

การปรับปรุงสมบัติไม้พลาสติกคอมโพสิตที่เตรียมจากพอลิพรอพิลีนผสมเส้นใยมะพร้าว
PROPERTY IMPROVEMENT OF WOOD PLASTIC COMPOSITES (WPC) MADE FROM
POLYPROPYLENE (PP) AND COIR FIBERS

กนกอร แสงสุวรรณ (Kanok-orn Saengsuwan)* วรธรรม อุ้นจิตติชัย (Woratham Oonjittichai)**

อิทธิพล แจ่มจืด (Ittipol Jangchud)***

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวัสดุไม้พลาสติกคอมโพสิต (WPC) เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนไม้ โดยเตรียมจากพอลิพรอพิลีนผสมเส้นใยมะพร้าวชนิดเชิงกล ผสมโดยใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง จากนั้นนำไปขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูป โดยเน้นศึกษาผลของปริมาณสารช่วยผสม (PP-g-MA) ผลของการใช้สารก่อผลึก และสารหน่วงการติดไฟ จากผลการทดลองพบว่า การปรับปรุงด้วยสารช่วยผสมจะทำให้สมบัติเชิงกลของวัสดุคอมโพสิตดีขึ้น เนื่องจากการยึดเกาะบริเวณรอยต่อระหว่างผิวภาคของเส้นใยกับพอลิเมอร์ดีขึ้น การเติมสารก่อผลึกทำให้ได้วัสดุที่มีความแข็งแรง เนื่องจากมีองค์ประกอบเป็นผลึกสูงขึ้น การเติมสารหน่วงการติดไฟทำให้ลดการติดไฟให้กับวัสดุได้ โดยไม่ส่งผลต่อค่าสมบัติเชิงกล

ABSTRACT

In this research work, Wood-Plastic Composites (WPC) used as an artificial wood were prepared from polypropylene (PP) and coconut (coir) fiber. The compounds were mixed and melt-blended by two-roll mill and then shaped by compression molding machine. Some parameters affecting composite properties were studied, such as, amount of compatibilizers (PP-g-MA), effect of nucleating agent, effect of flame retardant. It was found that mechanical properties of the WPC were improved by compatibilizers. By adding the nucleating agent, it was found that the WPC had higher %crystallinity and better mechanical properties. By adding the flame retardant, the flame retarding property can be improved without sacrificing mechanical properties.

คำสำคัญ : ไม้เทียม ไม้พลาสติก พอลิเมอร์คอมโพสิต

Key Words : Artificial wood, Wood-Plastic, Polymer composite

* มหบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

** นักวิชาการป่าไม้ชำนาญการพิเศษ งานอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และกาบคิดไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

*** รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเคมีและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทนำ

ทรัพยากรป่าไม้เป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญของประเทศ สภาวะวิกฤตจากภัยธรรมชาติในปัจจุบัน ซึ่งรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ สาเหตุที่สำคัญสืบเนื่องมาจากการลดลงอย่างรวดเร็วของพื้นที่ป่าไม้ สาเหตุหนึ่งเกิดมาจากการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อนำไม้ธรรมชาติออกมาใช้ประโยชน์ให้เพียงพอกับความต้องการที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากร ดังนั้นการใช้วัสดุทดแทนซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหา

นี้ ไม้เทียม (Artificial wood) คือ วัสดุที่มีลักษณะภายนอกเหมือนหรือคล้ายกับวัสดุไม้ ไม้เทียมที่ดีควรมีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรง เหนียว ทนทาน ต่อสภาพดินฟ้าอากาศ และมีอายุการใช้งานยาวนาน ฯลฯ วัสดุหนึ่งที่สามารถนำมาใช้เป็นไม้เทียมได้คือ ไม้พลาสติกคอมโพสิต (Wood-Plastic Composite; WPC) ซึ่งเป็นวัสดุที่ประกอบจากวัสดุอย่างน้อยสองชนิด คือ พลาสติกเมทริกซ์และส่วนเสริมแรงเส้นใยธรรมชาติ เนื่องจากประเทศไทยมีเส้นใยธรรมชาติมากมาย บางชนิดเป็นเศษเหลือทิ้งจากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม การนำเศษเหลือทิ้งมาแปรรูป จะทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าของเศษวัสดุไม้เหล่านี้ได้

งานวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจ ทำการศึกษาค้นคว้า เพื่อผลิตและพัฒนาวัสดุ WPC เช่น การศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำกับเส้นใยผักตบชวาที่เตรียมจากกระบวนการทางเคมี (ธีรพัฒน์ และพจน์ชัย, 2543) ได้ศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตจากเส้นใยหญ้าแฝกกับพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทิลีน ทั้งชนิดใหม่และชนิดรีไซเคิล โดยใช้สารช่วยผสมพอลิพรอพิลีนกราฟท์มาเลอิกแอนด์ไฮดรอกไซด์ และพอลิเอทิลีนกราฟท์มาเลอิกแอนด์ไฮดรอกไซด์ (ธารทิพย์, 2545) ได้ศึกษาถึงผลของสารคู่ควบไซเลนต่อคอมโพสิตจากพอลิเอทิลีนและเส้นใยสน (Pickering, 2003) ได้ศึกษาผลของเส้นใยที่ทำการปรับปรุงผิวต่อสมบัติเชิงกลของ

วัสดุคอมโพสิตเส้นใยไม้กับพอลิพรอพิลีน (Wu, 2000)

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวัสดุทดแทนไม้จำพวกไม้พลาสติกคอมโพสิต (WPC) จาก PP (Polypropylene) ผสมเชิงกลจากเส้นใยมะพร้าว (Coir) โดยเน้นศึกษาเพื่อปรับปรุงสมบัติของวัสดุ เช่น การใช้สารช่วยผสม PP-g-MA, การเติมสารก่อผลึก (Nucleating agent) และการหน่วงการติดไฟด้วยการเติมสารหน่วงการติดไฟ (Flame retardant)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาผลของปริมาณสารช่วยผสมที่เหมาะสม โดยใช้ PP-g-MA เพื่อปรับปรุงสมบัติการยึดเกาะบริเวณรอยต่อระหว่างวัฏภาคของเส้นใยกับพอลิเมอร์
2. ปรับปรุงสูตรเพื่อการพัฒนาคุณภาพของไม้เทียม เช่น การใช้สารก่อนิวเคลียส (Nucleating agent) การใช้สารหน่วงไฟ (Flame retardant)

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

อุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) รุ่น LRM 110 : Lab Tech Engineering Co.,Ltd.
2. เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression molding) กรมป่าไม้
3. เครื่องบดเม็ดพลาสติก (Grinder) : Bosco Engineering Co.,Ltd.
4. เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal testing machine, UTM) รุ่น LR 5K , LR 30K : Lloyd Instrument Co.,Ltd.
5. เครื่องทดสอบความแข็งแรงกระแทกแบบไอซอด (Izod impact tester) รุ่น 258-PC : Yasuda Seiki Seisakusho Co.,Ltd.

6. Polypropylene (PP) เกร็ด Moplen
EP400L : HMC Polymers Co.,Ltd
7. เส้นใยมะพร้าว (Coir)
8. Phenolic and Phosphite Antioxidant :
Optimaltech Co.,Ltd.
9. Compatibilizers (PP-g-MA) :
Optimaltech Co.,Ltd.
10. สารช่วยกระบวนการผลิต (Processing
aids) : Behn Mayer (Thailand) Co. Ltd.
11. สารก่อผลึก (Nucleating agent) : Behn
Mayer (Thailand) Co. Ltd.
12. สารหน่วงการติดไฟ (Flame retardant) :
Behn Mayer (Thailand) Co. Ltd.

วิธีการทดลอง

การผสม

ทำการผสม PP กับเส้นใยมะพร้าว และ
ส่วนผสมต่างๆเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสมแบบสอง
ลูกกลิ้ง โดยใช้อุณหภูมิในการผสม 190 °C ใช้เวลาใน
การผสมประมาณ 15 นาที จากนั้นนำของผสมที่ได้ไป
บดให้มีขนาดเล็กลงด้วยเครื่องบด อัตราส่วนที่ใช้ใน
การผสมแสดงได้ดังตารางที่ 1

