การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว
Properties of wood composites containing coconut coir fiber

วรินธร บุญยะโรจน์

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้คณะ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว

ผู้วิจัย วรินธร บุญยะโรจน์

ปีที่ทำวิจัย พ.ศ. 2560

บทคัดย่อ

การใช้ประโยชน์จากเส้นใยจากกาบมะพร้าวเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าของขยะมูลฝอยจากภาคเกษตรกรรมและช่วยในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการใช้เส้นใยจากกาบมะพร้าวในการผลิตวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม คุณสมบัติของวัสดุผสมปูนซีเมนต์กับสัดส่วนต่างๆ ของเส้นใยกาบมะพร้าวและกระดาษใช้แล้วสองหน้าเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาว นอกจากนี้โครงสร้างพื้นผิวและลักษณะทางเคมีของตัวอย่างจะวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และสเปกโตรมิเตอร์เอ็กซ์เรย์แบบกระจายพลังงาน (EDS) ผลการศึกษาพบว่าธาตุองค์ประกอบหลักในวัสดุผสมซีเมนต์ ได้แก่ C, O, Ca, Al, Si และ K ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยจากกาบมะพร้าวจะส่งผลให้วัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวมีค่าความแข็งแรงแบบอัดและค่าความแข็งแรงแบบดัดลดลง

คำสำคัญ : วัสดุทดแทนไม้ เส้นใยกาบมะพร้าว คุณสมบัติ

Title Properties of wood composites containing coconut coir fiber

Researcher Varinthorn Boonyaroj

Year 2017

Abstract

Utilizing coconut coir fiber can offer an alternative method of adding value to agricultural wastes and help to conserve the environment. The aim of this research was to investigate the potential use of coconut coir fiber as cement composite as an environmentally material. The properties of cement composites mixed with different proportions of paper wastes were compared with ordinary white Portland cement. In addition, the surface structure and chemical characteristics of samples were examined by a scanning electron microscope (SEM) and energy dispersive x-ray spectrometer (EDS). The results show that the main elements - C, O, Ca, Al, Si, and K, respectively were found in cement composites. The compressive and flexural strength of the cement composite decreased with an increase in the coconut coir fiber volume fraction.

Keywords: wood composites, coconut coir fiber, and properties

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย งบประมาณรายได้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี พ.ศ. 2560 ขอขอบพระคุณคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์และห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมฯ ในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณฝ่ายวิชาการและวิจัยของคณะวิทยาศาสตร์ฯ ที่ให้คำแนะนำตลอดการวิจัย ขอขอบคุณหัวหน้างานการเงินและพัสดุสำหรับคำแนะนำต่างๆ เกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินการรายงานความก้าวหน้าในการทำวิจัยและการเบิกจ่ายงบประมาณการวิจัย

ท้ายสุดนี้ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจสำคัญในการดำเนินการวิจัยให้สำเร็จลุล่วง พร้อมทั้งให้คำปรึกษา พร้อมทั้งคอยสนับสนุนและช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดมา

ผู้วิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย (ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (ข)
กิตติกรรมประกาศ (ค)
สารบัญ (ง)
บัญชีตาราง (ฉ)
บัญชีภาพประกอบ (ช)

1. บทนำ **1**
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **5**
2.1 วัสดุทดแทนไม้และคุณสมบัติ 5
2.2 ประเภทของวัสดุทดแทนไม้แบ่งตามลักษณะที่นำมาประกอบแผ่น 6
2.3 ไม้อัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและกรรมวิธีการผลิต 8
2.4 วัสดุผสม (Composite materials) 9
2.5 พืชที่นำมาผลิตเส้นใยธรรมชาติและคุณสมบัติของเส้นใยธรรมชาติ 10
2.6 ข้อดีของการพัฒนาเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุก่อสร้าง 11
2.7 การเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุทางการเกษตร 11

3. วิธีดำเนินการวิจัย **17**
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 17
3.2 อัตราส่วนของส่วนผสมการขึ้นรูปชิ้นงาน 17
3.3 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน 18
3.4 การทดสอบคุณสมบัติของชิ้นงานวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว 20

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล **23**
4.1 ผลของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตบชวา แป้ง และกาว 23
4.2 ผลของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมกระดาษใช้แล้วสองหน้าที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาว 26

5. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ **33**
5.1 สรุปและอภิปรายผล
5.1.1 การศึกษาการผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตบชวา แป้งและกาว 33

5.1.2 การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว ผสมกับกระดาษใช้แล้วสองหน้าและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาวที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน 34
5.2 ข้อเสนอแนะ 34

บรรณานุกรม **35**
ภาคผนวก **38**
ภาคผนวก ก การเผยแพร่ผลงานให้กับนักศึกษา คณาจารย์และบุคคลทั่วไป ในงานสัปดาห์วันวิทยาศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2560 39
ประวัติผู้วิจัย **41**

บัญชีตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนงานกิจกรรมที่เสนอในข้อเสนอโครงการและผลการดำเนินงาน	4
3.1	อัตราส่วนของเส้นใยกาบมะพร้าวและกระดาษใช้แล้วสองหน้าที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน	17
4.1	คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตบชวา แป้ง และกาว	24
4.2	น้ำหนักของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว	28
4.3	การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างด้วยเทคนิควิธี EDS	30
4.4	ค่าความหนาแน่นของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว	31
4.5	ค่าความแข็งแรงแบบอัดและค่าความแข็งแรงแบบดัดของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว	32

บัญชีภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.1	ภาพรวมกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
3.1	เส้นใยกาบมะพร้าวและกระดาษใช้แล้วสองหน้าต้มในน้ำเดือด ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง	18
3.2	การอบไล่ความชื้น ที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง	18
3.3	การผสมวัตถุดิบที่ใช้สำหรับขึ้นรูป	19
3.4	ผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนจากเส้นใยกาบมะพร้าว	20
3.5	การแช่ชิ้นงานเพื่อทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์	21
4.1	ลักษณะของแผ่นวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตกชวา แป้ง และกาว	25
4.2	ลักษณะชิ้นงานของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวที่ขึ้นรูปได้ โดยบ่มชิ้นงานเป็นระยะเวลา 28 วัน	26
4.3	ลักษณะกายภาพและการแตกหักของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว	27
4.4	ลักษณะของชิ้นงานวัสดุทดแทนไม้จากเส้นยกาบมะพร้าวที่ผ่านการทดสอบ ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM)	29
ผ1	การเผยแพร่ผลงานให้กับนักศึกษา คณาจารย์และบุคคลทั่วไป ในงานสัปดาห์วันวิทยาศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2560	40

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

จากกระแสโลกในปัจจุบันที่ได้ให้ความสำคัญในการบรรลุเป้าหมายเกี่ยวกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ซึ่งมีเป้าหมายที่เกี่ยวกับการจัดการมลพิษ เช่น ของเสียที่เกิดขึ้นต่อคน ของเสียอันตรายที่ได้รับ ร้อยละของการนำขยะหรือวัสดุกลับมาใช้ใหม่ (Recycling Rate) ของประเทศ นอกจากนี้จากข้อมูลตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ได้กำหนดยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการมลพิษไว้ในยุทธศาสตร์ที่ 4 การเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนระบบการทำงานของหน่วยงานต่างๆ ให้สอดคล้องกับแผนระดับชาติ เพื่อปฏิรูปประเทศไทยและเพื่อสร้างสมดุลของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมตามศาสตร์พระราชาสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน มะพร้าวนับเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยโดยส่วนใหญ่มีบริเวณจังหวัดริมชายฝั่งทะเล เส้นใยกาบมะพร้าวจะถูกแกะออกมาจากด้านในของเปลือกมะพร้าว ซึ่งสามารถแกะออกมาได้ด้วยมือหรือใช้เครื่องช่วยแกะ เป็นเส้นใยที่มีการนำมาผสมใช้เป็นส่วนหนึ่งของวัสดุก่อสร้างมากที่สุด เนื่องจากมีปริมาณมาก มีราคาถูก แต่เส้นใยกาบมะพร้าวบางส่วนที่ถูกปล่อยไว้โดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ซึ่งนับว่าเป็นปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากภาคเกษตรกรรม หรือบางส่วนอาจถูกเผาทิ้งทำให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อมในด้านมลพิษอากาศ การวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้ผสมเส้นใยกาบมะพร้าว ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุที่เกิดขึ้นจากภาคเกษตรกรรม ช่วยลดปริมาณการใช้ไม้ และช่วยสนับสนุนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนและเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุจากภาคเกษตรกรรมภายในประเทศ

ในปัจจุบันงานด้านการก่อสร้างภายในประเทศได้มีอัตราการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมาก โดยในโครงการต่างๆ มีความจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรจำนวนมากซึ่งส่งผลให้ทรัพยากรต่างๆ ลดลงอย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังส่งผลถึงราคาของวัสดุต่างๆ เพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุผสมซีเมนต์เสริมเส้นใย (Fiber Reinforced Cement Composite) ที่มีเส้นใยเป็นตัวเสริมแรง การแบ่งประเภทของเส้นใยที่ใช้ในงานคอนกรีตหรือซีเมนต์มอร์ตาร์นั้นสามารถจำแนกได้เป็นสองกลุ่มหลัก ดังนี้ กลุ่มแรก คือ เส้นใยสังเคราะห์ (Synthetic fibers) ได้แก่ เส้นใยที่ผลิตหรือแปรรูปจากเหล็ก คาร์บอน โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol) เคฟลาร์ (Kevlar) และโพลีโพรพีลีน (Polypropylene) กลุ่มที่สองคือ เส้นใยธรรมชาติ (Natural Fibers) ได้แก่ เส้นใยที่ได้โดยตรงจากไม้ ไม้ไผ่ ใยมะพร้าว ฝ้าย และขนสัตว์ต่างๆ เส้นใยสังเคราะห์เป็นชนิดของเส้นใยที่ส่วนใหญ่ใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากเส้นใยมีกำลังดึงสูง และมีความเหนียวไม่เปราะง่าย แต่อย่างไรก็ตามการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ยังส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการศึกษาและค้นคว้า การนำเส้นใยธรรมชาติมาเสริมแรงในคอนกรีตหรือซีเมนต์มอร์ต้าร์ทดแทนการใช้เส้นใยสังเคราะห์ เพื่อเป็นการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และสามารถลดการเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาทิ้งได้อีกด้วย สำหรับเส้นใยธรรมชาติจากพืชนั้นเป็นเศษวัสดุที่เกิดขึ้นจากภาคเกษตรกรรมที่ถูกใช้ในการเสริมกำลังให้กับวัสดุก่อสร้างมาเป็นระยะเวลายาวนาน เช่น การใช้ฟางข้าว เส้นใยข้าวโพด เป็นต้น โดยเส้นใยพืชตามธรรมชาติประเภทต่างๆ นั้นมีข้อดีหลายประการ เช่น สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งที่มีราคาถูก ทำให้สามารถใช้ในการลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลที่ดี มีความแข็งแรง และมีมอดูลัสสูง อีกทั้งมีความหนาแน่นต่ำ ทำให้มีน้ำหนักเบา การนำเส้นใยธรรมชาติซึ่งเป็นเศษวัสดุจากการเกษตรมาประยุกต์ใช้นั้นทำให้สามารถลดปริมาณกากของเสียจากภาคเกษตรกรรม รวมถึงลดการทำลายทรัพยากรธรรมชาติได้อีกด้วย ปัจจุบันมีการใช้แร่ใยหินผสมกับซีเมนต์เพื่อทำเป็นวัสดุก่อสร้างและใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งผู้ใช้งานส่วนใหญ่ยังไม่ทราบถึงโทษที่เกิดขึ้นจากวัสดุชนิดนี้ เนื่องจากเส้นใยประเภทนี้มีความเป็นอันตรายมากหากเข้าสู่ร่างกายทางระบบหายใจ โดยการใช้เส้นใยธรรมชาติมาเสริมแรงในคอนกรีตหรือซีเมนต์มอร์ต้าร์ เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีคุณสมบัติที่สามารถควบคุมการแตกร้าวจากการหดตัวของคอนกรีตหรือซีเมนต์มอร์ต้าร์ได้ ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยมีขนาดเล็กซึ่งทำให้มีพื้นที่ผิวมากและลักษณะของพื้นที่ผิวนั้นค่อนข้างหยาบ มีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางที่สูง ซึ่งทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยกับคอนกรีตหรือซีเมนต์มอร์ต้าร์ดี สามารถรับแรงดัด และมีความเหนียวที่ดี โดยเส้นใยไม่ขาดในขณะผสมซึ่งโดยปกติโครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติจะประกอบด้วยเซลลูโลสซึ่งมีความสามารถในการทนต่อด่างที่จะเกิดขึ้นในซีเมนต์เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมการใช้เศษวัสดุเหลือใช้จากการทางเกษตรภายในประเทศมาใช้ปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุซีเมนต์เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศ ปัจจุบันมีจากประเทศกำลังพัฒนานั้นเน้นการเลือกใช้เส้นใยธรรมชาติหรือพืชในภูมิภาคของตนเอง และมุ่งพัฒนาคุณสมบัติเชิงกลในด้านความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลดังกล่าวจึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะศึกษาคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว โดยการเลือกใช้วัตถุดิบที่หาง่าย มีราคาถูก เพื่อให้เกิดการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมจากต้นยางพาราให้มีมูลค่าเพิ่ม โดยมุ่งหวังผลลัพธ์อย่างเป็นรูปธรรม และเกิดความยั่งยืนและสร้างอาชีพเสริมเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรและท้องถิ่นอย่างแท้จริง โดยการสร้างองค์ความรู้จากการต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นและของประเทศด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อการใช้ประโยชน์ในการพัฒนาประเทศและเพื่อการพึ่งพาตนเอง นับว่าเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง จึงมีแนวคิดที่จะนำเส้นใยกาบมะพร้าวเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยการนำมาปรับปรุงคุณภาพด้วยกระบวนการทางความร้อน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเส้นใยธรรมชาติหรือเส้นใยพืช เช่น เส้นใยมะพร้าว เส้นใยผักตบชวา จะองค์ประกอบของเซลลูโลสและลิกนินเป็นส่วนใหญ่ ทำให้เส้นใยดังกล่าวมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี มีน้ำหนักเบา และมีความหนาแน่นต่ำ (วชิระ แสงรัศมี, 2555) จากนั้นจึงนำเส้นใยกาบมะพร้าวที่ได้หลังการปรับปรุงคุณภาพมาผสมเข้ากับวัตถุดิบอื่นๆ เช่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาว กระดาษใช้แล้วสองหน้า และน้ำ เพื่อพัฒนาเป็นวัสดุทดแทนไม้

