจากข้อมูลแผ่นฉนวนน้ำยางธรรมชาติมีค่าการนำความร้อน 0.0483 W/m·K และใยเซลลูโลสมีค่าการนำความร้อน 0.029 -0.045 W/m·K จากกราฟดังกล่าว พบว่า ปริมาณเส้นใยผักตบชวาต่อน้ำยางธรรมชาติ 50:130 มีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด คือ 0.0246 W/m·K ซึ่งค่าการนำความร้อนต่ำถือว่ามีความเป็นฉนวนดีที่สุด



ภาพที่ 32 ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อค่าการนำความร้อนของฉนวน

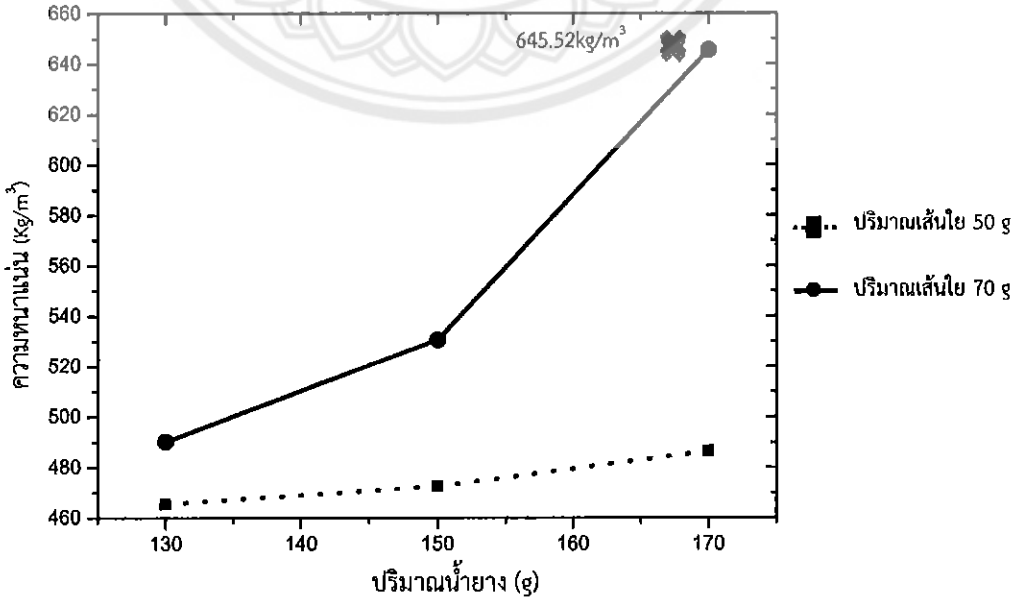
4.1.3 ค่าความหนาแน่น

ในการทดสอบค่าความหนาแน่นของฉนวนกันความร้อน ได้นำตัวอย่างชิ้นที่ส่วนผสมต่างกัน แสดงดังตารางที่ 8 มาทดสอบพบว่า ส่วนผสมระหว่างน้ำยางและเส้นใยให้ค่าความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบความหนาแน่นของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

ปริมาณเส้นใย (g)	ปริมาณน้ำยางธรรมชาติ (g)	ความหนาแน่น (kg/m^3)
50	130	465.42
	150	472.56
	170	486.47
70	130	490.17
	150	530.52
	170	645.52

การทดสอบความหนาแน่นของฉนวนโดยทดสอบตามขั้นตอนการขึ้นรูปฉนวน แสดงดังภาพที่ 33เมื่อนำผลการทดสอบมาวาดกราฟ โดยแยกระหว่างปริมาณเส้นใย 50 กรัมและ 70 กรัม พบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำยางและเส้นใยผักตบชวา ทำให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และอัตราส่วนเส้นใยผักตบชวาต่อน้ำยางธรรมชาติ 70:170 ให้ค่าความหนาแน่นมากที่สุด คือ 645.52 kg/m^3



ภาพที่ 33 ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อค่าความหนาแน่นของฉนวน

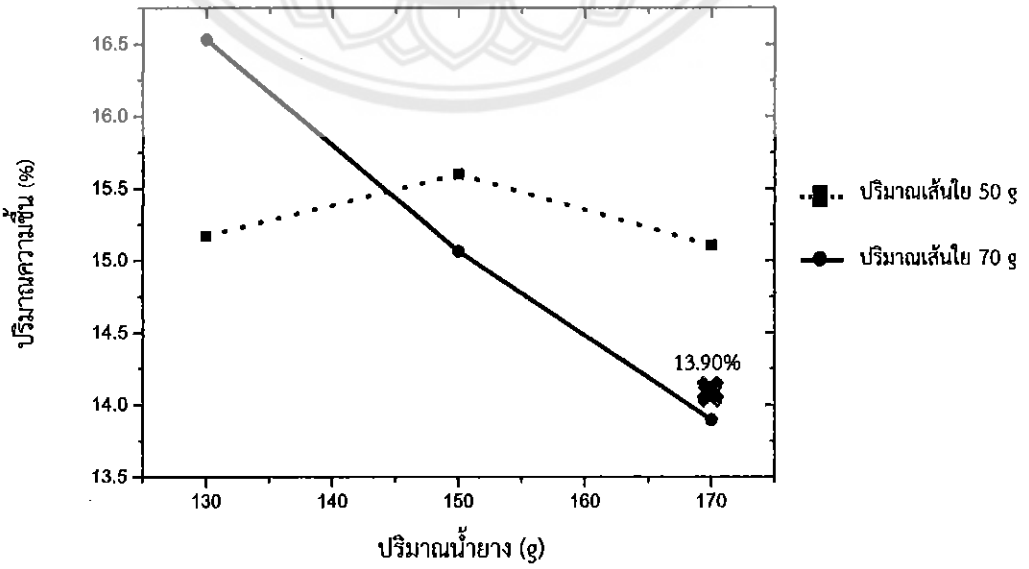
4.1.4 ปริมาณความชื้น

การทดสอบค่าปริมาณความชื้นของฉนวนโดยทดสอบตามมาตรฐาน มอก.867-2554 และปริมาณความชื้นของฉนวนที่เป็นไปตามมาตรฐาน อยู่ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15 ผลการทดสอบของฉนวนที่ผลิตได้ แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

ปริมาณเส้นใย (g)	ปริมาณน้ำยางธรรมชาติ (g)	ปริมาณความชื้น (%)
50	130	15.17
	150	15.60
	170	15.11
70	130	16.53
	150	15.06
	170	13.90
มอก.867-2554		ในช่วงร้อยละ 9 ถึงร้อยละ 15

จากผลการทดลองการวัดค่าปริมาณความชื้นของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ พบว่า ฉนวนที่มีค่าปริมาณความชื้นผ่านมาตรฐาน คือ ฉนวนที่มีปริมาณเส้นใยผักตบชวาต่อน้ำยางธรรมชาติ 70:170 เท่านั้น โดยมีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับ 13.90%db