การขึ้นรูป

ทำการขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดขึ้นรูป โดย
นำเม็ดของผสมที่ได้จากการบดมาอบไล่ความชื้นที่
อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเม็ดของ
ผสมใส่ลงในแม่แบบแล้วนำเข้าเครื่องอัดขึ้นรูป โดยใช้
อุณหภูมิ 190 °C เป็นเวลา 40 นาที จากนั้นนำเข้าเครื่อง
หล่อเย็นนาน 10 นาที

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง

สูตร	ปริมาณ (phr)
PP/ Coconut fiber	100/100
Processing aids	6.5
Antioxidant	0.1
Compatibilizer	0-3%wt*
Nucleating agent	0, 1%wt**
Flame retardant	0, 30%wt**

* %wt เทียบกับน้ำหนักของเส้นใย

** %wt เทียบกับน้ำหนักของพลาสติก

การทดสอบสมบัติเชิงกล

ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์
(UTM) เพื่อวัดค่าความแข็งแรงดึง มอดูลัส เฟอร์เซนต์
การดึงยึด ณ จุดขาด ตามมาตรฐาน ASTM D 638 โดย
เตรียมชิ้นงานตัวอย่างเป็นรูปดัมเบล โดยใช้ โหลด
เซลล์ 30 kN ความเร็วในการดึง 10 mm/min และความ
ยาวเกจ 25 mm

หาค่าความแข็งแรงโค้งงอ มอดูลัส โค้งงอ
ตามมาตรฐาน ASTM D 790 โดยใช้โหลดเซลล์ 5 kN
ความเร็วในการกด 10 mm/min และระยะห่างของขา
รองรับชิ้นงาน (Span length) 40 mm

หาค่าความแข็งแรงกระแทก ตามมาตรฐาน
ASTM D 256 ในการทดสอบใช้มาตรฐานแบบไอซอด
(Izod type) โดยทำรอยบากที่ชิ้นงานเป็นรูปตัววี

หาค่าความยืดเหนียวของตะปูเกลียว ตาม
มาตรฐาน มอก. 966-2547 ใช้ตะปูเกลียวชนิดหัวจม
แบบผ่าความยาว 40 mm โดยขันตะปูเกลียวลงบน
ผิวหน้าของชิ้นงานทดสอบ และทำการทดสอบด้วย
เครื่อง UTM ใช้ความเร็วในการดึง 2 mm/min

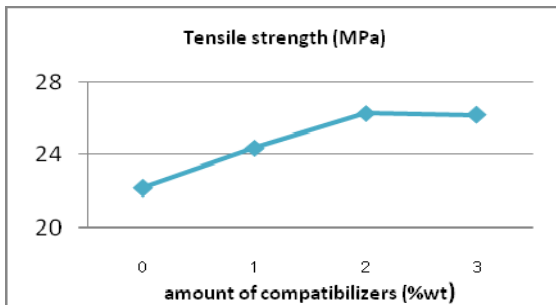
การทดสอบสมบัติทางความร้อน

ทำการทดสอบด้วยเครื่อง Differential
Scanning Calorimeter (DSC) เพื่อการศึกษา
อุณหภูมิหลอมเหลวผลึก (T_m) และองศาความเป็นผลึก
(Degree of crystallinity)

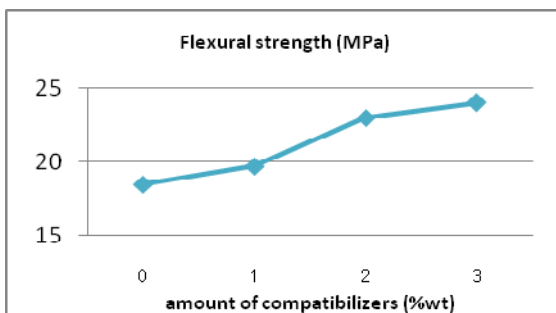
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลของปริมาณสารช่วยผสม