ภาพที่ 1.1 ภาพรวมกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุทดแทนไม้ผสมเส้นใยกาบมะพร้าว

1.2.2 เพื่อศึกษาการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุทดแทนไม้ผสมเส้นใยกาบมะพร้าว

1.2.3 เพื่อเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรม

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 เส้นใยจากพืชชนิดหลักที่ใช้ในการศึกษา คือ เส้นใยกาบมะพร้าว

1.3.2 วัตถุดิบที่ใช้สำหรับผสมเพื่อขึ้นรูปตัวอย่าง ได้แก่ เส้นใยผักตบชวา และกระดาษใช้แล้วสองหน้า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาว แป้ง กาว และน้ำ

1.3.2 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุทดแทนไม้ผสมเส้นใยกาบมะพร้าว ได้แก่ ค่าความหนาแน่น ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าความแข็งแรงแบบอัด ค่าความแข็งแรงแบบดัด การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบและลักษณะโครงสร้างของตัวอย่าง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทางเลือกใหม่สำหรับวัสดุทดแทนไม้ที่มีส่วนผสมของเส้นใยกาบมะพร้าว

1.4.2 เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุจากภาคเกษตรกรรม

1.4.3 สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับจากการวิจัยไปใช้ในการต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์จากวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวที่มีราคาย่อมเยา สามารถย่อยสลายได้ง่ายตามธรรมชาติ และช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากขยะมูลฝอย

ตารางที่ 1.1 แผนงานกิจกรรมที่เสนอในข้อเสนอโครงการและผลการดำเนินงาน

กิจกรรม (ตามแผนฯ)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (ตามแผนฯ)	ผลการดำเนินงาน	คิดเป็น (ร้อยละ)
1. ทำการศึกษาแนวคิด งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	การศึกษาแนวคิด งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	ได้ข้อมูลจากแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	100
2. ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมและขึ้นรูปชิ้นงาน	การศึกษาสัดส่วนและสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว	ได้สัดส่วนและสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว	100
3. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ	การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว	ได้คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว	100
4. ศึกษาคุณสมบัติเชิงกล	การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว	ได้คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว	
5. การจัดทำรายงานความก้าวหน้า	จัดทำรายงานความก้าวหน้า รอบ 6-12 เดือน	ส่งรายงานความก้าวหน้า รอบ 6-12 เดือน	
6. สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	การวิเคราะห์และสรุปผลที่ได้จากการทดลอง	ได้ข้อสรุปการวิเคราะห์ผลการทดลอง	100
7.รายงานผลการดำเนินงาน	การจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	การจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	100

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัสดุทดแทนไม้และคุณสมบัติ

ในปัจจุบันประเทศไทยประสบกับปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดจากการกระทำมนุษย์ เรียกว่า ภาวะโลกร้อน (Global Warming) กิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คือ กิจกรรมที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ การเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยตรง เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง ส่วนการเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยทางอ้อม คือ การตัดต้นไม้ทำลายป่า ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น เนื่องด้วยทรัพยากรป่าไม้ที่มีจำนวนลดลง การลดลงนี้ยังส่งผลต่อสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติก่อให้เกิดปัญหาเป็นอย่างมาก เช่น การเกิดอุทกภัย ภัยแล้ง ฝนตกไม่ต้องตามฤดูกาล โดยสาเหตุหลักมาจากความต้องการใช้ไม้ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากจำนวนประชากรและความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ความต้องการผลิตภัณฑ์ไม้ย่อมเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกันไม้จากธรรมชาตินั้นมีอยู่อย่างจำกัดและลดลงอย่างรวดเร็ว จากสถานการณ์ดังกล่าวทำให้เกิดกระแสการอนุรักษ์ป่าไม้เกิดขึ้นทั่วโลก รวมทั้งในประเทศไทยส่งผลให้หลายๆ ภาคส่วนทั้งภาครัฐและภาคเอกชน พยายามมุ่งเน้นและผลักดันแนวทางการนำวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมภายในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเกิดเป็นอุตสาหกรรมการผลิตวัสดุทดแทนไม้ขึ้น ซึ่งในปัจจุบันจัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวิถีการดำเนินชีวิตของประชาชนชาวไทยโดยเฉพาะในด้านที่อยู่อาศัย การใช้วัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติเป็นแนวทางหนึ่งเพื่อช่วยลดปัญหาจากสภาพปัญหาปัจจุบันที่ทรัพยากรป่าไม้มีจำนวนลดลง ในขณะที่ความต้องการใช้ไม้ยังมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการใช้วัสดุทดแทนไม้นอกจากจะช่วยลดการใช้ทรัพยากรไม้แล้ว ยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมในด้านของการลดภาวะโลกร้อนได้ ประกอบกับการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากทางการเกษตรมาทำให้เกิดคุณค่าเป็นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติหรือผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆตามความเหมาะสม (อาณัฏ ศิริพิชญ์ตระกูล และคณะ, 2554)

ในอุตสาหกรรมการผลิตวัสดุทดแทนไม้ โดยทั่วไป เป็นการนำวัสดุเหลือใช้ต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น เช่น เศษไม้ หรือผงขี้เลื่อยมาผสมกับพลาสติก หรือวัสดุต่างๆแล้วนำไปขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปจะทำให้ได้วัสดุทดแทนไม้ซึ่งมีสมบัติที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับไม้จริง ถึงแม้มีสมบัติทางด้านกำลังบางประการด้อยกว่าไม้จริง แต่มีสมบัติอื่นๆที่โดดเด่นกว่าไม้จริงอยู่หลายประการ คือ มีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อม ทนต่อปลวก ไม่มีปัญหาเรื่องการขยายตัวเนื่องความชื้น ทนต่อการผุพังเนื่องจากความชื้นและเชื้อรา และมีรูปแบบการติดตั้งใกล้เคียงกับไม้จริง และมีคุณสมบัติต่างๆ เช่น สามารถผลิตได้จากวัสดุเหลือใช้ และมีลักษณะพื้นผิวที่เป็นเอกลักษณ์ และเป็นฉนวนกันความร้อนและเสียงได้ดี เป็นต้น

2.2 ประเภทของวัสดุทดแทนไม้แบ่งตามลักษณะที่นำมาประกอบแผ่น

2.2.1 กลุ่มไม้แปรรูป

2.2.1.1 ไม้ประกับโครงสร้าง เป็นการนำแผ่นไม้แปรรูปมาประกอบติดกันทางความหนาด้วยกาวเรซิ่นโดยมีแนวเสี้ยนของแผ่นไม้ทุกแผ่น ยาวไปในแนวเดียวกับความยาวของไม้ประกับมักใช้งานโครงสร้างในรูปคานและเสา

2.2.1.2 แผ่นไม้ประสาน เป็นการนำไม้แปรรูปขนาดเล็กที่คัดเลือกดีแล้วมาติดกันด้วยกาวเรซิ่น เพื่อให้ได้แผ่นไม้ประสานที่มีขนาดหน้ากว้างและยาวขึ้น มักนำไปใช้เป็นพื้นไม้กระดาน ผนังอาคารและชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์เช่น ตู้ โต๊ะ

2.2.2 กลุ่มไม้บาง

2.2.2.1 แผ่นไม้อัด ผลิตจากการนำไม้บางมาทากาวแล้วเรียงประกบกันเป็นชั้นๆโดยให้แนวเสี้ยนของไม้บางแต่ละชั้นเรียงตั้งฉากกับไม้บางชั้นถัดไป นิยมประกบเป็นชั้นในจำนวนคี่ 3, 5, 7 ชั้น

2.2.2.2 แผ่นไม้อัดไม้ไส้ระแนง เป็นแผ่นไม้อัดที่ชั้นไส้เป็นไม้ระแนงขนาดหน้ากว้าง 7 – 30 มิลลิเมตร เรียงอัดประสานต่อเนื่องกันแล้วประกบหน้าหลังด้วยไม้บางสลับเสี้ยน

2.2.2.3 แผ่นไม้อัดไส้ไม้ประกับตั้ง เป็นไม้อัดประเภทหนึ่งที่มีไส้ทำจากไม้แปรรูปนำมาวางเรียงต่อกันโดยการนำกาวเป็นตัวเชื่อมต่อและมีความกว้างอย่างน้อย 7 มิลลิเมตร ใช้ในการทำเฟอร์นิเจอร์

2.2.2.4 แผ่นไม้อัดไส้ไม้คร่าว

2.2.2.5 แผ่นไม้อัดสอดไส้

2.2.2.6 แผ่นไม้บางประกับการนำแผ่นไม้บาง (Veneer) มาประกับโดยทิศทางของเสี้ยนไปในแนวเดียวกันโดยใช้กาวเป็นตัวประสาน

2.2.3 กลุ่มชิ้นไม้

2.2.3.1 แผ่นชิ้นไม้อัด ผลิตจากการนำชิ้นไม้หรือชิ้นวัสดุลิกโนเซลลูโลสอื่นๆที่ถูกย่อยให้มีขนาดต่างๆมารวมกันเป็นแผ่น โดยมีกาวเป็นตัวประสานเชื่อมให้ติดกันภายใต้ความร้อนและแรงอัดแผ่นชิ้นไม้อัดมีลักษณะแผ่นชิ้นไม้อัดขนาดลดหลั่น ชนิดแผ่นไม้อัด 3 ชั้น และ 1 ชั้น ไม่มีการผลิตในประเทศแผ่นชิ้นไม้อัดเริ่มมีบทบาทมากขึ้นเพราะสามารถใช้ทดแทนไม้อัดได้และราคาถูกกว่าแผ่นชิ้นไม้อัด โดยจะนำมาปิดทับด้วยแผ่นพลาสติกฟอร์ไมก้า กระดาษตกแต่ง หรือนำมาใช้เป็นแกนกลางของไม้อัดเพื่อเพิ่มความหนาของไม้อัด ช่วยลดต้นทุนการผลิตไม้อัด แผ่นชิ้นไม้อัดบางชนิดจะมีรูตรงกลาง เพื่อลดปริมาณและน้ำหนักทั้งยังช่วยเป็นช่องทางสองทางสอดท่อน้ำ สายไฟ และฉนวนกันความร้อน

2.2.3.2 แผ่นเกล็ดไม้อัด คล้ายกับแผ่นชิ้นไม้อัดแต่ใช้ชิ้นไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลสอื่นๆ ที่มีลักษณะยาวและบางกว่าเป็นวัตถุดิบ เป็นการนำเอาแผ่นเกล็ดไม้มาเรียงชั้นให้ชั้นด้านนอกทั้งสองชั้นเรียงขนานตามความยาวของแผ่น ยึดติดกันด้วยกาว

2.2.3.3 แผ่นแถบไม้อัดเรียงชั้น เป็นไม้แผ่นอีกประเภทหนึ่งในรูปแบบแผ่นไม้อัด ไม้ประกอบ (Wood - based Panels) ซึ่งใช้วิทยาการความรู้ทางไม้มาประยุกต์รวมแผ่นชิ้นไม้อัด (Particleboard) แผ่นไม้อัด (Plywood) และลักษณะแผ่นไม้แปรรูป (Lumber) กล่าวคือ แผ่น OSB ประกอบด้วยชิ้นไม้เล็กๆหลากหลายขนาดและความยาว โดยนำแผ่นเศษไม้ผสมกาวก่อนที่จะนำไปเรียงให้เสี้ยนไม้อยู่ในทิศทางเดียวกันในแต่ละชั้น ซึ่งแผ่น OSB จะมีอย่างน้อย 3 ชั้น แต่ละชั้นจะวางสลับเสี้ยนขวางตั้งฉากกัน จากนั้นนำไปอัดด้วยความร้อนได้แผ่นที่กว้างและยาวตามแต่ขนาดที่ต้องการ