ภาพที่ 34 ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อปริมาณความชื้นภายในฉนวน

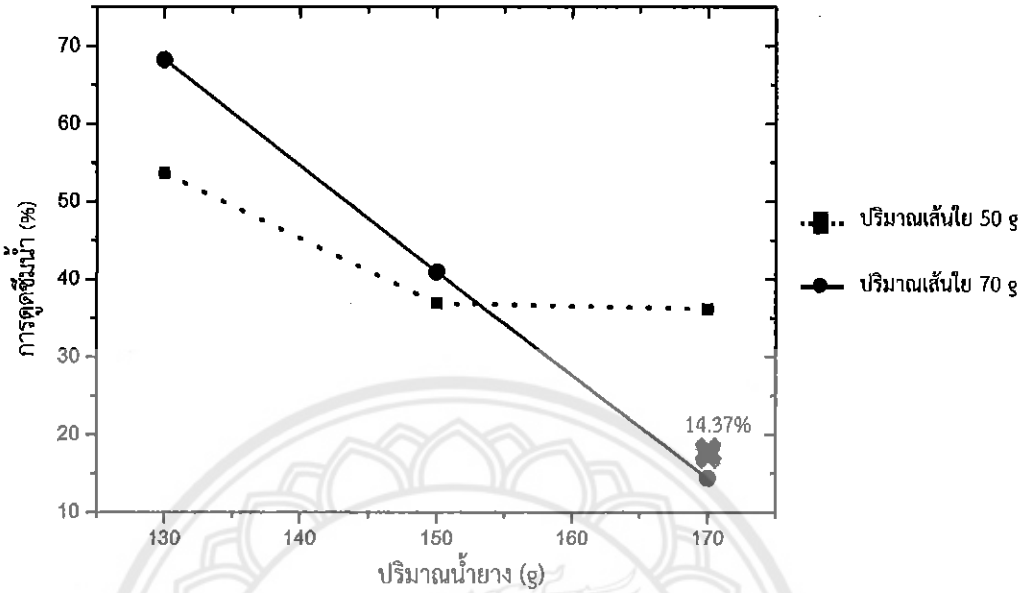
4.1.5 การดูดซึมน้ำ

การทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของฉนวนที่ผลิตได้ตามมาตรฐาน มอก.867-2554 โดยค่าการดูดซึมน้ำของฉนวนที่ยอมรับได้ที่ 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง ต้องไม่เกินร้อยละ 40 และ 80 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 10

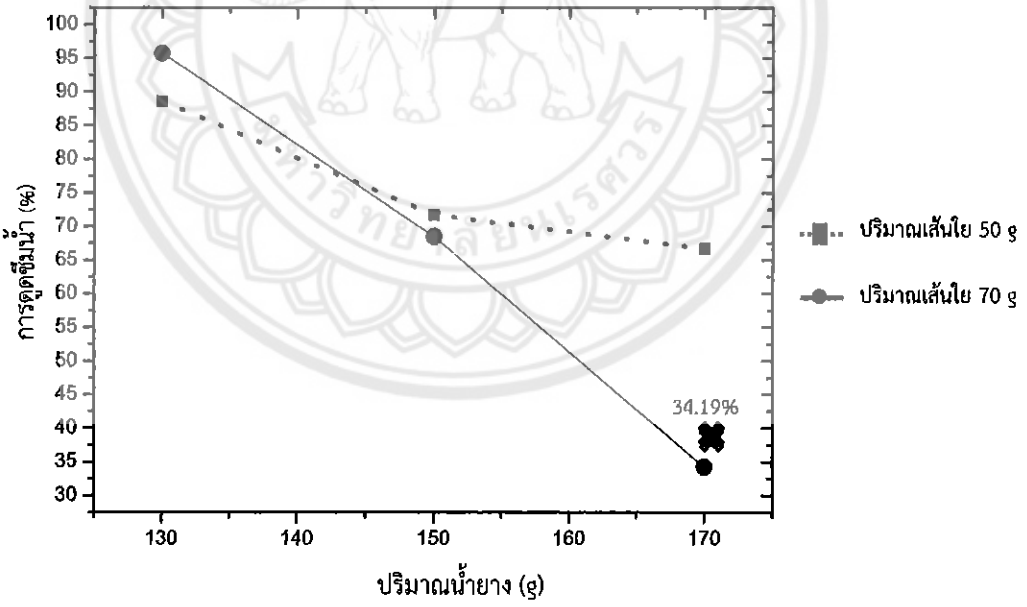
ตารางที่ 10 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

ปริมาณเส้นใย (g)	ปริมาณน้ำยางธรรมชาติ (g)	การดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง(%)	การดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง(%)
50	130	53.63	88.56
	150	36.90	71.72
	170	36.14	66.70
70	130	68.23	95.72
	150	40.92	68.44
	170	14.37	34.19
มอก.867-2554		< 40%	< 80%

จากผลการทดลองค่าการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง พบว่าฉนวนที่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ ฉนวนที่มีปริมาณเส้นใยผักตบชวาต่อน้ำยางธรรมชาติ 50:150, 50:170 และ 70:170 โดยมีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 36.90, 36.14% และ 14.37% ตามลำดับ สำหรับผลการทดสอบค่าดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง พบว่าฉนวนที่มีปริมาณเส้นใยต่อน้ำยางธรรมชาติ50:150, 50:170, 70:150 และ 70:170 โดยมีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับ 71.72%, 66.70%, 68.44% และ 34.19% ตามลำดับ สำหรับฉนวนที่ผ่านการทดสอบการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง คือ ฉนวนที่มีปริมาณเส้นใยและน้ำยางธรรมชาติ 50:150, 50:170 และ 70:170 เมื่อพิจารณาค่าการดูดซึมน้ำที่มีค่าน้อยที่สุดคือ ฉนวนความร้อนที่มีเส้นใยต่อน้ำยางธรรมชาติที่ 70:170 จากภาพที่ 36-37 พบว่าการเพิ่มปริมาณน้ำยางธรรมชาติทำให้มีการดูดซึมน้ำลดลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากน้ำยางที่เพิ่มไปอุดช่องว่างระหว่างเส้นใยทำให้น้ำไม่สามารถแทรกเข้าไปได้



ภาพที่ 35 ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อการดูดซึมน้ำภายในฉนวนที่ 2 ชั่วโมง



ภาพที่ 36 ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อการดูดซึมน้ำภายในฉนวนที่ 24 ชั่วโมง