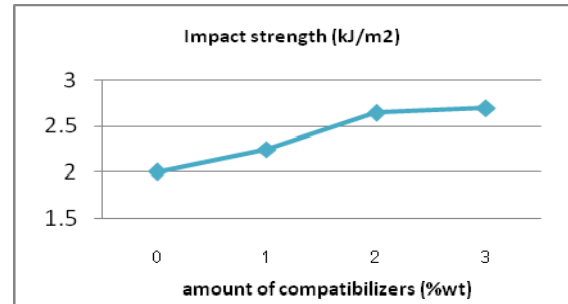
ในการทดลองนี้ใช้พอลิพรอพิลีนกราฟท์มาเลอิกแอนด์ไฮดรอกไซด์เป็นสารช่วยผสม โดยทำการศึกษาที่ปริมาณ 1-3% โดยน้ำหนักของเส้นใยมะพร้าว และทำการเปรียบเทียบกับวัสดุ WPC ที่ไม่ได้เติมสารช่วยผสม โดยศึกษาเปรียบเทียบสมบัติเชิงกล ซึ่งผลการทดลองแสดงได้ดังรูปที่ 1-3 พบว่า เมื่อใส่สารช่วยผสมทำให้สมบัติเชิงกลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารช่วยผสมช่วยให้เส้นใยและพอลิเมอร์ยึดเกาะกันได้ดีขึ้น จึงช่วยลดช่องว่างระหว่างพื้นผิว ทำให้รับแรงกระทำได้ดีขึ้น จึงทำให้สมบัติดังกล่าวเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณสารช่วยผสมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารช่วยผสมที่เพิ่มขึ้นจะช่วยเพิ่มโอกาสของหมู่ฟังก์ชันที่เกิดปฏิกิริยาให้มากขึ้น เกิดการยึดเกาะกันมากขึ้น ช่องว่างระหว่างพื้นผิวลดลง จึงสามารถรับและกระจายแรงได้ดีขึ้น



รูปที่ 1 ผลของปริมาณสารช่วยผสมต่อค่าความแข็งแรงดึง



รูปที่ 2 ผลของปริมาณสารช่วยผสมต่อค่าความแข็งแรงโค้งงอ

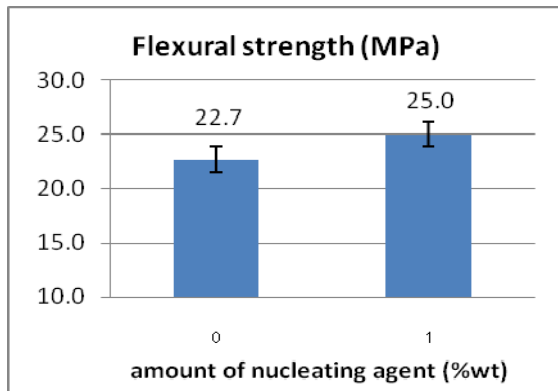


รูปที่ 3 ผลของปริมาณสารช่วยผสมต่อค่าความแข็งแรงกระแทก

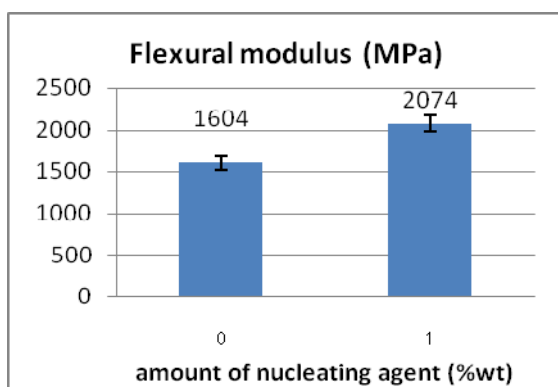
จากการศึกษาพบว่า ปริมาณสารช่วยผสม 2% โดยน้ำหนักของเส้นใยเหมาะสมที่จะใช้ในการวิจัยขั้นต่อไป เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบปริมาณทั้ง 3 พบว่า สมบัติเชิงกลเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารช่วยผสมเพิ่มจาก 1% เป็น 2% แต่สมบัติเชิงกลเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยผสมเป็น 3% หรืออาจกล่าวได้ว่า สารช่วยผสมควรใส่ในปริมาณที่เหมาะสม ถ้าใส่ในปริมาณที่มากเกินไปก็ไม่ได้ช่วยเพิ่มสมบัติให้ดีขึ้นมากนัก และจะเป็นการเพิ่มต้นทุนวัตถุดิบอีกด้วย