2.2.3.4 แผ่นไม้อัดไส้ปาร์ติเกิล เป็นแผ่นไม้อัดที่ถูกปิดผิวทั้งสองด้านด้วยไม้บางหรือไม้อัดแผ่นไม้ที่ผลิตจากการนำไม้จากธรรมชาติมาบดย่อยเป็นชิ้นขนาดเล็กๆและนำมาอัดเข้ารูปเป็นแผ่นด้วยความร้อน กาวพิเศษ และแรงอัด พร้อมการผ่านกระบวนการทางเคมี เพื่อให้สามารถป้องกันความชื้นและปลวก

2.2.4 กลุ่มเส้นใยไม้

2.2.4.1 แผ่นใยไม้อัดแข็ง ผลิตจากการนำเส้นใยจากไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลสอื่นๆที่ให้เส้นใยมารวมกันเป็นแผ่นด้วยกรรมวิธีเปียกแล้วทำการอัดร้อนเพื่อให้เกิดการยึดติดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยแผ่นเรียบหน้าเดียวสีน้ำตาลดำ

2.2.4.2 แผ่นใยไม้อัดความหนาปานกลาง ผลิตจากการนำเส้นใยจากไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลสอื่นๆ ที่ให้เส้นใยมารวมกันเป็นแผ่นด้วยกรรมวิธีแบบแห้งโดยมีกาวเป็นตัวประสาน แล้วทำการอัดร้อนสามารถผลิตให้มีความหนา 1.8 – 60 มิลลิเมตร มีแผ่นเรียบสองหน้า สีขาว - น้ำตาลอ่อน ตกแต่งผิวให้ได้ดีและไม่ใช้กาว

2.2.5 กลุ่มไม้อัดสารแร่

2.2.5.1 แผ่นฝอยไม้อัดซีเมนต์ ผลิตจากการนำฝอยไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลสอื่นๆ ซึ่งมีลักษณะแคบแต่มีความยาวกว่าและโค้งงอจากเครื่องขุดมาผสมกับซีเมนต์ แล้วขึ้นรูปด้วยการอัดค้างไว้ในแบบจนซีเมนต์มีการแข็งตัว

2.2.5.2 แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์และแผ่นใยไม้อัดซีเมนต์ ผลิตจากการนำวัสดุลิกโนเซลลูโลสที่คลุกเคล้ากับปูนซีเมนต์เป็นตัวประสานร่วมกับน้ำและสารปรับปรุงคุณภาพตามอัตราส่วนที่กำหนด แล้วขึ้นรูปในแบบอัดจนซีเมนต์แข็งตัวเต็มที่ด้วยการบ่ม เพื่อให้เกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างชิ้นไม้หรือเส้นใยวัสดุลิกโนเซลลูโลสคุณภาพจึงขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้ากันได้ระหว่างชิ้นไม้หรือเส้นใยหรือวัสดุลิกโนเซลลูโลสอื่นๆ และปูนซีเมนต์ที่ใช้เป็นสำคัญ (อาณัฏ ศิริพิชญ์ตระกูล และคณะ, 2554)

2.3 ไม้อัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและกรรมวิธีการผลิต

ไม้อัดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นไม้ที่ผลิตจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น เปลือกทุเรียนและใยมะพร้าว เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ทดแทนการใช้ไม้จากธรรมชาติและยังช่วยลดปริมาณขยะในสิ่งแวดล้อมลง โดยไม้อัดที่ทำได้จากเปลือกทุเรียน และใยมะพร้าวนี้มีคุณสมบัติดีเทียบเท่ากับไม้อัดที่ทำจากไม้ยางพาราหรือไม้ยูคาลิปตัส ที่นับวันจะมีจำนวนลดน้อยลงหรือมีราคาสูงขึ้น ตลาดของไม้อัดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นตลาดเดียวกับตลาดไม้อัดทั่วไป เนื่องจากไม้อัดชนิดนี้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นจึงสามารถทดแทนไม้อัดทั่วไปได้ค่อนข้างสมบูรณ์ แม้ว่าปัจจุบันการใช้ไม้อัดในภาคธุรกิจอสังหาริมทรัพย์มีแนวโน้มลดลง แต่การใช้ไม้อัดในภาคอุตสาหกรรมอื่น เช่น การผลิตเฟอร์นิเจอร์ ยังคงเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะเพื่อการส่งออก จึงทำให้ไม้อัดมีแนวโน้มการใช้งานสูงขึ้น อีกทั้งตัวไม้อัดเองก็มีแนวโน้มการส่งออกสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน

สำหรับการผลิตไม้อัดนั้นจะนำเนื้อไม้ที่ได้จากการปอกหรือฝานบางๆหลายแผ่นมาประกอบอัดยึดให้ติดกันด้วยกาว ซึ่งลักษณะสำคัญคือ ประกอบด้วย ไม้บางตั้งแต่ 3 ชั้นขึ้นไป โดยชั้นที่ติดกันมีแนวเสี้ยนขวางตั้งฉากกันเพื่อเพิ่มสมบัติทางความแข็งแรง และลดการขยายตัวหรือหดตัวในแนวระนาบของแผ่นให้น้อยที่สุด ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของไม้อัดตามกาวที่ใช้ได้ 3 ประเภท คือ

- แบบภายนอก ใช้กาวที่ทนทานต่อลมฟ้าอากาศ น้ำเย็น น้ำเดือด ไอน้ำและความร้อนแห้งได้ดี เหมาะสำหรับใช้ภายนอกอาคารหรือในที่ซึ่งถูกน้ำหรือละอองน้ำ
- แบบภายใน ใช้กาวที่ทนน้ำเย็นได้ดีพอสมควร ทนทานในน้ำร้อนได้ในเวลาที่จำกัดไม่ทนทานในน้ำเดือด เหมาะสำหรับใช้ภายในอาคารหรือในที่ซึ่งไม่ถูกน้ำหรือละอองน้ำ
- แบบชั่วคราว ใช้กาวที่ทนน้ำเย็นได้ในเวลาจำกัดเหมาะสำหรับใช้งานชั่วคราวในแต่ละประเภทของแผ่นไม้อัดจะมีการแบ่งชั้นคุณภาพตามลักษณะของไม้บางที่ทำเป็นไม้หน้าและไม้หลังที่นำมาประกบ โดยจะแบ่งออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ ซึ่งเลือกใช้จากประเภทของงานที่ต้องการความประณีตของหน้าไม้

นอกจากนี้ในการผลิตไม้อัดนั้นยังจำเป็นต้องมีการเลือกกรรมวิธีในการผลิตให้มีความเหมาะสมกับเนื้อไม้และหน้าที่ในการใช้งานด้วย โดยในการผลิตไม้อัดจะสามารถจำแนกวิธีการอัดได้ดังนี้

2.3.1 แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดราบ เป็นการผลิตไม้อัดโดยใช้วัสดุที่เป็นแผ่นไม้ที่ทำมาจากไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (Ligno - cellulosic material) มาประกอบและอัดติดกันด้วยกาว โดยใช้ความร้อน

2.3.2 แผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดทะลัก ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นทำจากชิ้นส่วนของเนื้อไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลส (Ligno - cellulosic material) ที่ถูกย่อยด้วยเครื่องจักรกับกาวโดยใช้วิธีอัดให้ทะลักผ่านแบบออกมา ทำให้ยึดติดกันด้วยความร้อน ชิ้นไม้ส่วนใหญ่จะถูกอัดให้นอนตัวไปตามแนวตั้งฉากกับทิศทางของการอัดทะลัก แผ่นชิ้นไม้อาจเป็นแบบตัน หรือแบบกลวงก็ได้มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 400 ถึง 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.3.3 แผ่นใยไม้อัด ผลิตภัณฑ์ไม้อัดที่ทำจากเส้นใยของไม้หรือเส้นใยของวัสดุลิกโนเซลลูโลส (Ligno - cellulosic material) อื่นๆ เป็นองค์ประกอบ โดยการอัดร้อนหรือให้ความร้อน เพื่อให้เกิดความยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยด้วยกัน มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 800 ถึง 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.3.4 แผ่นชิ้นไม้อัดซีเมนต์ ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นทำจากชิ้นไม้และปูนซีเมนต์ปอร์ต-แลนด์ มีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1,100 ถึง 1,300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในการผลิตไม้อัดจากผักตบชวา และเส้นใยมะพร้าว จะใช้กรรมวิธีตามการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดทะลัก และแผ่นใยไม้อัดแข็ง โดยถ้าเป็นผักตบชวาที่ตัดเป็นชิ้นแล้วจะทำการผลิตแบบแผ่นชิ้นไม้อัดชนิดอัดทะลัก ส่วนการผลิตไม้อัดจากใยมะพร้าวจะผลิตแบบแผ่นใยไม้อัดแข็ง

สำหรับขั้นตอนและกระบวนการผลิตไม้อัดจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะมีการใช้เครื่องจักรย่อยไม้ออกเป็นชิ้นไม้ตามลักษณะที่ต้องการ แล้วอบจนได้ความชื้นที่พอเหมาะด้วยเครื่องอบแยกชิ้นไม้ออกเป็นขนาดต่างๆ ตามที่ต้องการ แล้วนำไปคลุกเคล้ากับกาวตามอัตราส่วนที่เหมาะสมด้วยเครื่องจักร ในระยะนี้อาจผสมสารเติมแต่งลงไปด้วยก็ได้และต้องควบคุมให้ปริมาณความชื้นของชิ้นไม้หลังจากผสมกาวและสารเติมแต่งแล้วอยู่ในระดับที่เหมาะสม นำชิ้นไม้ไปอัดร้อนโดยวิธีอัดทะลัก ทั้งนี้ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิ แรงอัด และระยะเวลาอัดร้อน แล้วต้องนำไปปิดทับหน้าด้วยไม้บางหรือวัสดุอื่นๆ (สุทธิชัย อุดมรัตน์, 2555)

2.4 วัสดุผสม (Composite materials)

วัสดุผสม (Composite materials) คือ วัสดุที่มีองค์ประกอบทางเคมีหรือโครงสร้าง แตกต่างกันตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมาผสมกัน ซึ่งวัสดุที่ได้จะมีสมบัติของวัสดุเริ่มต้นรวมกัน โดยทั่วไปแล้วคอมโพสิตจะประกอบด้วยวัสดุตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็นเนื้อหลักหรือ เมทริกซ์ (matrix) และวัสดุที่ทำหน้าที่เป็นเฟสที่กระจายตัวอยู่ (dispersed phase) ในเมทริกซ์นั้น หรืออาจเรียกว่าเป็นสารเสริมแรง (reinforcement phase) การรวมตัวของสารเสริมแรงกับสารพื้น ซึ่งในบางกรณีจะถือว่าสารพื้นเป็นเสมือนกาวเชื่อมวัสดุเสริมแรงเข้าด้วยกัน และปกป้องวัสดุเสริมแรงจากผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม

วัสดุผสมสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

2.4.1 วัสดุผสมที่เป็นวัสดุเสริมแรงมีลักษณะเส้นใย (Fibrous composites)

- เส้นในสั้นแบบสุ่ม (Random/Short fiber)
- เส้นใยยาว/เส้นใยต่อเนื่อง (Continuous/Long fiber)

2.4.2 วัสดุผสมที่เป็นวัสดุเสริมแรงมีลักษณะเป็นอนุภาค (Particle composites)

2.4.3 วัสดุผสมที่วัสดุเสริมแรงมีลักษณะเป็นแผ่นหรือชิ้นเล็กๆ (Flake composites)

2.4.4 วัสดุผสมที่เป็นวัสดุเสริมแรงเป็นสารตัวเติม (Filler composites)

องค์ประกอบของวัสดุผสม สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

- สารพื้น คือ ส่วนประกอบของวัสดุผสม โดยทั่วไปจะมีความแข็งแรงน้อยกว่าสารเสริมแรง สารพื้นจะเป็นส่วนที่มีความต่อเนื่องและปกคลุมส่วนที่เป็นสารเสริมแรงจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เมื่อวัสดุผสมได้รับภาระภายนอกกระทำจะส่งผ่านจากสารพื้นไปสู่สารเสริมแรงซึ่งมีความแข็งแรงสูงกว่า เป็นผลให้เกิดการรับภาระได้สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัสดุที่เป็นสารพื้นที่ไม่มีการเสริมแรง

- ส่วนเสริมแรง คือ ส่วนประกอบที่ช่วยให้สมบัติความแข็งแรงของวัสดุผสมดีขึ้น โดยทั่วไปจะมีความแข็งแรงมากกว่าสารพื้น เป็นส่วนการรับแรงที่ส่งผ่านมาจากสารพื้น ขนาด และรูปร่างของสารเสริมแรงเป็นตัวแปรที่สำคัญมากตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพในการเสริมแรง ซึ่งจะทำให้วัสดุผสมมีความแข็งแรงมากขึ้น