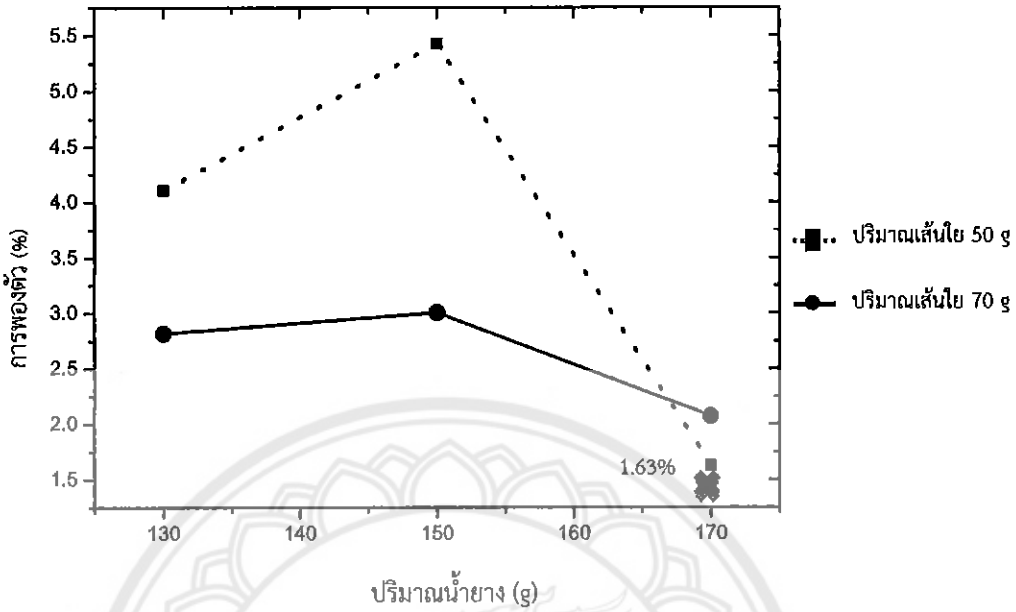
4.1.6 การพองตัว

การทดสอบค่าการพองตัวของฉนวนตามมาตรฐาน มอก.867-2554 ที่ 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง โดยค่าการพองตัวที่ยอมรับได้ คือ ไม่เกินร้อยละ 8 และ 12 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 11

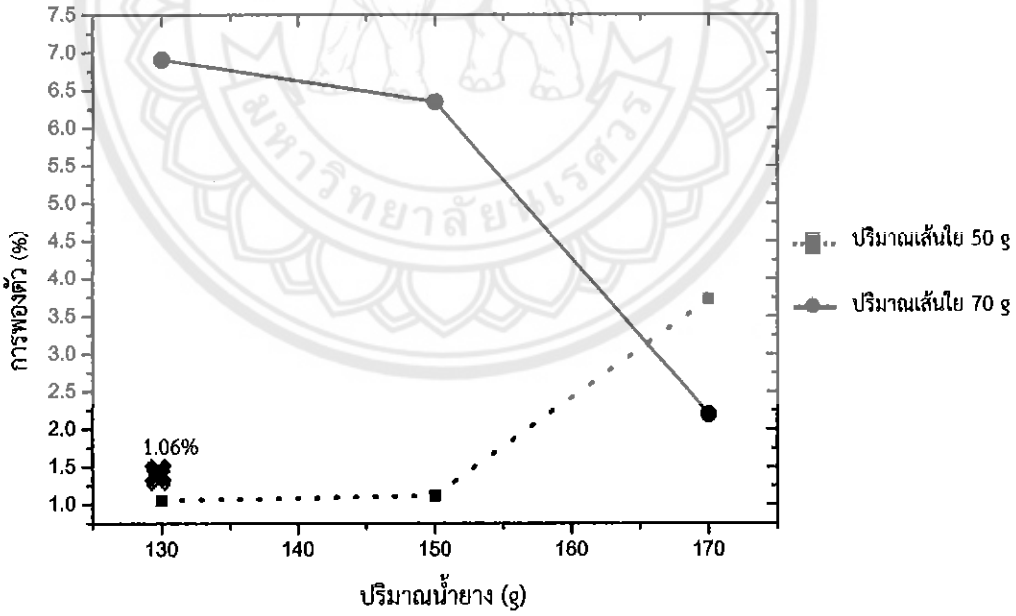
ตารางที่ 11 ผลการทดสอบการพองตัวของแผ่นฉนวนกันความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

ปริมาณเส้นใย (g)	ปริมาณน้ำยางธรรมชาติ (g)	การพองตัวที่ 2 ชั่วโมง(%)	การพองตัวที่ 24 ชั่วโมง(%)
50	130	4.11	1.06
	150	5.42	1.12
	170	1.63	3.73
70	130	2.82	6.91
	150	3.01	6.34
	170	2.07	2.20
มอก.867-2554		<8%	< 12%

จากผลการทดลองค่าการพองตัวที่ 2 ชั่วโมง พบว่า ฉนวนที่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ ฉนวนที่มีปริมาณเส้นใยผักตบชวาต่อน้ำยางธรรมชาติ 50:130, 50:150, 50:170, 70:130, 70:150 และ 70:170 โดยมีค่าการพองตัวเท่ากับ 4.11%, 5.42%, 1.63%, 2.82%, 3.01% และ 2.07% ตามลำดับ สำหรับผลการทดลองค่าการพองตัวที่ 24 ชั่วโมง พบว่าฉนวนที่ผ่านมาตรฐาน ได้แก่ ฉนวนที่มีปริมาณเส้นใยผักตบชวาต่อน้ำยางธรรมชาติ 50:130, 50:150, 50:170, 70:130, 70:150 และ 70:170 โดยมีค่าการพองตัวเท่ากับ 1.06%, 1.12%, 3.73%, 6.91%, 6.34% และ 2.20% ตามลำดับ และจากข้อมูลในตารางที่ 10 ค่าการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง ที่ผ่านมาตรฐานคือ ฉนวนที่มีปริมาณเส้นใยและน้ำยางธรรมชาติ 50:150, 50:170 และ 70:170 เมื่อนำค่าการดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง และค่าการพองตัวที่ 2 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง มาพิจารณารวมกันอัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะนำไปผลิตเป็นฉนวนความร้อน คือ ฉนวนที่มีปริมาณเส้นใยและน้ำยางธรรมชาติ 70:170



ภาพที่ 37 ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อการพองตัวภายในฉนวนที่ 2 ชั่วโมง



ภาพที่ 38 ผลกระทบของปริมาณน้ำยางและเส้นใยต่อการพองตัวภายในฉนวนที่ 24 ชั่วโมง

บทที่ 5
บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

การทำวิจัยในครั้งนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษากระบวนการการผลิตฉนวนความร้อนและการทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนและคุณสมบัติทางกายภาพ โดยทำการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ ซึ่งแบ่งออกเป็น การเตรียมเส้นใยผักตบชวา การเตรียมน้ำยางธรรมชาติและกระบวนการขึ้นรูปฉนวนแล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติ จากผลของการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถรับได้และนำมาใช้งานได้ตามความเหมาะสม ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1.ในการเตรียมเส้นใยผักตบชวา โดยการนำมาต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 10% โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาด เส้นใยที่ได้มีสภาพอ่อนนุ่มเหมาะสมที่จะนำมาขึ้นรูปฉนวนได้