ผลของสารก่อผลึก

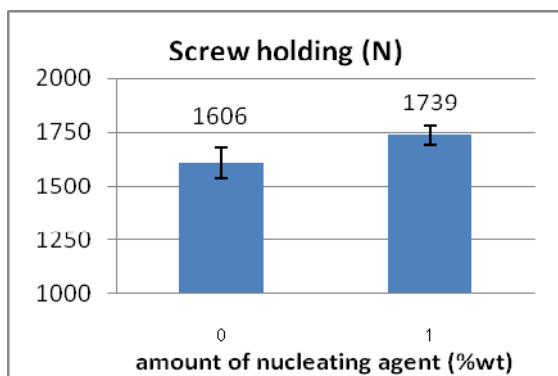
จากรูปที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการปรับปรุงความแข็งแรงของวัสดุ WPC ด้วยการใส่สารก่อผลึกปริมาณ 1 % โดยน้ำหนักของพลาสติก พบว่า ทำให้วัสดุมีความแข็งแรงมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสารก่อผลึกทำหน้าที่เป็นนิวเคลียสในการเกิดผลึกแบบทุติยภูมิ (Secondary nucleation) ทำให้เกิดผลึกได้ง่ายและรวดเร็ว ทำให้มีอัตราการเกิดผลึกสูงขึ้น วัสดุจึงมีความแข็งแรงมากขึ้น และจากตารางที่ 2 พบว่า อุณหภูมิหลอมเหลวผลึก (T_m) มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ พบว่า เมื่อเติมสารก่อผลึกทำให้องศาความเป็นผลึก (%crystallinity) มีค่ามากขึ้น จึงเป็นเหตุผลที่สนับสนุนผลจากการทดสอบสมบัติเชิงกลว่าสารก่อผลึกช่วยเพิ่มองศาความเป็นผลึกจึงทำให้วัสดุ WPC มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4 ผลของสารก่อผลึกต่อค่าความแข็งแรงโค้งงอ



รูปที่ 5 ผลของสารก่อผลึกต่อค่ามอดุลัสโค้งงอ



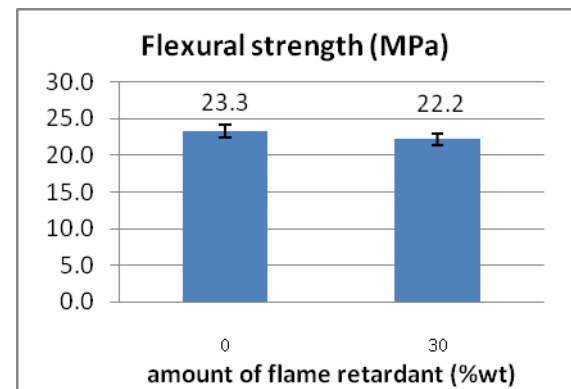
รูปที่ 6 ผลของสารก่อผลึกต่อค่าการยึดเหนี่ยวตะปูเกลียว

ตารางที่ 2 ค่าอุณหภูมิหลอมเหลวผลึกและค่าองค์ประกอบเป็นผลึก

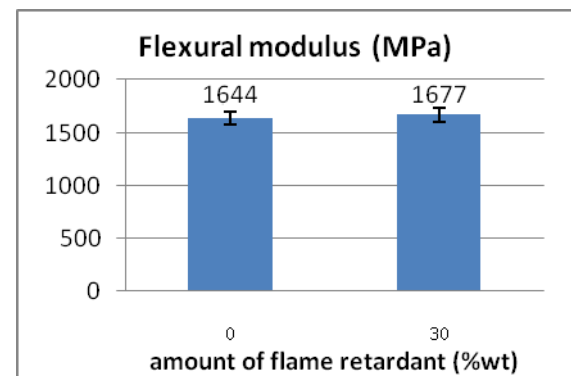
สูตร	T _m (°C)	X _c (%)
WPC	167.7	19.9
WPC+Nucleating agent	168.7	32.8