สหรับคุณสมบัติของวัสดุผสมนั้นขึ้นอยู่กับส่วนต่างๆ ได้แก่ การยึดติดระหว่างสารพื้นและสารเสริมแรง สมบัติของสารพื้นและสารเสริมแรง ขนาดและรูปร่างของสารเสริมแรง ปริมาณสารเสริมแรง กระบวนการผลิต การจัดเรียงการกระจายตัวของสารเสริมแรง และช่องว่างภายในของวัสดุผสม

2.5 พืชที่นำมาผลิตเส้นใยธรรมชาติและคุณสมบัติของเส้นใยธรรมชาติ

พืชที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นเส้นใยธรรมชาติเพื่อนำไปใช้ประโยชน์นั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ปลูกเพื่ออุตสาหกรรม กลุ่มส่วนที่เหลือจากการทำการเกษตร และกลุ่มที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ สำหรับคุณสมบัติของเส้นใยธรรมชาตินั้นจะมีองค์ประกอบของเซลลูโลส ซึ่งมีความทนทานต่อแรงบดอัด ทนทานต่อความเป็นกรดหรือด่างอ่อนๆ ทนทานต่อความร้อน

2.5.1 กลุ่มที่ปลูกเพื่ออุตสาหกรรม (Industrial crops) ได้แก่ ฝ้าย ป่านศรนารายณ์ ปอชนิดต่างๆ และไม้โตเร็ว เป็นต้น

2.5.2 กลุ่มส่วนที่เหลือจากการทำการเกษตร (Agricultural by-product) ได้แก่ ฟางข้าว เปลือกข้าวโพด ชานอ้อย ใบสับปะรด ใยมะพร้าว กล้วย เป็นต้น

2.5.3 กลุ่มที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (Natural grow crops) ได้แก่ หญ้าแฝก หญ้าคา ต้นอ้อ และผักตบชวา เป็นต้น

2.6 ข้อดีของการพัฒนาเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุก่อสร้าง

2.6.1 เส้นใยธรรมชาติที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Non-Toxic substances) เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยหิน (Asbestos) ที่ใช้ผลิตกระเบื้องมุงหลังคา กระเบื้องแผ่นเรียบและไม้ฝาเทียมนั้นเป็นวัสดุที่มีความป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ โดยหากใช้งานเป็นระยะเวลานานจะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ

2.6.2 เป็นวัสดุที่ผลิตใช้ไม่มีวันหมดไปเหมือนแร่ธาตุตามธรรมชาติ เนื่องจากสามารถปลูกเพื่ออุตสาหกรรมและส่วนที่เหลือทิ้งจากการเกษตร และพืชบางชนิดสามารถเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

2.6.3 เป็นวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Recycle) ด้วยคุณสมบัติพิเศษของเส้นใย หากใช้กรรมวิธีที่เหมาะสมก็จะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ปัจจุบันมีการนำกระดาษที่ใช้แล้ว (เยื่อกระดาษ) นำกลับมาเป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น วัสดุผิวพื้น แผ่นไฟเบอร์อัดแน่น เป็นต้น

2.6.4 ช่วยลดการเกิดปัญหาสภาวะโลกร้อน จากการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาส่วนที่เหลือใช้จากการทำเกษตรช่วงหลังเก็บเกี่ยว

2.6.5 มีน้ำหนักเบาและมีความหนาแน่นต่ำ ซึ่งตามปกติแล้วเส้นใยธรรมชาติจะมีความแข็งแรงไม่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยสังเคราะห์ แต่หากนำมาผลิตเป็นวัสดุผสมก็จะได้วัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำและมีความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง

2.7 การเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุทางการเกษตร

ในปัจจุบันงานวิจัยที่มีการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในการผลิตแผ่นผนังน้ำหนักเบา และอิฐมวลเบาเป็นจำนวนมาก สมบัติทางกายภาพของอิฐมวลเบาที่ใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานเพื่อให้มีน้ำหนักเบาและสามารถทนต่อแรงกระแทกและแรงอัดได้เป็นอย่างดี แต่การใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานนั้นมีข้อจำกัดในด้านราคาของน้ำยางพารา หากช่วงใดราคาน้ำยางพาราสูงก็จะไม่เหมาะในการนำน้ำยางพารามาผสมในการทำอิฐมวลเบา อีกทั้งต้องใช้สารเคมีเป็นจำนวนมากในการปรับปรุงคุณสมบัติของน้ำยางพาราที่จะนำมาใช้เป็นตัวประสาน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศจำนวนมากที่นำเสนอแนวทางการใช้เส้นใยจากธรรมชาติ เช่น ผักตบชวา (Water hyacinth fiber) กากอ้อย (Sugar cane bagasses) กากทะลายปาล์ม (Date palm fiber) ใยมะพร้าว เปลือกมะพร้าวอ่อน และเปลือกทุเรียน มาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นผนังมวลเบา แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของความชื้นของวัตถุดิบ ความชื้นของชิ้นงาน ความทนทาน และข้อจำกัดด้านความแข็งแรงของชิ้นงานที่ผลิตได้ เป็นต้น

ประเภทของเส้นใยที่มีความเหมาะสมทั้งลักษณะทางกายภาพ ความเป็นไปได้ด้านอื่นๆ และลักษณะทางเคมีที่จะใช้เป็นส่วนหนึ่งในการเป็นวัสดุกันความร้อน คือ เส้นใยกาบมะพร้าว และกากเยื่อใยปาล์ม ซึ่งพบว่ามี งานวิจัยเกี่ยวกับการกันความร้อนของวัสดุก่อสร้างผสมเส้นใยกาบมะพร้าวผสมปูนซีเมนต์และน้ำในปริมาณร้อยละ 7.5 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ แล้วอัดขึ้นรูปเป็นกระเบื้องแผ่นเรียบ พบว่า ลักษณะและปริมาณเส้นใยดังกล่าวมีความเหมาะสมกับการอัดเป็นแผ่นกระเบื้องที่มีคุณสมบัติเชิงกลตรงตามมาตรฐาน ASTM C 802-72 ในช่วงการทดสอบผลิตภัณฑ์ในระยะสั้นและต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าต้นทุนในการผลิตกระเบื้องมุงหลังคาประเภทสังกะสีและกระเบื้องมุงหลังคาซีเมนต์แร่ใยหิน แต่อย่างไรก็ตามในงานวิจัยดังกล่าวยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนซึ่งอาจทำให้ความร้อนจากภายนอกอาคารผ่านเข้าสู่ตัวอาคารทางหลังคาได้

Khedari *et al*. (2001) ได้ศึกษาอัตราส่วนผสมมอร์ต้าที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ ทราย เส้นใยกาบมะพร้าว เปลือกทุเรียน และน้ำ เพื่อทำเป็นวัสดุก่อสร้างที่สามารถกันความร้อนได้ดีขึ้น พบว่า มอร์ต้าที่ผสมสัดส่วนเส้นใยกาบมะพร้าวที่ความยาวเส้นใยน้อยกว่า 2 มิลลิเมตรที่ร้อยละ 20 ของปริมาณปูนซีเมนต์ และใช้ทรายขนาดเล็กกว่า 0.71 มิลลิเมตร ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมในด้านความจุความหนาแน่นที่เบากว่ามอร์ต้าทั่วไปร้อยละ 52 กำลังรับแรงอัดที่เหมาะสมจะเป็นวัสดุที่ไม่ได้รับน้ำหนักมาก ตรงตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM C 109 (2MPa) การวิจัยเกี่ยวกับการผสมเส้นใยกาบมะพร้าวในแผ่นผนังแบบเบา และพิจารณาถึงคุณสมบัติทั้งทางกายภาพ เชิงกล และทางความร้อนของแผ่นผลิตภัณฑ์ พบว่า เส้นใยที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วงความยาว 10-60 มิลลิเมตร และมีการต้มและล้างเส้นใยก่อนที่จะนำไปผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำ ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์:เส้นใย:น้ำ เท่ากับ 2:1:2 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติทั้งสามด้านดีเทียบเท่าแผ่นผนังไม้อัดตามท้องตลาด แต่ค่าการนำความร้อนนั้นยังคงสูงกว่าเส้นใยประเภทที่ไม่ได้ทำการล้างหรือต้ม แต่อย่างไรก็ตามค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อความแตกต่างของค่าการนำความร้อนและคุณสมบัติเชิงกล โดยผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นสูงจะมีค่าความแข็งแรงมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำเนื่องจากมีช่องว่างของอากาศภายในตัวชิ้นงานมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นสูง สำหรับในต่างประเทศที่มีลักษณะภูมิอากาศร้อนชื้นคล้ายกับประเทศไทย เช่น ประเทศอินเดีย มีการศึกษาเกี่ยวกับการผลิตซีเมนต์มอร์ต้าแผ่นเรียบที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าวในสัดส่วนการผสม ร้อยละ 2 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ และใช้ความยาวเส้นใยเท่ากับ 20 มิลลิเมตร ทำให้ชิ้นงานมีความสามารถในการรับแรงอัดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้มีงานวิจัยอีกเป็นจำนวนมากที่ใช้ส่วนผสมจากกากเส้นใยปาล์มที่มีคุณสมบัติพื้นฐานของเส้นใยและความเป็นไปได้ด้านอื่นๆ ใกล้เคียงกับเส้นใยจากกาบมะพร้าว

ในขณะที่มีการวิจัยเกี่ยวกับเส้นใยประเภทนี้ภายในประเทศไทยน้อย ในประเทศอื่นที่มีศักยภาพในการปลูกปาล์มน้ำมันนั้นได้มีการคำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากกากของเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันในหลายรูปแบบ โดยความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยปาล์มมาเป็นวัสดุผสมในชิ้นงานซีเมนต์นั้น พบว่า เส้นใยจากผิวรอบทะลายให้ผลที่เหมาะสมที่สุดในเชิงกลของวัสดุซีเมนต์ โดยผสมในสัดส่วนร้อยละ 2-3 โดยปริมาตร และความยาวเส้นใยในช่วง 15-60 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถพัฒนากำลังรับแรงดัดของคอนกรีตในช่วงหลังจากเกิดการแตกร้าว (crack) ได้ (Abdullah *et al*., 2011) โดยลักษณะของเส้นใยที่มีสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำนั้นจะให้ผลในด้านความแข็งแรงของชิ้นงานที่ขึ้นรูปและมีความทนทานสูงกว่าเส้นใยที่มีสภาพแห้ง เนื่องจากเส้นใยนั้นจะไม่ดูดซึมน้ำในส่วนผสมซีเมนต์

สำหรับการใช้เส้นใยธรรมชาติ เช่น เส้นใยจากกาบมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเป็นส่วนผสมของซีเมนต์เพสต์ในปริมาณที่เหมาะสมทำให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ที่มีค่าความหนาแน่นลดลงและมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี โดยจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำลงด้วย จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนกันความร้อน และช่วยลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นกระเบื้องหลังคาในตลาดปัจจุบัน แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติทั้งสองชนิด มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญดังนั้นหากนำวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์นี้ไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ก่อสร้างสำหรับอาคารพักอาศัยที่ใช้ระบบปรับอากาศจะส่งผลให้สามารถลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศได้ (P. Lertwattanaruk and A. Suntijitto, 2012)

ลักษณะของเส้นใยกาบมะพร้าวก่อนการปรับปรุงคุณภาพนั้นจะมีผิวขรุขระไม่สม่ำเสมอ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสิ่งเจือปนต่างๆ บนอนุภาคของเส้นใยและหลังผ่านการปรับสภาพด้วยการล้างและต้มสิ่งเจือปนต่างๆ บนเส้นใยจึงมีปริมาณลดลง เส้นใยทั้งสองจึงมีลักษณะผิวเรียบและสม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดช่องว่างภายในอนุภาคเพิ่มมากขึ้น และมีความหนาแน่นลดลง (Asasutjarit *et al*., 2009) การล้างและการต้มเป็นการกำจัดสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำบางส่วนออกจากเส้นใย และนำไปสู่การเพิ่มปริมาณช่องว่างและพื้นที่ผิวของอนุภาคและเพิ่มความสามารถในการดูดซับความชื้น ซึ่งส่งผลให้สารประกอบทางเคมีและปูนซีเมนต์สามารถทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้นช่วยให้เกิดการยึดเกาะระหว่างซีเมนต์และเส้นใยดีขึ้น (Delvasto *et al*., 2010)

นราธิป ทับทัน (2555) ได้ทำการทดสอบการรับแรงอิฐดินที่ผลิตจากดินผสมกับแกลบและฟางในสัดส่วนต่างๆ ผลจากการทดสอบพบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตอิฐดิน คือ ดินเหนียว : ทราย : เส้นใย เท่ากับ 1.5 : 1.5 : 1 โดยการขึ้นรูปอิฐดินต้นแบบขนาด 10x20x30 ซ.ม. และอิฐดินที่ผลิตได้จะมีประสิทธิภาพในการรับแรงเฉลี่ย 23.45 - 24.71 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยดิฐดินมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อก้อนประมาณ 10.16 กิโลกรัม