2.การนำความร้อน พบว่าฉนวนความร้อนที่ผลิตจากอัตราส่วนเส้นใยผักตบชวาต่อน้ำยางธรรมชาติ 50:130 อัดด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีค่าการนำความร้อน 0.0246W/m·K เหมาะสมที่จะนำมาผลิตเป็นฉนวนได้ เนื่องจากมีค่าการนำความร้อนต่ำแสดงว่ามีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับฉนวนใยสังเคราะห์ จากเซลลูโลสและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.ผลการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพ พบว่า ที่ปริมาณน้ำยางธรรมชาติสูงขึ้นปริมาณความชื้นและความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นซึ่งถ้าฉนวนมีความหนาแน่นมากนั้นแสดงว่ามีคุณสมบัติที่ดี เป็นการช่วยลดปริมาตรของแผ่นฉนวนได้ ส่วนของการดูดซึมน้ำและการพองตัวมีแนวโน้มลดลง ดังนั้นส่วนใหญ่ฉนวนความร้อนที่ผลิตจากอัตราส่วนเส้นใยผักตบชวาต่อน้ำยางธรรมชาติ 70:130 อัดด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสม

งานวิจัยนี้จึงสรุปได้ว่า การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติอุณหภูมิ เวลา ปริมาณเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติมีผลต่อการขึ้นรูปฉนวนและการทดสอบซึ่งจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของฉนวนที่ผลิตได้ ในการทำวิจัยการผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาตินี้สามารถนำไปเป็นฉนวนความร้อนและใช้งานได้ ซึ่งใช้วัสดุในท้องถิ่นและมีต้นทุนไม่สูง สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการอนุรักษ์พลังงานได้ดี

ข้อเสนอแนะ

1. ลักษณะของเส้นใยผักตบชวาที่มีขนาดแตกต่างกันอาจมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของฉนวนความร้อน
2. การผสมน้ำยางธรรมชาติกับเส้นใยผักตบชวาด้วยวิธีการคลุกเคล้า อาจทำให้น้ำยางธรรมชาติกับผักตบชวากระจายตัวไม่สม่ำเสมอ
3. อุณหภูมิ ระยะเวลาและ แรงอัดของการอัดขึ้นรูป อาจมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของฉนวนกันความร้อน
4. การลามไฟของฉนวนควรมีการศึกษาและ ประเมินเพิ่มเติม

บรรณานุกรม

[1] กรมอุตุนิยมวิทยา. **ภูมิอากาศประเทศไทย**. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 มกราคม 2558, จาก: http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=22.

[2] กลุ่มสถิติข้อมูลพลังงาน. (2557). **สถานการณ์พลังงานของประเทศไทยมกราคม-ธันวาคม 2557**. ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.

[3] Greater Mekong Subregion Agricultural Information Network. **การเกษตรของไทย**. สืบค้นวันที่ 6 มกราคม 2558, จาก: http://thailand.gms-ain.org/Z_Show.asp?ArticleID=105.

[4] ธัญลักษณ์ จงมี.(2553).**การนำเศษเส้นใยธรรมชาติกลับมาใช้เป็นฉนวนกันความร้อน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งทอ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[5] กิตติศักดิ์ บัวศรี.(2544). **การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากฟางข้าว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[6] บุญชัย งามวิทย์โรจน์, สมทรง เจริญภัณฑูรย์, ธีระเดช คุรุวุฒิและพงษ์พัฒน์ เสมอคำ.2551. **การบริหารจัดการผักตบชวาในระบบลุ่มน้ำ**. กลุ่มงานวิจัย สำนักวิจัยพัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ.

[7] สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. **ราคายาง**. สืบค้นวันที่ 6 มกราคม 2558, จาก:http://www.rubberthai.com/rubberthai/

[8] ธนัญชัย ปคุณวรกิจ.(2548). **การพัฒนาฉนวนอาคารจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[9] สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. **ความหมายของพืชเส้นใยและการแบ่ง**. สืบค้นวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2558, จาก: http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=17&chap=8&page=chap8.htm

[10] เมทินี ขัดสี. (2554). **การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยกกก้านธูปและน้ำยางธรรมชาติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

[11] ทรงเกียรติ สวนแก้ว.(2554).**การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยใบสับปะรดและน้ำยางธรรมชาติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

[12] จินตนา จุลอุล.(2550). **การเตรียมตัวดูดซับจากผักตบชวาในการกำจัดสีย้อมไดเรกท์จากน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

[13] พงษ์ธร แซ่อุ้ย.**ชนิดของยางและการใช้งาน**.สืบค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2558, จาก: www.rubbercenter.org/files/technologys.pdf.

[14] สยามเคมี.คอม แหล่งความรู้สารเคมี และผลิตภัณฑ์เคมี.**โซดาไฟ/โซเดียมไฮดรอกไซด์.** สืบค้นเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2558, จาก : www.siamchemi.com/โซดาไฟ/.

[15] สมพงษ์ ใจดี. (2551). การถ่ายโอนพลังงานความร้อน. ใน รวิวรรณ จันทรแม้น (บรรณาธิการ), **ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย2 สสาร คลื่นกล และอุณหพลศาสตร์**, (หน้า 213-236). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[16] ทนง บุญมีมาพาสุข.(2549).**การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนหน่วงไฟจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ**.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วิศวกรรมความปลอดภัย) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[17] สมเจตน์ พัชรพันธ์, พัฒนะ รักความสุข, นุชนาฏ ณ ระนอง, ศกุนธี สมบูรณ์วิทย์ และรุ่งอรุณ ประเสริฐศักดิ์. **การผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยหญ้าแฝกและน้ำยางธรรมชาติ.** วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 61 ปีที่ 20 เมษายน - กรกฎาคม 2550 หน้า 87 - 94.

[18] สุนทร เครื่องคำ.(2551). **การผลิตแผ่นฉนวนความร้อนจากเยื่อสาดขาว**.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[19] Tanunchai P., Pantuda P., Woratham O., and Panjira T. (2006).Thermal Resistance Efficiency of Building Insulation Material from Agricultural Waste.J. of Architectural/Planning Research and Studies. Vol. 4, pp. 3-13

[20] Boudjemaa A., Adel B., Abderrahim B., Laurent I. and Magali F. (2011). Renewable Materials to Reduce Building Heat Loss: Characterization of Date Palm Wood. Energy and Building. Vol.43, pp. 491-497.