ผลของสารหน่วงการติดไฟ

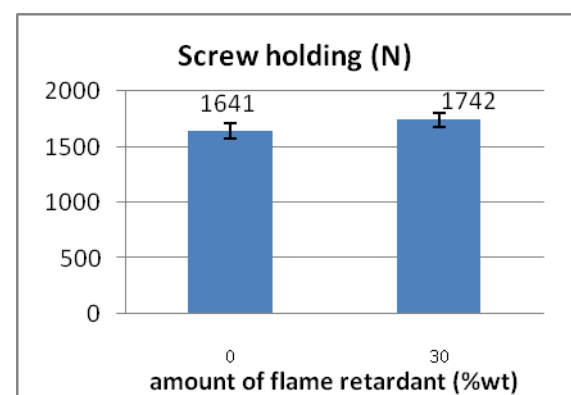
รูปที่ 7-9 แสดงผลของสารหน่วงการติดไฟต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุ WPC พบว่า ค่าสมบัติเชิงกลที่ได้จากการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือสารหน่วงการติดไฟที่เติมลงไป ไม่ส่งผลต่อค่าสมบัติเชิงกลของวัสดุอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 7 ผลของสารหน่วงการติดไฟต่อค่าความแข็งแรงโค้งงอ



รูปที่ 8 ผลของสารหน่วงการติดไฟต่อค่ามอดุลัสโค้งงอ



รูปที่ 9 ผลของสารหน่วงการติดไฟต่อค่าการยึดเหนี่ยวตะปูเกลียว

สรุปผลการวิจัย

ในการเตรียมไม้เทียมพลาสติกคอมโพสิตจากพอลิพรอพิลีน (PP) ผสมเส้นใยมะพร้าว พบว่าเส้นใยมะพร้าวช่วยเสริมแรงให้วัสดุคอมโพสิต ทำให้วัสดุคอมโพสิตมีความแข็งแรงมากขึ้น และเมื่อเพิ่มปริมาณสารช่วยผสม PP-g-MA (0-3 %) พบว่าวัสดุมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น เนื่องจากสมบัติการยึดเกาะบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุภาคที่เพิ่มขึ้น

การปรับปรุง WPC ด้วยสารก่อก่อผลึกพบว่าความแข็งแรงของวัสดุเพิ่มขึ้นและมีองศาความเป็นผลึกมากขึ้น การปรับปรุง WPC ด้วยสารหน่วงการติดไฟพบว่า ไม่ส่งผลอย่างมีนัยต่อสมบัติเชิงกลของวัสดุ แต่ทำให้สมบัติหน่วงการติดไฟของวัสดุเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้สนับสนุนงานวิจัย ดังต่อไปนี้
สาขาวิชาเคมีและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง (สจล.) คณะวิจัยจากงานอุตสาหกรรมวัสดุ
ทดแทนไม้และกาวติดไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่า
ไม้ กรมป่าไม้ รวมทั้งบริษัท MBJ Enterprise Co.Ltd.
และโครงการการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของ
อุตสาหกรรมไทย (Industrial Technology Assistance
Program : ITAP) สวทช.

เอกสารอ้างอิง

ธีรพัฒน์ อุณหโชค และพณีย์ ศรีธรรมลี. 2543.

การศึกษาไม้เทียมพอลิเมอร์คอมโพสิตจาก
พอลิเอทิลีนชนิดความแน่นต่ำและเส้นใย
ผักตบชวา. โครงการพิเศษวิทยาศาสตร์
บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์. สจล.

ธารทิพย์ เขมะศิริ สุภาวดีจาวนวล และ อมรา ขวดบา.

2545. วัสดุประกอบพอลิเมอร์คอมโพสิต
ของเส้นใยหญ้าแฝกกับพอลิเอทิลีน.

โครงการพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชา
เคมี คณะวิทยาศาสตร์. สจล.

K.L. Pickering, A. Abdalla, A.G. McDonald, and

R.A.Franich. 2003. The effect of Silane
Coupling Agent on Radiate Pine Fiber for
Use in Thermoplastic Matrix Composite.
Composites Part A: Applied Science and
Manufacturing.

J. Wu, D. Yu, C.M. Chan, J. Kim, and Y.W. Mai.

2000. Effect of Fiber Pretreatment
Condition on the Interfacial Strength and
Mechanical Properties of Wood Fiber/PP
Composites. Journal of Applied Polymer
Science. Vol.76,no.7: 1000-1010

M. Xanthos. 2005. Functional Fillers for Plastics.

Otto H. York Department of Chemical
Engineering and Polymer Processing
Institute. NJ Institute of technology.