กฤษฎา คงเดิม (2552) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นใยไม้อัดจากเศษเหลือของปาล์มน้ำมัน (ทะลายเปล่าปาล์มน้ำมัน ทางใบปาล์มน้ำมัน และกะลาปาล์มน้ำมัน) นำมาอัดร้อนโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน ให้มีขนาดความกว้างxความยาวเท่ากับ 300 มิลลิเมตร × 300 มิลลิเมตร และมีความหนา 10 mm แล้วนำแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล พบว่า เศษเหลือของปาล์มน้ำมันสามารถนำมาผลิตไม้อัดโดยใช้กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์เป็นตัวประสาน โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอัดประสานเศษเหลือของปาล์มน้ำมันอยู่ในช่วง 110 – 125 องศาเซลเซียส

อาณัฏ ศิริพิชญ์ตระกูล และคณะ (2554) ได้ศึกษาการออกแบบและพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ของตกแต่งบ้านจากหญ้าแฝกเพื่อการสร้างประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ พบว่า การทดสอบชุดเฟอร์นิเจอร์จากวัสดุหญ้าแฝกด้วยเกณฑ์การทดสอบเรื่องแรงสถิตย์กระทำต่อพื้นนั่ง แรงสถิตย์กระทำต่อพนักพิง เกณฑ์การทดสอบเรื่องแรงสถิตย์ดันเท้าแขนด้านข้างและแรงสถิตย์กระทำต่อปีกพักศีรษะ เกณฑ์การทดสอบเรื่องแรงสถิตย์กระทำกดลงเท้าแขน เกณฑ์การทดสอบเรื่องแรงสลับกระทำต่อพื้นนั่งและแรงสลับกระทำต่อพนักพิง เกณฑ์การทดสอบเรื่องแรงกระทำต่อฐาน เกณฑ์การทดสอบเรื่องแรงกระแทกต่อพื้นนั่งและแรงกระแทกต่อเท้าแขน และเกณฑ์การทดสอบยกปลายข้างในข้างหนึ่งขึ้นแล้วปล่อยลงอิสระอยู่ในระดับที่ผ่านเกณฑ์ทดสอบ

Viswanathan (2000) และคณะ ได้ศึกษาถึงลักษณะการดูดซึมน้ำและการพองตัวของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ดที่ทำด้วยกาบมะพร้าวโดยมีขนาดของแผ่นที่ใช้ในการทดลอง ขนาดกว้าง 250 mm ยาว 250 mm และหนา 12 mm ค่าความหนาแน่นของแผ่น 0.9 g/cm^3 โดยใช้กาบมะพร้าวขนาด 2.1, 1.2, 0.80 และ0.45 mm นำมาผสมรวมกันโดยใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ เรซิ่น และกาวยูเรีย-ฟอร์มมาลดีไฮด์ เรซิ่น โดยใช้สัดส่วนของกาวประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ และ 21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า แผ่นที่ทำจากกาบมะพร้าวที่มีขนาดเล็กๆ จะส่งผลให้ชิ้นงานมีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด สำหรับกรณีที่ใช้กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮล์ เรซิ่น พบว่ามีค่าการดูดซึมน้ำหลังแช่น้ำ 2 และ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในฝัน แว่วสอน (2547) ได้ศึกษาการผลิตวัสดุติดผนังภายในด้วยวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่หาได้ง่ายในประเทศไทย ได้แก่ กาบมะพร้าวและฟางข้าวมาใช้เพื่อผลิตวัสดุติดผนังภายในโดยการทำการอัดแบบเปียกร่วมกับเยื่อกระดาษ 2 ชนิด คือ เยื่อกระดาษชานอ้อยสำเร็จรูปชนิดฟอกเยื่อ และเยื่อกระดาษเตรียมขึ้นเองเพื่อเป็นตัวผสาน หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต และนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาผึ่งให้แห้งและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของชิ้นงาน จากการทดลองพบว่า ความแข็งแรงของชิ้นงานที่มีส่วนผสมของเส้นใยมะพร้าวจะมีความแข็งแรงกว่าชิ้นงานที่มีส่วนผสมของฟางข้าว ในขณะที่ความสามารถในการดูดซับเสียงของชิ้นงานที่มีส่วนผสมของฟางข้าวนั้นเนื่องจากเส้นใยมีขนาดเล็กจึงสามารถดูดซับเสียงได้ดีกว่าเส้นใยมะพร้าว แต่ความหนาของชิ้นงานที่มีส่วนผสมของเส้นใยมะพร้าวจะมีความคงตัวดีกว่าเนื่องจากสมบัติของเส้นใย เนื่องจากชิ้นงานสามารถดูดความชื้นในอากาศจึงมีน้ำหนักไม่คงที่

ชีวารัตน์ ม่วงพัฒน์ (2550) ได้ศึกษาโครงสร้างภายในของวัสดุเส้นใยธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นโพรงอากาศ ทำให้วัสดุเส้นใยธรรมชาติมีศักยภาพที่จะมีค่าการนำความร้อนต่ำและมีสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อน โดยคัดเลือกเส้นใยในท้องถิ่นมาศึกษาสมบัติขั้นต้นในการเตรียมเส้นใยเพื่อเป็นวัตถุดิบ ได้แก่ ชานอ้อย หญ้าขน ฟางข้าว กก หญ้าคา ใบสับปะรด ใบไผ่ ขุยมะพร้าว ใบยางพารา ใบตาล ทลายและเปลือกผลปาล์ม โดยศึกษาลักษณะทางกายภาพ ความยากง่ายในการตัด และลักษณะโครงสร้างภายในที่เหมาะสมในการทำเป็นวัสดุผนังที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ

ณัฐพัชร สืบบัวแก้ว และคณะ (2554) ได้ทำการพัฒนาเป็นอิฐมวลเบาจากกระดาษเหลือใช้ตามอัตราส่วนน้ำหนักกับปริมาตรและทำการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานอิฐมวลเบา จากการศึกษาพบว่า การทดสอบอิฐมวลเบาโดยใช้ด้วยกระดาษเหลือใช้ พบว่า อิฐมวลเบาจากกระดาษเหลือใช้ในอัตราส่วนต่างๆ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอิฐมวลเบา โดยอัตราส่วนที่เหมาะสม คือการใช้กระดาษ 50 กิโลกรัม ไม่มีทรายเป็นส่วนผสม ปูนซีเมนต์ 30 กิโลกรัม ยิบซั่ม 9 กิโลกรัม ปูนขาว 9 กิโลกรัม และ ผงอลูมิเนียม 2 กิโลกรัม จะส่งผลให้ชิ้นงานที่ผลิตขึ้นได้นั้นมีค่าความหนาแน่น ค่าความชื้น และค่าความต้านแรงตึงกับผิวหน้าเทียบเท่ามาตรฐานอิฐมวลเบา ส่วนค่าความดูดซึมน้ำสูงกว่ามาตรฐานอิฐมวลเบา จึงอาจนำผลการศึกษาที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการก่อสร้างผนังภายในอาคารได้ แต่อาจมีข้อจำกัดในเรื่องของการดูดความชื้นของชิ้นงานจึงไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้กับวัสดุที่ต้องรับน้ำหนัก

วชิระ แสงรัศมี (2555) การพัฒนาบล็อกประสานน้ำหนักเบาที่มีค่าการนำความร้อนต่ำเพื่อใช้ในการก่อสร้างและการตกแต่งภายนอกอาคารม โดยการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เยื่อกระดาษเหลือทิ้งในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อลดความหนาแน่นของวัสดุ และลดค่าการนำความร้อน โดยคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และการนำความร้อนของบล็อกประสานจะถูกทดสอบคุณสมบัติหลังจากการบ่มเป็นระยะเวลา 28 วัน โดยการเพิ่มส่วนผสมของเยื่อกระดาษเหลือทิ้งช่วยลดน้ำหนักและลดความหนาแน่นของวัสดุได้ดี สำหรับการผลิตบล็อกประสานนี้เป็นการใช้ประโยชน์จากเยื่อกระดาษเหลือทิ้งในโรงงานผลิตกระดาษนี้จะช่วย เพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้ง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องความร้อน การบริหารจัดการของเสียจากโรงงานและช่วยรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

จากงานวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบแนวทางในการดำเนินการวิจัยที่สามารถผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยกาบมะพร้าวได้ โดยการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการนำมาทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ และของตกแต่งในรูปแบบต่างๆ ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม และเป็นการพัฒนานวัตกรรมใหม่ๆ ให้ควบคู่ไปกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติต่อไปได้ในอนาคต

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 เส้นใยกาบมะพร้าว

3.1.2 กระดาษใช้แล้วสองหน้า

3.1.3 สารเติมแต่ง เช่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาว และน้ำ เป็นต้น

3.1.4 แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปชิ้นงาน ขนาด 5X5X5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และขนาด 14X6.5X4 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.1.5 เครื่องบด

3.2 อัตราส่วนของส่วนผสมการขึ้นรูปชิ้นงาน

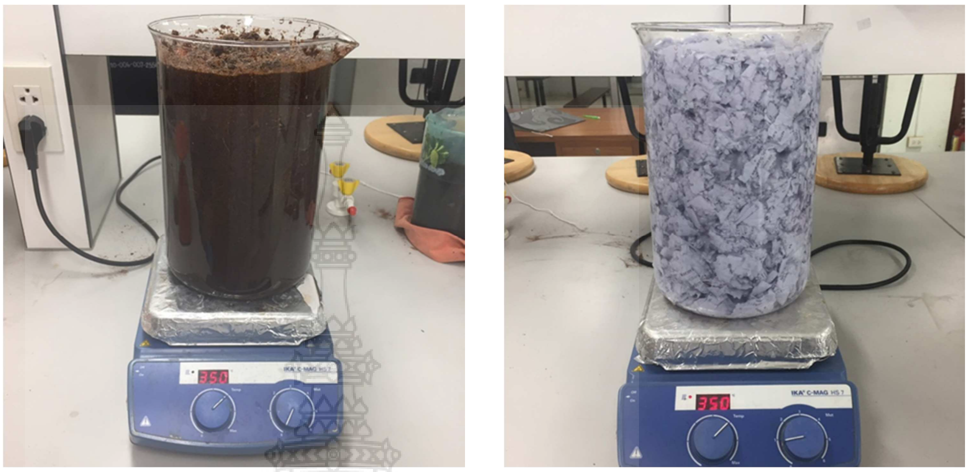
อัตราส่วนของเส้นใยกาบมะพร้าวและกระดาษใช้แล้วสองหน้าที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาว และน้ำ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของเส้นใยกาบมะพร้าวและกระดาษใช้แล้วสองหน้าที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน

เส้นใยกาบมะพร้าว (%)	เส้นใยกาบมะพร้าว (g)	กระดาษใช้แล้ว (g)	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาว (g)	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาว (%)	น้ำ (ml)	น้ำ (%)
100	0.0	250.0	100.0	10	100	10
75	62.5	187.5	100.0	10	100	10
50	125.0	125.0	100.0	10	100	10
25	187.5	62.5	100.0	10	100	10
0	250.0	0.0	100.0	10	100	10

3.3 ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน

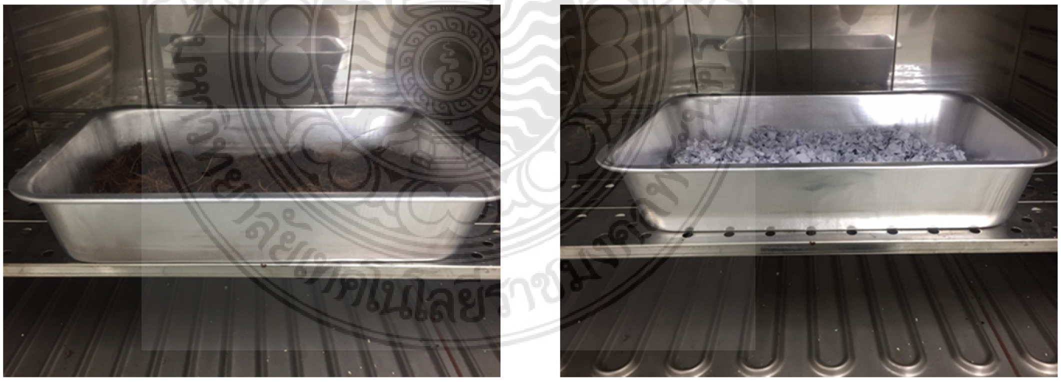
3.3.1 นำขุยมะพร้าวและกระดาษใช้แล้วสองหน้าต้มในน้ำเดือด ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง



(ก) การต้มเส้นใยกาบมะพร้าว (ข) การต้มกระดาษใช้แล้วสองหน้า

ภาพที่ 3.1 เส้นใยกาบมะพร้าวและกระดาษใช้แล้วสองหน้าต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

3.3.2 นำเส้นใยกาบมะพร้าวและกระดาษใช้แล้วสองหน้าที่ผ่านการปรับสภาพด้วยความร้อน เข้าตู้อบลมร้อนเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง



(ก) การอบเส้นใยกาบมะพร้าว (ข) การอบกระดาษใช้แล้วสองหน้า

ภาพที่ 3.2 การอบไล่ความชื้น ที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