[21] Xiao-yan Z., Fei Z., Hua-guan L. and Cheng-long L.(2010). An Environment-Friendly Thermal Insulation Material from Cotton Stalk Fibers.Enery and Buildings, Vol.42, pp.1070-1074.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.ตารางเก็บข้อมูล

ตารางที่ 12 ข้อมูลค่าการนำความร้อน

ชิ้นงาน	ความหนา (mm)	ค่าความร้อน (W)	T_1 (K)	T_2 (K)	T_3 (°K)	A (m^2)	K (W/m.K)
50/130/100	18.93	0.1212	343.00	301.45	299.97	0.0225	0.024551
50/150/100	18.95	0.1464	343.00	302.53	299.99	0.0225	0.030476
50/170/100	17.95	0.1429	343.00	304.04	300.00	0.0225	0.029256
70/130/100	17.48	0.1514	343.00	303.18	304.31	0.0225	0.029528
70/150/100	17.20	0.1601	343.00	302.67	301.09	0.0225	0.030346
70/170/100	17.39	0.1586	343.00	302.44	303.19	0.0225	0.03022

หมายเหตุ T_1 = อุณหภูมิด้านร้อน

T_2 = อุณหภูมิด้านเย็น

T_3 = อุณหภูมิห้อง

ค่าการนำความร้อน

$$K = \frac{QL}{A(T_1 - T_2)}$$

$$= \frac{(0.1212)(0.1893)}{(0.0225)(41.55)}$$

$$= 0.024551 \quad \text{W/m.K}$$

ตารางที่ 13 ข้อมูลค่าความหนาแน่น

ชิ้นงาน	ความหนา (mm)					มวล (g)	ความหนาแน่น (Kg/m^3)
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	เฉลี่ย		
50/130/100	16.875	15.203	15.543	16.596	16.05	74.72	465.42
50/150/100	17.105	17.921	16.509	17.011	17.14	80.98	472.56
50/170/100	18.206	17.476	18.511	17.729	17.98	87.47	486.47
70/130/100	17.978	18.083	18.197	17.929	18.05	88.46	490.17
70/150/100	17.684	17.084	17.095	17.925	17.45	92.56	530.52
70/170/100	18.057	17.865	17.442	17.289	17.66	114.02	645.52

ความหนาแน่น

$$D = \frac{m}{V} \times 10^6$$

$$= \frac{88.4}{(100 \times 100 \times 17.95)} \times 10^6$$

$$= 468.07 \ \text{Kg/m}^3$$

ตารางที่ 14 ค่าปริมาณความชื้น

ชิ้นงาน	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	ปริมาณความชื้น (%)
50/130/100	80.77	70.13	15.17
50/150/100	85.59	74.04	15.60
50/170/100	90.60	78.71	15.11
70/130/100	83.32	71.50	16.53
70/150/100	97.85	85.04	15.06
70/170/100	99.33	87.21	13.90

ปริมาณความชื้น

$$MC = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

$$= \frac{67.48 - 58.68}{58.68} \times 100$$

$$= 15.00\%$$

ตารางที่ 15 ข้อมูลค่าการดูดซึมน้ำ

ชิ้นงาน	น้ำหนักที่ 2 hr (g)			น้ำหนักที่ 24 hr (g)		
	ก่อนแช่	หลังแช่	การดูดซึม	ก่อนแช่	หลังแช่	การดูดซึม
50/130/100	74.72	114.79	53.63	114.79	140.89	88.56
50/150/100	80.98	110.86	36.90	110.86	139.06	71.72
50/170/100	87.47	119.08	36.14	119.08	145.81	66.70
70/130/100	88.46	148.82	68.23	148.82	173.13	95.72
70/150/100	92.56	130.44	40.92	130.44	155.91	68.44
70/170/100	114.02	130.41	14.37	130.41	153.00	34.19

การดูดซึมน้ำที่ 2 ชั่วโมง

$$WA = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

$$= \frac{119.19 - 79.09}{79.09} \times 100$$

$$= 50.70\%$$

การดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมง

$$WA = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

$$= \frac{150.56 - 79.09}{79.09} \times 100$$

$$= 90.37\%$$

ตารางที่ 16 ข้อมูลค่าการพองตัวที่ 2 ชั่วโมง

ชิ้นงาน	ความหนาหลังแช่ 2 hr (mm)					ความหนาก่อนแช่ 2 hr(mm)	การพองตัว (%)
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	เฉลี่ย		
50/130/100	18.130	16.644	16.565	15.516	16.71	16.05	4.11
50/150/100	18.051	18.121	17.616	18.475	18.07	17.14	5.42
50/170/100	18.410	18.074	17.781	18.827	18.27	17.98	1.63
70/130/100	18.818	18.603	18.321	18.479	18.56	18.05	2.82
70/150/100	18.068	18.512	17.039	18.267	17.97	17.45	3.01
70/170/100	18.051	18.289	18.078	17.698	18.03	17.66	2.07

การพองตัวที่ 2 ชั่วโมง

$$SW = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100$$

$$= \frac{17.18 - 16.90}{16.90} \times 100$$

$$= 1.66\%$$

ตารางที่ 17 ข้อมูลค่าการพองตัวที่ 24 ชั่วโมง

ชิ้นงาน	ความหนาหลังแช่ 22 hr (mm)					ความหนาก่อนแช่ 22 hr(mm)	การพองตัว (%)
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	เฉลี่ย		
50/130/100	17.643	18.443	17.850	18.621	18.14	17.95	1.06
50/150/100	17.935	18.807	18.012	19.026	18.45	18.24	1.12
50/170/100	19.500	18.450	19.064	18.491	18.88	18.20	3.73
70/130/100	19.256	19.515	19.544	18.859	19.29	18.05	6.91
70/150/100	18.585	18.710	17.915	19.005	18.55	17.45	6.34
70/170/100	18.595	18.110	17.566	17.933	18.05	17.66	2.20

การพองตัวที่ 24 ชั่วโมง

$$SW = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100$$

$$= \frac{17.45 - 16.90}{16.90} \times 100$$

$$= 3.26\%$$

ภาคผนวก ข. รายงานการจัดฝึกอบรม

รายชื่อนิสิตที่เข้าร่วมโครงการฝึกอบรมเพื่อถ่ายทอดการผลิตฉนวนจากผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ ณ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

ชื่อนางสาวปารย์ณฉัตร์ ยิ้มนรินทร์
ชื่อนายเอกชัย สิงหเดช
ชื่อ นายธนาวิทย์ พงษ์สุระ
ชื่อ นางสาวศุภนิดา กันทะวงค์
ชื่อ นางสาวฐิติธร ช่อมะลิ