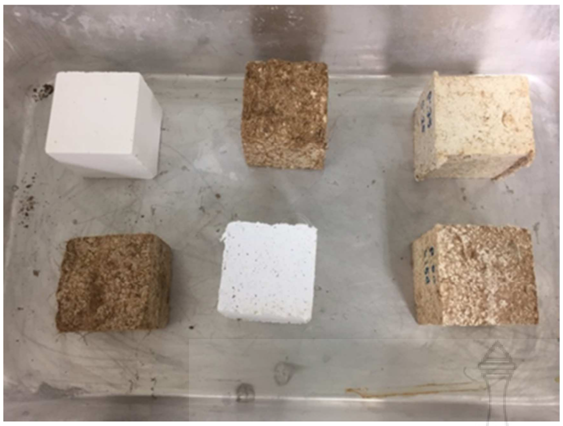
3.3.3 กำหนดอัตราส่วนของวัสดุที่ใช้ในการทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

3.3.4 นำแต่อัตราส่วนผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาวและน้ำจนเป็นเนื้อเข้ากันดี จากนั้นขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ในแม่พิมพ์ขนาด 5X5X5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และขนาด 14X6.5X4 ลูกบาศก์เซนติเมตร บ่มให้แห้งเป็นระยะเวลา 28 วัน เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน

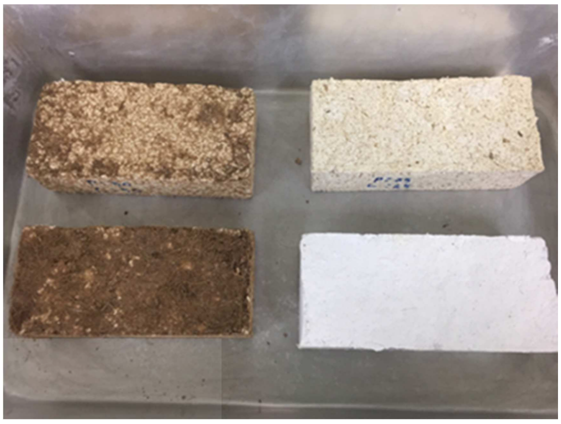
(ก) วัตถุดิบตามอัตราส่วนต่างๆ

(ข) วัตถุดิบภายหลังจากกวนผสม

ภาพที่ 3.3 การผสมวัตถุดิบที่ใช้สำหรับขึ้นรูป



(ก) ขนาด 5X5X5 ลูกบาศก์เซนติเมตร



(ข) ขนาด 14X6.5X4 ลูกบาศก์เซนติเมตร

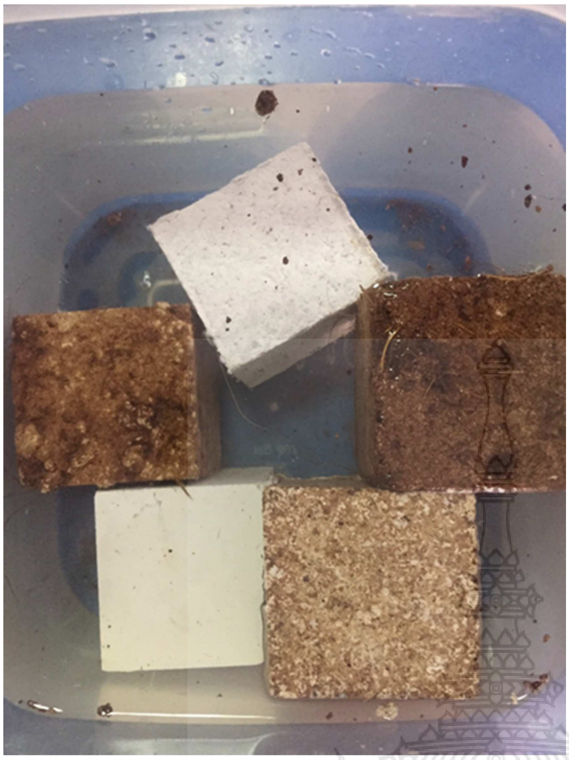
ภาพที่ 3.4 ผลิตภัณฑ์วัสดุทดแทนจากเส้นใยกาบมะพร้าว

3.4 การทดสอบคุณสมบัติของชิ้นงานวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว

3.4.1 ทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water absorption Test)

3.4.1.1 จากการบ่มชิ้นงานเป็นระยะเวลา 28 วัน นำชิ้นงานมาทดสอบค่าดูดซึมน้ำ โดยการนำชิ้นงานอบที่อุณหภูมิ 105±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง วัดมวลและปริมาตรชิ้นงาน อ่านและบันทึกค่า

3.4.1.2 แช่ชิ้นงานในน้ำ โดยปริมาณน้ำต้องท่วมชิ้นงาน เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดนำผ้าซับพื้นผิวของชิ้นงานและทำการชั่งน้ำหนักชิ้นงานอีกครั้ง จากนั้นอ่านและบันทึกค่า



(ก) ขนาด 5X5X5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

(ข) ขนาด 14X6.5X4 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ภาพที่ 3.5 การแช่ชิ้นงานเพื่อทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์

สูตรการคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำ

$$A = [(M-D)/D] \times 100$$

ที่มา : มาตรฐาน ASTM C642–06

โดย A = ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)

M = น้ำหนักชิ้นทดสอบเปียก (กรัม)

D = น้ำหนักชิ้นทดสอบแห้ง (กรัม)

3.4.2 การทดสอบความหนาแน่น (Density Test)

3.4.2.1 ชั่งน้ำหนักของชิ้นทดสอบ

3.4.2.2 วัดขนาดชิ้นทดสอบ ความกว้างXความยาวXความสูง และนำมาคำนวณเป็นปริมาตรของชิ้นทดสอบ

สูตรการคำนวณความหนาแน่น

$$D = m/v$$

ที่มา : มาตรฐาน ASTM C642–06

โดย D = ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

m = มวลของวัตถุ (กรัม)

V = ปริมาตรของวัตถุ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

3.4.3 การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างพื้นผิวของตัวอย่างและธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างที่ขึ้นรูปได้จากการทดลองด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) และการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน (Energy Dispersive X-Ray Spectrometer; EDS)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตบชวา แป้ง และกาว และส่วนที่ 2 ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมกระดาษใช้แล้วสองหน้าที่ผ่านการปรับสภาพด้วยความร้อน และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาว โดยมีรายละเอียดดังนี้

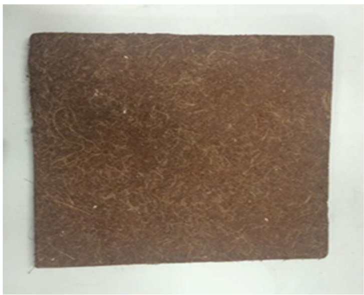
4.1 ผลของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตบชวา แป้ง และกาว

ค่าการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยกาบมะพร้าว และเส้นใยผักตบชวา สำหรับค่าความหนาแน่นของแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติที่ผสมเส้นใยกาบมะพร้าวและเส้นใยผักตบชวาที่วัตถุดิบต่างๆ นั้น มีความแตกต่างกัน โดยเส้นใยผักตบชวามีความหนาแน่นต่ำที่สุด รองลงมาคือ เส้นใยผักตบชวาและแป้งมัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากขนาดคละของเส้นใยที่สม่ำเสมอซึ่งมีส่วนช่วยให้แผ่นวัสดุทดแทนไม้นั้นมีช่องว่างภายในน้อยและแป้งมันมีคุณสมบัติเป็นกาวประสานและเนื้อแป้งมีความละเอียดจึงทำให้แผ่นวัสดุทดแทนไม้มีความแข็งแรงและทนทาน สำหรับค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยกาบมะพร้าวและเส้นใยผักตบชวาที่วัตถุดิบต่างๆ มีความแตกต่างกัน โดยเส้นใยกาบมะพร้าวมีการดูดซึมน้ำน้อยที่สุด รองลงมาคือ เส้นใยกาบมะพร้าวและแป้งมัน ในขณะที่เส้นใยผักตบชวามีการดูดซึมน้ำมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากความสม่ำเสมอของเส้นใยที่ใช้ในการขึ้นรูป นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าความแข็งแรงแบบดัดของแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยกาบมะพร้าวและเส้นใยผักตบชวาที่วัตถุดิบต่างๆ นั้น มีความแตกต่างกันเนื่องจากลักษณะคุณสมบัติเฉพาะตัวของเส้นใย รูปร่างลักษณะ และความสามารถในการยึดเหนี่ยวกันเป็นแผ่นของเส้นใยแต่ละชนิด นอกจากนี้ความหนาแน่นของแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติที่สูงจะมีพื้นที่ในการรับแรงมาก ทำให้สามารถรับแรงได้มาก แต่ถ้าความหนาแน่นของแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติต่ำจะส่งผลให้ความสามารถรับแรงดัดของชิ้นงานลดลง โดยเส้นใยกาบมะพร้าวจะมีค่าความแข็งแรงแบบดัดสูงที่สุด รองลงมาคือเส้นใยกาบมะพร้าวผสมแป้งมัน ในขณะที่เส้นใยผักตบชวาจะมีค่าความแข็งแรงแบบดัดต่ำที่สุด สำหรับข้อมูลผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยกาบมะพร้าวและเส้นใยผักตบชวาสามารถแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 4.1 และลักษณะของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตบชวา แป้ง และกาวที่ขึ้นรูปได้สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว ผสมเส้นใยผักตบชวา แป้ง และกาว (n=3)

แผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติ	ค่าความหนาแน่น (g/cm^3)	ค่าการดูดซึมน้ำ (%)	ค่าความแข็งแรงดัด (MPa)
เส้นใยกาบมะพร้าว	0.52	33.00	11.90
เส้นใยผักตบชวา	0.40	127.00	6.50
เส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตบชวา	0.46	117.00	10.42
เส้นใยกาบมะพร้าวและแป้งมัน	0.58	25.00	10.85
เส้นใยผักตบชวาและแป้งมัน	0.45	50.00	7.90
เส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตบชวาและแป้งมัน	0.58	29.00	8.10

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



(ก) วัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยกาบมะพร้าว

(ข) วัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยผักตบชวา

(ค) วัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตบชวา

(ง) วัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยกาบมะพร้าวและแป้งมันสำปะหลัง

(จ) วัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยผักตบชวาและแป้งมันสำปะหลัง

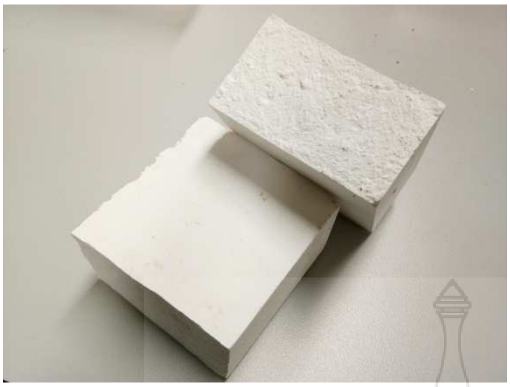
(ฉ) วัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตบชวาและแป้งมันสำปะหลัง

ภาพที่ 4.1 ลักษณะของแผ่นวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตกชวา แป้ง และกาว

4.2 ผลของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมกระดาษใช้แล้วสองหน้าที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาว

การขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้จากเส้นใยเส้นใยกาบมะพร้าวและกระดาษใช้แล้วสองหน้าที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพของด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมงนั้น จากนั้นนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีขนาด 5X5X5 ลูกบาศก์เซนติเมตร และขนาด 14X6.5X4 ลูกบาศก์เซนติเมตร นอกจากนี้ยังสามารถสรุปได้ว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของเส้นใยกาบมะพร้าวจะส่งผลให้ค่าความแข็งแรงทั้งในรูปการรับแรงอัดและการรับแรงดัดของชิ้นงานที่ผลิตได้นั้นมีค่าลดลง ซึ่งอาจเกิดจากการกระจายตัวของเส้นใยกาบมะพร้าวขณะผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาวและน้ำจับตัวกันไม่ดีจึงทำให้เกิดเป็นช่องว่างภายในชิ้นงานที่ทดสอบ และเมื่อใช้ปริมาณเส้นใยกาบมะพร้าว 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ลักษณะของชิ้นงานจับตัวกันไม่แข็งแรง ร่วนเป็นขุย ไม่อยู่ตัว และมีเศษส่วนผสมหลุดร่วง โดยลักษณะทางกายภาพของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.2 และ 4.3

ภาพที่ 4.2 ลักษณะชิ้นงานของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวที่ขึ้นรูปได้โดยบ่มชิ้นงานเป็นระยะเวลา 28 วัน



(ก) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาว

(ข) ปริมาณเส้นใยกาบมะพร้าว 0%

(ค) ปริมาณเส้นใยกาบมะพร้าว 25%

(ง) ปริมาณเส้นใยกาบมะพร้าว 50%

(จ) ปริมาณเส้นใยกาบมะพร้าว 75%

(ฉ) ปริมาณเส้นใยกาบมะพร้าว 100%

ภาพที่ 4.3 ลักษณะกายภาพและการแตกหักของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว

4.2.1 การศึกษาโครงสร้างเบื้องต้นด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

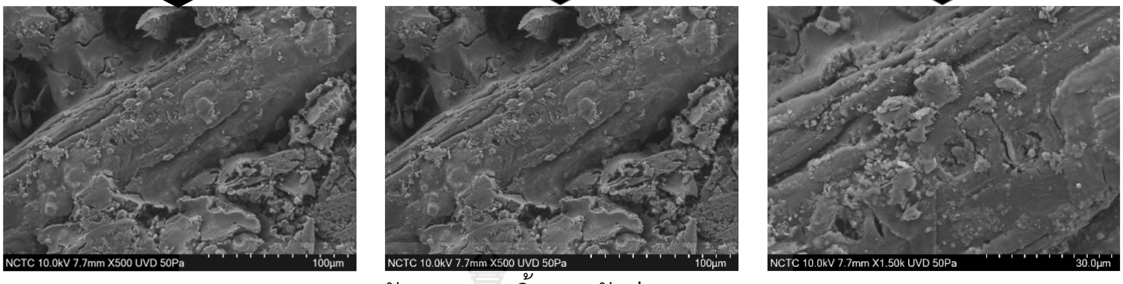
จากการศึกษาโครงสร้างเบื้องต้นของตัวอย่างชิ้นงานวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว สามารถแสดงผลการศึกษาได้ดังภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นได้ว่า การปรับปรุงคุณสมบัติของเส้นใยกาบมะพร้าวด้วยความร้อนนั้นจะช่วยทำให้สิ่งสกปรกที่ติดอยู่บนเส้นใยทั้งสองชนิดลดน้อยลง และการเรียงตัวของเส้นใยในชิ้นงานที่ทดสอบนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของเส้นใยที่ใช้ในการขึ้นรูป สำหรับชิ้นงานที่มีการจับตัวของโครงสร้างที่แข็งแรง ได้แก่ ชิ้นงานที่มีปริมาณเส้นใยกาบมะพร้าว 0 เปอร์เซ็นต์ 25 เปอร์เซ็นต์ และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยตัวอย่างที่มีส่วนผสมของปริมาณเส้นใยกาบมะพร้าว 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีลักษณะของเส้นใยเรียงตัวกันไม่แน่น แต่จะได้ชิ้นงานที่มีน้ำหนักเบากว่าชิ้นงานที่มีอัตราส่วนการผสมอื่นๆ (ตารางที่ 4.2) นอกจากนี้ในการขึ้นรูปซีเมนต์และบ่มให้แข็งตัวเพื่อให้เกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยธรรมชาติหรือเส้นใยลิโนเซลลูโลสกับปูนซีเมนต์นั้นจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้ากันได้ของเส้นใยแต่ละชนิดกับปูนซีเมนต์ (อาณัฏ ศิริพิชญ์ตระกูล และคณะ, 2554)

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว

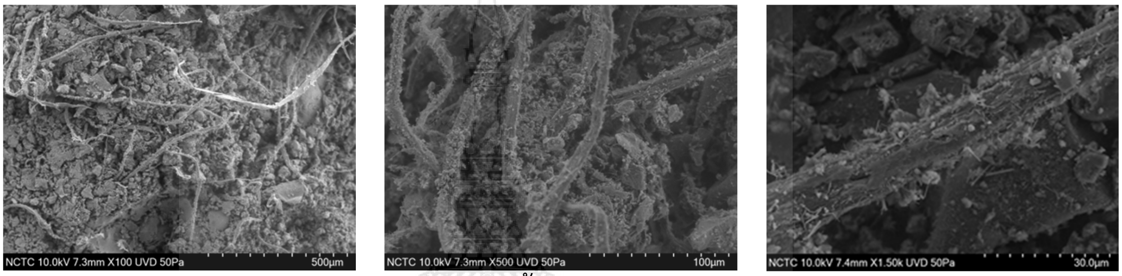
อัตราส่วน	น้ำหนัก (g)
Blank	192.56
C0,P100	72.89
C25,P75	73.58
C50,P50	56.49
C75,P25	59.24
C100,P0	56.52

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

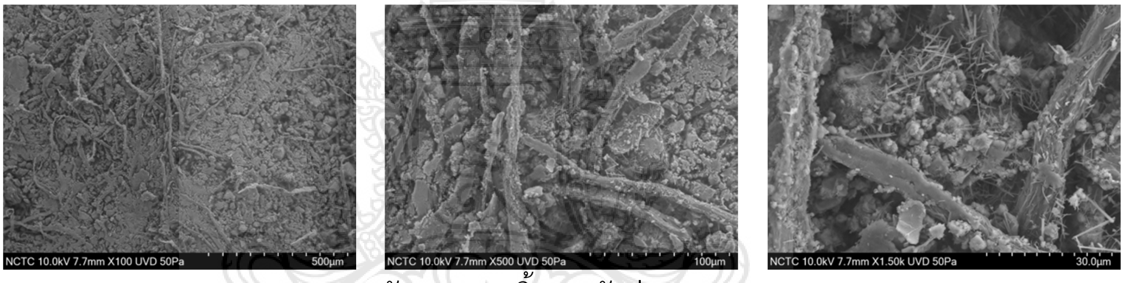
กำลังขยาย 100 เท่า **กำลังขยาย 500 เท่า** **กำลังขยาย 1,500 เท่า**



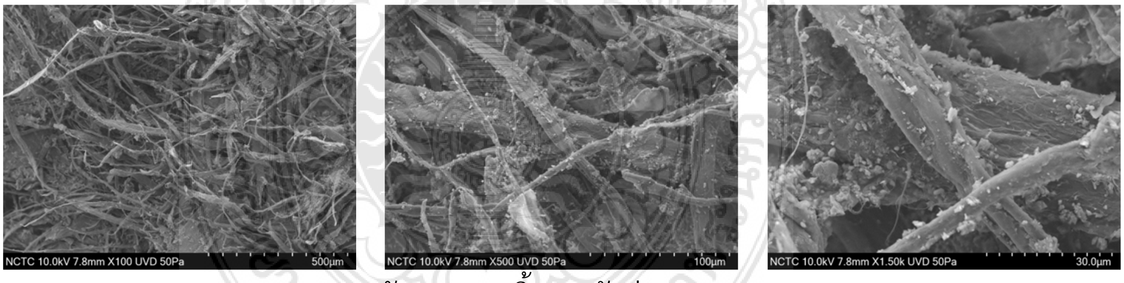
(ก) ลักษณะของชิ้นงานสัดส่วน P0,C100



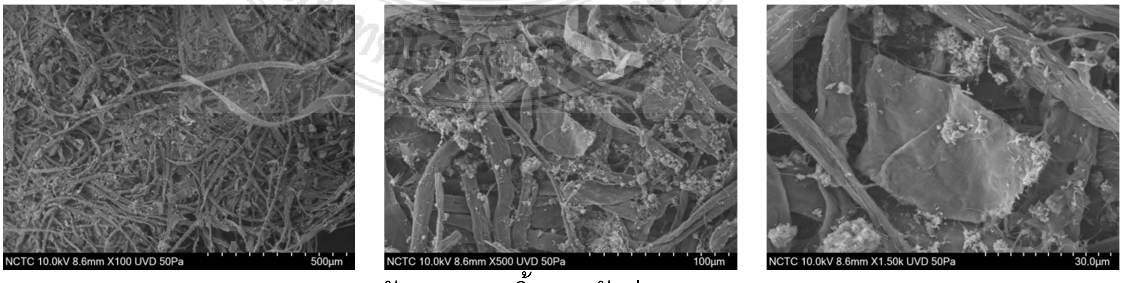
(ข) ลักษณะของชิ้นงานสัดส่วน P25,C75



(ค) ลักษณะของชิ้นงานสัดส่วน P50,C50



(ง) ลักษณะของชิ้นงานสัดส่วน P75,C75



(จ) ลักษณะของชิ้นงานสัดส่วน P100,C0

ภาพที่ 4.4 ลักษณะของชิ้นงานวัสดุทดแทนไม้จากเส้นยกาบมะพร้าวที่ผ่านการทดสอบด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscopy (SEM)

4.2.2 การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิควิธี Energy Dispersive Spectrometry (EDS)

จากตารางที่ 4.3 แสดงธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวด้วยเทคนิควิธี Energy Dispersive Spectrometry (EDS) พบว่า ธาตุในตัวอย่างประกอบด้วย C, O, Ca, Al, Si และ K เป็นองค์ประกอบ ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างด้วยเทคนิควิธี EDS (n=1)

ธาตุ	**ปริมาณเส้นใยกาบมะพร้าว,กระดาษใช้แล้วสองหน้า (C,P)**				
	C100,P0	**C75,P25**	**C50,P50**	**C25,P75**	**C0,P100**
C	34.00	52.50	34.00	30.00	44.00
O	49.20	42.20	41.60	46.60	43.00
Ca	13.50	4.00	18.50	18.90	10.50
Al	1.40	1.00	1.20	1.20	0.90
Si	1.90	0.30	4.50	2.20	1.60
K	0.00	0.00	0.20	1.10	0.00

4.2.3 คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว

จากการดำเนินการทดสอบชิ้นงานตัวอย่างวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว โดยการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ ค่าความหนาแน่น (Density) ค่าความแข็งแรงแบบอัด (Compressive strength) ค่าความแข็งแรงแบบดัด (Flexural strength) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.4 และ 4.5 สำหรับการทดสอบค่าความหนาแน่นของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวนั้น พบว่า การเพิ่มปริมาณเส้นใยกาบมะพร้าวตั้งแต่ 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์นั้น ส่งผลให้ชิ้นงานที่ทดสอบนั้นมีค่าความหนาแน่นของตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 1.56 ถึง 1.72 g/cm^3

ตารางที่ 4.4 ค่าความหนาแน่นของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว (n=1)

อัตราส่วน	ความหนาแน่น (g/cm^3)
Blank	1.85
C0,P100	1.72
C25,P75	1.65
C50,P50	1.66
C75,P25	1.61
C100,P0	1.56

จากการศึกษาทดสอบค่าความแข็งแรงแบบอัด (Compressive strength) และค่าความแข็งแรงแบบดัด (Flexural Strength) ของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปริมาณเส้นใยกาบมะพร้าว 25 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้ชิ้นงานมีค่าความแข็งแรงแบบอัดไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.67 ถึง 0.87 MPa ในขณะที่ค่าความแข็งแรงแบบดัด อยู่ในช่วง 4.72 ถึง 5.90 MPa โดยการนำเส้นใยกาบมะพร้าวมาผสมในชิ้นงาน ทำให้ค่าความแข็งแรงแบบอัดและค่าความแข็งแรงแบบดัดลดลงเพราะเส้นใยกาบมะพร้าวอาจขัดขวางปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดค่าความแข็งแรงในปูนซีเมนต์และอาจทำให้เกิดช่องว่างในชิ้นงาน และเส้นใยกาบมะพร้าวให้ค่าการดูดซึมน้ำที่ค่อนข้างสูง จึงทำให้น้ำที่ผสมลงไปในชิ้นงานเพื่อให้เกิดปฏิกริยาไฮเดรชั่นในปูนซีเมนต์ถูกดูดซึมในเส้นใยกาบมะพร้าวส่วนหนึ่งแทนที่จะนำไปใช้ในการเกิดปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาวทั้งหมดจึงส่งผลให้ค่าความแข็งแรงแบบอัดและค่าความแข็งแรงแบบดัดของชิ้นงานลดลง

สำหรับผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ จรูญ เจริญเนตรสกุล (2557) เกี่ยวกับการเพิ่มปริมาณเถ้าปาล์มและกะลาปาล์มในชิ้นงานอิฐบล็อกประสานจะส่งผลให้ตัวอย่างชิ้นงานที่ทดสอบนั้นมีค่าความแข็งแรงแบบอัดลดลง ซึ่งในปัจจุบันมีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำกากของเสียชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นในภูมิภาคของตนเองมาปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการต่างๆ และประยุกต์ใช้ร่วมกับการผสมปูนซีเมนต์เพื่อผลิตวัสดุทางเลือกสำหรับงานก่อสร้าง เช่น บล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา กะลาและแกลบ ปาล์มน้ำมัน เป็นต้น (อาบีดิน ดะแซสาเมาะ และคณะ, 2558) นอกจากนี้พบว่า ชิ้นงานที่มีปริมาณส่วนผสมของกระดาษใช้แล้วสองหน้าที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าความแข็งแรงแบบอัดและค่าความแข็งแรงแบบดัดสูงกว่าชิ้นงานที่ผสมอัตราส่วนอื่นๆ ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าความแข็งแรงแบบอัดและค่าความแข็งแรงแบบดัดของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าว (n=1)

อัตราส่วน	**ค่าความแข็งแรงแบบอัด (MPa)**	**ค่าความแข็งแรงแบบดัด (MPa)**
Blank	10.18	18.89
C0,P100	1.70	7.77
C25,P75	0.84	5.90
C50,P50	0.85	5.08
C75,P25	0.61	4.36
C100,P0	0.87	4.72

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผล

5.1.1 การศึกษาการผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตบชวา แป้งและกาว สามารถสรุปผลวิจัยได้ดังนี้

- ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ พบว่า แผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติมีความหนาแน่นสูงและมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำ โดยเส้นใยจากพืช ได้แก่ เส้นใยกาบมะพร้าว และเส้นใยผักตบชวา จะมีคุณสมบัติทางกายภาพและมีความสามารถในการการเรียงตัวเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติของเส้นใยแต่ละชนิดแตกต่างกัน