ภาคผนวก ข.1 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดมาตรฐาน

ตัวชี้วัดระดับผลลัพธ์

เชิงปริมาณ :

1) ร้อยละของผู้เข้ารับบริการที่มีความรู้เพิ่มขึ้นจากการเข้ารับบริการ ร้อยละ 71.8

2) ร้อยละของผู้เข้ารับบริการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ร้อยละ 71.8

เชิงคุณภาพ :

1) ความพึงพอใจของผู้รับบริการ/หน่วยงาน/องค์กรที่รับบริการวิชาการและวิชาชีพต่อประโยชน์จากการบริการ ร้อยละ 88.9

2) นิสิตสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ ร้อยละ 96.4

ตัวชี้วัดระดับผลผลิต

เชิงปริมาณ : 1 โครงการ

กิจกรรมที่ 1) การฝึกอบรมการผลิตฉนวนกันความร้อนจากผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติให้กลุ่มชาวบ้าน ต.วังนกแอ่น อ.วังทอง จ.พิษณุโลก

: จำนวนผู้เข้ารับบริการ / ผู้เข้าร่วมกิจกรรม ไม่น้อยกว่า 30 คน

เชิงคุณภาพ :

บุคลากรคณะวิทยาศาสตร์นำผลงานวิจัยไปถ่ายทอดและให้ความรู้แก่เกษตรกรในชุมชนตำบลวังนกแอ่น อ.วังทอง จ.พิษณุโลก โดยร้อยละความพึงพอใจของผู้รับบริการในกระบวนการให้บริการ ร้อยละ 88.9

เชิงเวลา :

ร้อยละงานบริการวิชาการแล้วเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนดร้อยละ 100

2. ข้อเสนอแนะ

1) ควรเพิ่มเวลาการจัดอบรมเพื่อให้ได้ความรู้ทั้งภาคบรรยายและภาคปฏิบัติระบบสาธิตเพื่อที่สมาชิกในหมู่บ้านจะได้มีความเข้าใจมากขึ้น

2) ควรขยายผลของโครงการและจัดอบรมให้ความรู้สู่ชุมชนต่างๆอย่างต่อเนื่อง

3) ควรมีผู้เชี่ยวชาญหรือคณะวิจัยเข้าไปดูโครงการฯดังกล่าวนี้เป็นระยะๆ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าโครงการสามารถทำประโยชน์ให้แก่ชุมชนได้พร้อมให้คำปรึกษาแนะนำ

ภาคผนวก ข.2 หนังสือรับรองการนำงานวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ณ องค์การบริหารส่วนตำบลวังนกแอ่น จ.พิษณุโลก

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
FACULTY OF SCIENCE NARESUAN UNIVERSITY

หนังสือรับรองการนำงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์

ส่วนที่ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไป

ชื่อโครงการ โครงการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากสัตว์ทะเลหน้าดินบริเวณน้ำตื้นชายฝั่งทะเลอันดามัน

2. ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทงบประมาณ โครงการเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2558

3. หัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้ร่วมวิจัย

อาจารย์ผู้รับทุน (หัวหน้าโครงการวิจัย)

1. ชื่อ... ดร.นายสุ.....นามสกุล.....เพียงจิตต์รัตน์.....

2. ตำแหน่งทางวิชาการ.... ผู้ช่วยศาสตราจารย์.....

3. สังกัดภาควิชา/สาขา.....ฟิสิกส์..... คณะ/หน่วยงาน ...วิทยาศาสตร์.....

โทรศัพท์...055-963537.....โทรสาร....055-963501.... E-mail: .....@nu.ac.th.....

4. โทรศัพท์มือถือ....086-449 2065.....

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ.....นามสกุล.....

2. ตำแหน่งทางวิชาการ.....

3. สังกัดภาควิชา/สาขา..... คณะ/หน่วยงาน.....

โทรศัพท์..... โทรสาร..... E-mail: .....

4. โทรศัพท์มือถือ.....

ส่วนที่ 2 รายละเอียดเกี่ยวกับการนำงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้อันก่อประโยชน์อย่างเห็นชัด

2.1 ชื่อหน่วยงาน/องค์กรที่นำงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้อันก่อประโยชน์อย่างเห็นชัด

องค์การบริหารส่วนตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก.....

2.2 ประเภทของการใช้ประโยชน์จากงานวิจัยและงานสร้างสรรค์ (ประเภทโดยใช้เครื่องหมาย //)

☐ การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย

■ การใช้ประโยชน์เพื่อสาธารณะ

☐ การใช้ประโยชน์เชิงนโยบายและสาธารณะ

☐ การใช้ประโยชน์อื่น ๆ (ระบุ).....

2.3 รายละเอียดการนำไปใช้ประโยชน์ตามที่ระบุในโครงการ

1). เพื่อให้ชุมชนเกิดความรู้ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เหมาะสมกับชุมชน

2). เพื่อสร้างเครือข่ายชุมชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

3). เพื่อให้บริการวิชาการแก่ชุมชนและสังคมในพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

4). เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในโรงเรียนและชุมชนในพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

2.4 กลุ่มเป้าหมายประชุมโครงการวิจัย..... ณ องค์การบริหารส่วนตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

2.5 กลุ่มเป้าหมายที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในครั้งนี้..... จำนวน..... 30..... คน

2.6 ระยะเวลาที่นำไปใช้ประโยชน์.....

2.7 หลักฐานที่แสดงถึงการก่อให้เกิดประโยชน์ต่อกลุ่มเป้าหมาย (ด้านหน้าเสียในระยะการใช้ประโยชน์)
ทั้งนี้ กลุ่ม/หน่วยงานที่ใช้ประโยชน์หมายถึงหน่วยงานหรือองค์กรภายนอกสถาบัน เช่น โรงเรียน, อบจ., จังหวัด หรือ ส่วนอุตสาหกรรม เป็นต้น
ระบุหลักฐานแนบ

.....
.....
.....