- ผลการทดสอบสมบัติเชิงกล ได้แก่ ค่าความแข็งแรงแบบดัด พบว่า ความแข็งแรงเฉพาะตัวของเส้นใย รูปร่างลักษณะ และความสามารถในการยึดเหนี่ยวกันเป็นแผ่นของเส้นใยแต่ละชนิด มีผลต่อสมบัติทางกลของแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติค่อนข้างมาก ซึ่งสามารถสังเกตความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลได้จากค่าความหนาแน่นของแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติที่มีค่าสูงจะส่งผลให้แผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีกว่าแผ่นวัสดุทดแทนไม้ที่มีค่าความหนาแน่นต่ำ

เส้นใยที่เหมาะจะนำมาผลิตแผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติมากที่สุด คือ เส้นใยกาบมะพร้าว รองลงมาคือ เส้นใยกาบมะพร้าวผสมเส้นใยผักตบชวา แต่การใช้ปริมาณเส้นใยผักตบชวาในการผสมเป็นวัสดุทดแทนไม้เพียงอย่างเดียวนั้นจะทำให้วัสดุทดแทนไม้ที่ผลิตได้มีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้งาน เนื่องจากชิ้นงานที่ผลิตได้จะมีความหนาแน่นต่ำและมีค่าการดูดซึมน้ำสูง สำหรับ เส้นใยกาบมะพร้าวสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ได้ แต่ต้องระมัดระวังเรื่องการดูดซึมน้ำของชิ้นงานด้วย สำหรับกระบวนการผลิตนั้นมีขั้นตอนการที่ไม่ยุ่งยาก ต้นทุนการผลิตต่ำ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับเศษวัสดุท้องถิ่นที่หาได้ง่ายในประเทศไทย ช่วยลดการใช้ไม้ธรรมชาติ และสามารถสร้างรายได้ให้กับท้องถิ่นได้อีกด้วย

5.1.2 การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุทดแทนไม้จากเส้นใยกาบมะพร้าวผสมกับกระดาษใช้แล้วสองหน้าและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาวที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

การปรับปรุงคุณภาพเส้นใยกาบมะพร้าวและกระดาษใช้แล้วสองหน้าด้วยความร้อนโดยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลานาน 1 ชั่วโมง จากนั้นขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดต่างๆ จากผลการศึกษาทำให้สามารถสรุปได้ว่า การปรับปรุงคุณสมบัติของเส้นใยกาบมะพร้าวด้วยความร้อนนั้นจะช่วยทำให้สิ่งสกปรกที่ติดอยู่บนเส้นใยทั้งสองชนิดลดน้อยลง โดยเส้นใยกาบมะพร้าวให้ค่าการดูดซึมน้ำที่ค่อนข้างสูง จึงทำให้น้ำที่ผสมลงไปในชิ้นงานเพื่อขึ้นรูปและเพื่อให้เกิดปฏิกริยาไฮเดรชั่นในซีเมนต์ถูกดูดซึมในเส้นใยกาบมะพร้าวส่วนหนึ่งแทนที่จะนำไปใช้ในการเกิดปฏิกริยากับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์สีขาวทั้งหมดจึงส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของชิ้นงานต่ำ ตลอดจนค่าความแข็งแรงแบบอัดและค่าความแข็งแรงแบบดัดของชิ้นงานนั้นมีค่าลดลง

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งนี้ เพื่อนำไปปรับปรุงการทำวิจัยในครั้งต่อไป เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา

5.2.1 ในการนำวัตถุดิบมาใช้ในการผลิตนั้นจะต้องระมัดระวังเรื่องความชื้นและเชื้อราที่อาจจะมากับวัตถุดิบจึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบด้วยวิธีที่เหมาะสม

5.2.2 การใช้กระดาษใช้แล้วสองหน้าเป็นวัตถุดิบอาจส่งผลให้ชิ้นงานมีค่าการดูดซึมน้ำสูง

บรรณานุกรม

[1] กฤษฎา คงเดิม. 2552. การศึกษาการผลิตแผนใยไม้อัดจากเศษเหลือของปาล์มน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[2] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2555. คู่มือแนวทางและเกณฑ์คุณสมบัติของเสียเพื่อการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงและบล็อกประสาน, กรุงเทพฯ.

[3] กิตติ เติมมธุรพจน์, โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์ และโจเซฟ เคดารีม. 2554. การพัฒนากะลาปาล์มบล็อกน้ำหนักเบาที่มีประสิทธิภาพในการลดความร้อนเข้าสู่อาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลยเกษตรศาสตร์, นครปฐม

[4] จรูญ เจริญเนตรสกุล. 2557. อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมเถ้าและกะลาปาล์มน้ำมัน. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต. 2(1): 103-112

[5] ชีวารัตน์ ม่วงพัฒน์. 2550. เส้นใยธรรมชาติสำหรับวัสดุผนังอาคาร. คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

[6] ชูชัย สุจิรวกุล และพินัยศักดิ์ พรหมศร.2553. บล็อกซีเมนต์ประสานที่ใช้เถ้าแกลบดำ เถ้าแกลบขาว หรือเถ้าชานอ้อย เป็นส่วนผสม. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการคอนกรีตแห่งชาติ ครั้งที่ 6. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย ร่วมกับศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน. 20-22 ตุลาคม 2553, เพชรบุรี.

[7] นราธิป ทับทัน. 2555. การศึกษาเพื่อจัดทำโครงการนำร่องชุมชนต้นแบบการเรียนรู้แนวทางการใช้วัสดุทางเลือกในการก่อสร้างอาคาร กรณีศึกษากระบวนการใช้วัสดุดินและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรในการก่อสร้างอาคารชุมชนบ้านปรางค์เก่า ตำบลกุดน้อย อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา. คณะวิศวกรรมศาสตร์และสภาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

[8] นิรุต สุมสมเขตร. คอนกรีตผสมใยมะพร้าว. 2540. โครงงานวิศวกรรมชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม

[9] นันทชัย ชูศิลป์. 2556. หน่วยน้ำหนักและกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุนผสมกะลาปาล์มน้ำมัน. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต 1(1): 97-105

[10] ในฝัน แว่วสอน, 2547. การผลิตวัสดุติดผนังภาในด้วยวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[11] ณัฐพัชร สืบบัวแก้ว, สมศักดิ์ มีเสถียร, ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา, 2554. การพัฒนาอิฐมวลเบาโดยใช้กระดาษเหลือใช้. วิทยานิพนธ์หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม กรุงเทพฯ

[12] วชิระ แสงรัศมี. การพัฒนาบล็อกประสานน้ำหนักเบาจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ Built Environment Research Associates Conference, BERAC 3, 2012

[13] ศรัณย์ อนุกูลพนธ์. การศึกษาการรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกธรรมดากับคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.

[14] สุทธิชัย อุดมรัตน์ และผกามาศ ชูสิทธิ์. 2555. แผ่นใยอัดจากเส้นใยต้นมันสำปะหลัง, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

[15] อะบีดีน ดะแซสาเมาะ, โพซี วาจิ, พารีด๊ะ สาแล, และนูรีฮัน แนแซ. อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของถ้าไม้ยางพารา, คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2558.

[16] อาณัฏ ศิริพิชญ์ตระกูล และคณะ. 2554. การออกแบบและพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ของตกแต่งบ้านจากวัสดุหญ้าแฝกสำหรับบ้านพักอาศัยขนาดกลาง, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

[17] American Society for Testing and Material.1991. ASTM C618-91: Standard Specification for Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete, In1991 Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02, 303-305.

[18] Alida Abdullah, Shamsul Baharin Jamaludin, Mazlee Mohd Noor, Kamarudin Hussin. 2011, Composite Cement Reinforced Coconut Fiber: Physical and Mechanical Properties and Fracture Behavior, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(7): 1228-1240.

[19] Asasutjarit, C., S. Charoenvai, J. Hirunlabh, J. Khedari. 2009. Materials and mechanical properties of pretreated coir-based green composites, Composites: Part B, (40): 633-637.

[20] Charoenvai, S., Khedari, J., Hirunlabh, J., Asasutjarit, C., Zeghmati, B., Quenard, D., and Pratinthong, N.. 2003, Heat and Moisture Transport in Durian Fiber Based Lightweight Construction Materials, The 1st International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture, October 8-10, Bangkok, Thailand, GA-180-185.

[21] Delvasto, S., Toro, E.F., Perdomo, F. and Mejía de Gutiérrez, R.. 2010. An Appropriate Vacuum Technology for Manufacture of Corrugated Fique Fiber Reinforced Cementitious Sheets, Construction and Building Materials, Vol. 24(2), pp. 187-192.

[22] Lertwattanaruk, P. and Suntijitto, A.. 2012. Properties of Natural Fiber Cement Materials Containing Coconut Coir and Oil Palm Fibers for Manufacture of Building Materials, Journal of Architectural/Planning Research and Studies (JARS), Vol. 9(1), pp.113-124

[23] Viswanathan, R., Gotandapani, L., and Kailappan, R.. 2000.Water absorption and swelling characteristics of coir pith particle, Bioresource Technology, Vol. 71, No. 1, pp. 93-94.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเผยแพร่ผลงานให้กับนักศึกษา คณาจารย์และบุคคลทั่วไป
ในงานสัปดาห์วันวิทยาศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2560

ภาพที่ ผ1 การเผยแพร่ผลงานให้กับนักศึกษา คณาจารย์และบุคคลทั่วไป
ในงานสัปดาห์วันวิทยาศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2560

ประวัติผู้ทำวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล

(ภาษาไทย) ดร. วรินธร บุญยะโรจน์

(ภาษาอังกฤษ) Dr. VARINTHORN BOONYAROJ

2. สัดส่วนที่ทำวิจัย ร้อยละ 100

3. บทบาทและหน้าที่

วางแผนการวิจัย ดำเนินการวิจัย สรุปผลงานวิจัยที่ได้ และถ่ายทอดองค์ความรู้จากการวิจัย

4. หมายเลขบัตรประชาชน

3-1303-00150-94-0

5. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

6. หน่วยงานและที่อยู่

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
โทรศัพท์ 084 656 9599
E-mail : varinthorn.b@rmutp.ac.th

7. ประวัติการศึกษา

วท.บ.(อนามัยสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยบูรพา	พ.ศ. 2546
วศ.ม.(วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	พ.ศ. 2549
วท.ด.(สหสาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม)	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	พ.ศ. 2555

8. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

Land application of solid waste landfill leachate, Landfill leachate treatment, Membrane bioreactor and biological wastewater treatment plant and processes, Micro-pollutants removal, Microbial community analysis by Fluorescence *in situ* hybridization (FISH), Bio-toxicity testing on FISH species by Comet assay technique, Plant and herb extraction technique, Gas Chromatography analysis

9. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

9.1 งานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่/ตีพิมพ์

<u>International Publication</u>

Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., and Yamamoto, K. (2016) "Enhanced biodegradation of phenolic compounds in landfill leachate by enriched nitrifying membrane bioreactor sludge", Journal of Hazardous Materials (*In press* and *available online on 1 July 2016*) <u>http://dx.doi.org/10.1016/*j.jhazmat.2016.06.064*</u>

V. Boonyaroj, P. Peansawang, N. Sonchan, A. Sukrasorn (2015) "Environmental survey on physicochemical parameters in surface water: a case of Klong Prem Prachakorn, Thailand", Applied mechanics and materials 804, 231-234.

V. Boonyaroj, J. Jinasam, W. Nachailan (2015) "The removal mechanisms of organic compounds in household wastewater by soil sediment", Applied mechanics and materials 804, 263-266.

Boonyaroj V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theepharaksapan S., and Yamamoto, K. (2012) "Toxic organic micro-pollutants removal mechanisms in long-term operated membrane bioreactor treating municipal solid waste leachate", Bioresource technology 113, 174-180.

Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., and Yamamoto, K. (2012) "Removal of organic micro-pollutants from solid waste landfill leachate in membrane bioreactor operated without excess sludge discharge", Water science and technology 66(8), 1774-1780.

<u>**International Conference**</u>

Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theepharaksapan S., and Yamamoto, K. (2011) Removal of organic micro-pollutants and bio-toxicity from municipal solid waste landfill leachate in two-stage membrane bioreactor. Proceedings of the 9th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 1-3 December, 2011, Bangkok, Thailand.

<u>(Received Asian Young Professional on Water Research Award)</u>

Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Theepharaksapan and Yamamoto, K. (2012) Removal of organic micro-pollutants and bio-toxicity from municipal solid waste landfill leachate in two-stage membrane bioreactor. Proceedings of the 10th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, 8-10 November, 2012, Hanoi, Vietnam. **(Received Best Poster Award)**

Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W. and Yamamoto, K. (2012) Evaluation of bio-toxicity removal in two-stage membrane bioreactor for landfill leachate treatment. Proceedings of the 10th International Conference on Membrane Science and Technology 2012: Membrane for Sustainable Energy, August 22-24, 2012, Bangkok, Thailand.

Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W. and Yamamoto, K. (2011) Removal of phenolic and phthalic acid esters in two-stage membrane bioreactor treating municipal solid waste landfill leachate. Proceedings of the 1st EnvironmentAsia International Conference on “Environmental Supporting in Food and Energy Security: Crisis and Opportunity”, 22-25 March, 2011, Bangkok, Thailand.

****