หัวหน้าโครงการ

ลงชื่อ .....
(นพ.ดร.สมชาย เจียจิรสถิรสิริ...)
หัวหน้าโครงการ

หน่วยงาน/องค์กรที่ใช้ประโยชน์ฯ

ลงชื่อ .....
(นายชัยชนะ มาใจงาม)
ตำแหน่ง
(ระบุ) ผู้อำนวยการโรงพยาบาลสร้างสรรค์โรคหัวใจ

คำชี้แจงเพิ่มเติม

การนำงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ หมายถึง การนำข้อค้นพบหรือความรู้ที่ได้จากงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์หรือเจตนาที่ระบุไว้ในรายงานการวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ ซึ่งต้องถูกต้อง และมีหลักฐานปรากฏชัดเจนถึงการนำไปใช้จนก่อให้เกิดประโยชน์ได้จริง ประเภทของการใช้ประโยชน์จากงานวิจัย และงานสร้างสรรค์ มีดังนี้

1. **การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ** เช่น การใช้ประโยชน์ในการใช้อ้างอิงในการวิจัยต่อยอดในสาขาวิชาเดียวกัน/สาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง การใช้ประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอน การเรียนการสอน การใช้ประโยชน์ในด้านการให้บริการ หรือ เป็นงานวิจัยเพื่อสนับสนุนโครงการวิจัยอื่นต่อไป เป็นต้น

2. **การใช้ประโยชน์ในเชิงสาธารณะ** เช่น งานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ที่สร้างองค์ความรู้แก่สาธารณชนในวงกว้าง เช่น องค์ความรู้ในด้านสิ่งแวดล้อม สาธารณสุข การบริหารจัดการสำหรับบริษัทเอกชน หรือหน่วยงานภาครัฐ (ที่ไม่ใช่ประโยชน์ทางการค้า) ประชาชนทั่วไปสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น วิธีการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มทักษะในการทำงาน คู่มือการใช้งานต่างๆ ที่ทำขึ้นจากผลการวิจัย ข้อความรู้จากการวิจัยไปใช้ เป็นต้น ซึ่งไม่ก่อให้เกิดรายได้ทางตรงกับผู้ใช้ประโยชน์

3. **การใช้ประโยชน์ในเชิงนโยบาย หรือระดับประเทศ** เช่น งานวิจัยเชิงนโยบายที่ช่วยในการกำหนดนโยบายใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งของการประกาศใช้กฎหมาย หรือนโยบายต่างๆ ของหน่วยงานภาครัฐ และเอกชน

4. **การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์** เช่น งานวิจัยและหรืองานสร้างสรรค์ที่ก่อให้เกิดการนำสิ่งประดิษฐ์ หรือผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดรายได้ทางตรง

ตัวอย่างหลักฐานการนำมาใช้อันก่อให้เกิดประโยชน์อย่างชัดเจน

- หลักฐานที่แสดงผลดีที่เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมจากการนำสิ่งประดิษฐ์อันเป็นผลจากงานวิจัย หรืองานสร้างสรรค์มาใช้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เช่น บันทึกซึ่งแสดงระยะเวลาที่สามารถลดได้ในการคัดเลือกกุ้งเมื่อนำเครื่องคัดเลือกกุ้งซึ่งเป็นสิ่งประดิษฐ์จากการวิจัยไปใช้งาน เป็นต้น

- หลักฐานที่แสดงผลดีที่เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมจากการนำงานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน มาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้ในงานวิจัย เช่น ผลจากการสังเกตพฤติกรรมนักศึกษา ผลจากการสัมภาษณ์อาจารย์ บันทึก ผลการทดสอบวัดความรู้/ทักษะของนักศึกษา ที่แสดงให้เห็นว่า นักศึกษามีพัฒนาการทางการเรียนดีขึ้น หรือมีพฤติกรรมระหว่างการเรียนดีขึ้น เป็นต้น

- หลักฐานที่แสดงผลดีที่เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมจากการนำนโยบาย/กฎหมาย/มาตรการ ที่เป็นผลจากงานวิจัยนโยบาย มาใช้ในองค์กร/คณะ/สถาบัน เช่น มีจำนวนคณาจารย์ ในสถาบันอุดมศึกษาที่ทำงานวิจัยด้านสังคมวิทยาการมากขึ้น หลังจากสถาบันฯได้กำหนดนโยบาย ที่จะเป็นผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยเพิ่มขึ้นจาก ... ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 โดยนโยบายดังกล่าว เป็นผลจากงานวิจัยนโยบายเพื่อกำหนดทิศทางส่งเสริมการทำวิจัยของสถาบัน เป็นต้น

- หลักฐานที่แสดงผลดีที่เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมจากการนำหลักสูตรการสอน/ ทฤษฎีการสอน/ โจทย์/อุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอน/ ตำราประกอบการสอน ฯลฯ ที่เป็นผลจากการวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ มาใช้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย เช่น ผลจากการสังเกตพฤติกรรมนักศึกษา และจากการสัมภาษณ์อาจารย์ บันทึก ผลการทดสอบวัดความรู้/ ทักษะของนักศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า นักศึกษามีพัฒนาการทางการเรียนดีขึ้น หรือมีพฤติกรรมระหว่างการเรียนดีขึ้น เป็นต้น

<u>สำหรับการจัดทำเอกสารประกอบ สมศ. ตัวบ่งชี้ที่ 6</u>

1. การใช้ประโยชน์ในข้อนี้จะสามารถใช้กับภายนอกมหาวิทยาลัย (ชุมชน หน่วยงานภาครัฐ และเอกชน)
2. สำหรับการจัดทำเอกสารประกอบ สกอ. ตัวบ่งชี้ที่ 4.2 ข้อ (3)
   การใช้ประโยชน์ต้องเป็นบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยเท่านั้น

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ข.3 แบบสอบถามสำหรับผู้รับบริการ ณ องค์การบริหารส่วนตำบลวังนกแอ่น จ.พิษณุโลก

แบบสอบถามสำหรับผู้รับบริการ

เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ในการวางแผนการให้บริการท่านอย่างต่อเนื่อง ขอความกรุณาท่านกรอกข้อมูลของท่านให้ครบถ้วนทุกข้อทุกข้อ โดยทางผู้ให้บริการจะรักษาข้อมูลเป็นความลับ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

1.ชื่อ ☐ นาย ☐ นาง ☐ นางสาว ชื่อ.....นามสกุล.....

2. สถานที่ติดต่อ.....(ระบุบ้านเลขที่ หมู่ที่ หมู่บ้าน ถนน)

ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....

3. อายุ.....ปี

4. หมายเลขโทรศัพท์.....โทรสาร.....

5. อาชีพหลัก(ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ เลือกเพียง 1 ข้อ)

☐ 1. รับราชการ ☐ 2. พนักงานรัฐวิสาหกิจ ☐ 3. เกษตรกร ☐ 4. โอท็อป

☐ 5. แม่บ้าน ☐ 6. พนักงานธุรกิจเอกชน ☐ 7. รับจ้าง ☐ 8.วิสาหกิจชุมชน

☐ 9. ค้าขาย ☐ 10. นักเรียน / นักศึกษา ☐ อื่น ๆ.....

6. ระดับการศึกษาสูงสุด (ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ เลือกเพียง 1 ข้อ)

☐ 1.ประถม ☐ 2. มัธยม ☐ 3. มัธยมปลาย/ปวช. ☐ 4. ปวส./อนุปริญญา

☐ 5. ปริญญาตรี ☐ 6. สูงกว่าปริญญาตรี ☐ 7. อื่นๆ.....

7. รายได้ต่อเดือน (ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ เลือกเพียง 1 ข้อ)

☐ 1) น้อยกว่า 1,000 บาท ☐ 2) 1,001 – 2,000 บาท ☐ 3) 2,001 – 3,000 บาท

☐ 4) 4,001 – 5,000 บาท ☐ 5) 5,001 – 6,000 บาท ☐ 6) 6,001 – 7,000 บาท

☐ 7) 7,001 – 8,000 บาท ☐ 8) 8,001 – 9,000 บาท ☐ 9) 9,001 – 10,000 บาท

☐ 10) มากกว่า 10,000 บาท

8. ท่านเคยได้รับการให้บริการวิชาการ จากทางคณะวิทยาศาสตร์ หรือไม่

☐ 1.เคย ☐ 2.ไม่เคย

ส่วนที่ 2 แบบประเมินหลังการให้บริการ

เพื่อประโยชน์การวัดความพึงพอใจและการปรับปรุงการให้บริการทางวิชาการ จึงใคร่ขอให้ท่านให้ความเห็นตามที่เป็นจริง อย่างตรงไปตรงมา โดยจะไม่มีการระบุชื่อผู้ประเมินแต่อย่างใด

ข้อมูลวัดความพึงพอใจเพื่อการปรับปรุงการให้บริการทางวิชาการ (ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง)

รายการ	ระดับ				
	ดีมาก (5)	ดี (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
ข้อมูลความพึงพอใจ					
1. ด้านกระบวนการ ขั้นตอนการให้บริการ					
2. บุคลากรผู้ให้บริการ					
3. สิ่งอำนวยความสะดวก (สถานที่ เอกสารประกอบ ฯลฯ)					
ข้อมูลเพื่อการปรับปรุงเนื้อหาการให้บริการ					
4. การนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ (ใช้ประกอบอาชีพหรือใช้ในชีวิตประจำวัน)					
5.ความเหมาะสมของเรื่องที่ให้บริการวิชาการ					
6.ความเหมาะสมของผู้ให้บริการวิชาการ					
7.ระยะเวลาการให้บริการวิชาการ					
8.ช่วงเวลาในการให้บริการวิชาการ					
9.ความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับเวลาและค่าใช้จ่าย (ประโยชน์ที่ได้รับมากกว่าเวลาและค่าใช้จ่ายที่เสียไป)					
10.ความพึงพอใจภาพรวมในการให้บริการวิชาการ					

ข้อมูลเพื่อการพัฒนาในครั้งต่อไป

1. หลังจากการรับบริการวิชาการ / รับคำปรึกษา ท่านสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน / ธุรกิจ / หน่วยงานของท่านหรือไม่

☐ ไม่สามารถประยุกต์ใช้ได้

☐ สามารถประยุกต์ใช้ได้ ในด้าน(ระบุ).....

2.สิ่งที่หน่วยงาน / ชุมชนของท่าน ต้องการเพิ่มเติมหลังการรับรับบริการในครั้งนี้

.....

.....

3. โครงการ/กิจกรรม ที่ท่านต้องการที่คณะวิทยาศาสตร์จะจัดบริการวิชาการในครั้งต่อไป คือ

.....

.....

เพื่อติดตามและเมินผลการให้บริการ

เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการให้บริการและวางแผนการให้บริการในครั้งต่อไป จึงใคร่ขอความร่วมมือผู้เข้ารับบริการวิชาการกรุณากรอกข้อมูลให้ครบถ้วนด้วยจะขอบคุณยิ่ง

ชื่อ.....นามสกุล.....

ส่วนเนื้อหา

1. การนำไปใช้ประโยชน์

1. สามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้

2. ไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้เพราะ.....

2. ในด้านคุณภาพชีวิต (ในกรณีที่ไม่สามารถประเมินได้ให้ข้ามไปตอบข้อ 3)

☐ 1. สามารถระบุเป็นเงินที่สร้างรายได้เพิ่มเติม จำนวนเงิน.....บาทต่อเดือน

☐ 2. ไม่เป็นตัวเงิน แต่เป็นการนำความรู้ไปใช้พัฒนาอาชีพ

☐ 3. ไม่เป็นตัวเงิน แต่เป็นเรื่องความจำเป็นของสังคมหรือสิ่งแวดล้อมส่วนรวม

☐ 4. ไม่เป็นตัวเงิน แต่สามารถประเมินในด้าน.....

3. หลังการอบรมท่านได้นำความรู้ไปใช้ประโยชน์หรือไม่

☐ ใช้

- ☐ หลังการอบรมทันที
- ☐ หลังการอบรมภายใน 1 เดือน
- ☐ หลังการอบรมภายใน 3 เดือน
- ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

☐ ไม่ใช้

4. ท่านนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์กับกลุ่ม / งานใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ ครอบครัว
- ☐ ชุมชน
- ☐ ที่ทำงาน
- ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

แบบประเมิน

การอบรมการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

วัตถุประสงค์ของการประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัยโดยมีวัตถุประสงคเพื่อสำรวจความคิดเห็นของชาวบ้านเกี่ยวกับการอบรมการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติในครั้งนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ..... ปี
3. อาชีพหลัก (ทำเครื่องหมาย/ลงในช่อง ☐ เลือกเพียง 1 ข้อ)

☐ รับราชการ ☐ พนักงานรัฐวิสาหกิจ ☐ เกษตรกร ☐ โอท๊อป
☐ แม่บ้าน ☐ พนักงานธุรกิจเอกชน ☐ รับจ้าง ☐ วิสาหกิจชุมชน
☐ ค้าขาย ☐ นักเรียน ☐ นักศึกษา ☐ อื่นๆ.....

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการประเมินลักษณะและสมรรถนะของการผลิตฉนวนความร้อนจากเส้นใยผักตบชวาและน้ำยางธรรมชาติ

กรุณาทำเครื่องหมาย/ ลงในช่วงตราส่วนประเมินระดับความคิดเห็น 5 **ระดับตามความคิดเห็นของ**ท่านหลังจากได้ดูกระบวนการผลิต

คุณลักษณะ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. ลักษณะของแผ่นฉนวนความร้อน					
2. มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน					
3. มีความสะดวกต่อการใช้งาน					
4. ปลอดภัยในการใช้งานเนื่องจากเป็นวัตถุเหลือทิ้ง					

ระดับความคิดเห็นของแบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 5 ระดับได้แก่

5 หมายถึงผลการประเมินในระดับดีมาก

4 หมายถึงผลการประเมินในระดับดี

3 หมายถึงผลการประเมินในระดับพอใช้

2 หมายถึงผลการประเมินในระดับควรปรับปรุง

1 หมายถึงผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ข.4 รูปภาพผู้เข้าร่วมประชุม ณ องค์การบริหารส่วนตำบลวังนกแอ่น จ.พิษณุโลก