

วัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ย่อยสลายได้จากพอลีโอเลฟินและผักตบชวา

Biodegradable Polymer Composites from Polyolefin and Water Hyacinth

พัชรี คำชิตา

ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ถนนพหลโยธิน ตำบลหลักหก อำเภอเมือง
จังหวัดปทุมธานี 12000 E-mail: patcharee.k@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพโดยศึกษาการเตรียมวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตระหว่างพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ใช้แล้วผสมกับเส้นใยผักตบชวาด้วยเทคนิคการละลายและตกตะกอนเพื่อให้ได้วัสดุคอมโพสิตที่มีสมบัติเชิงกลที่เหมาะสมต่อการใช้งานและสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ โดยใช้ตัวทำละลายไซลีนละลายพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่อุณหภูมิ 130 °C และผสมเส้นใยผักตบชวา 20 – 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพลาสติก จากนั้นลดอุณหภูมิเพื่อตกตะกอนวัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตผสมเส้นใยผักตบชวาและนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นด้วยเครื่องบีบอัด ผลการวิจัยพบว่าการผสมพลาสติกพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยผักตบชวาด้วยเทคนิคการละลายและตกตะกอนสามารถใช้เป็นทางเลือกแทนการผสมพลาสติกกับเส้นใยด้วยเครื่องอัดรีด เพื่อทำวัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตที่มีเส้นใยผักตบชวากระจายตัวอยู่ในเนื้อพลาสติกอย่างทั่วถึง เมื่อทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติทางกายภาพและการย่อยสลายทางชีวภาพภายใต้สภาวะควบคุมของวัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิต พบว่าวัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นจากการดึงเพิ่มขึ้นแต่มีความทนต่อแรงกระแทกและการโค้งงอลดลงเมื่อผสมเส้นใยผักตบชวามากขึ้น ในขณะที่สมบัติทางกายภาพค่าความดงจำเพาะและการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นและมีอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพมากกว่าพลาสติกพอลิโพรพิลีน ทั้งนี้ปริมาณของเส้นใยผักตบชวาที่เหมาะสมในวัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพลาสติกสามารถช่วยปรับปรุงสมบัติของวัสดุให้ดีขึ้นและสามารถนำไปใช้ทดแทนพลาสติกพอลิโพรพิลีนได้

คำสำคัญ: วัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิต เทคนิคการละลายและตกตะกอน

Abstract

This research is a qualitative research. Polymer composites consisting of recycled polypropylene and water hyacinth fibers were prepared by using the dissolution-precipitation technique to obtain the materials with suitable mechanical properties and be able to degrade naturally. Xylene was used as the solvent to dissolve polypropylene at 130°C and polymeric matrix were mixed with water hyacinth fibers in the ratio of 20 – 80 percent by weight of polypropylene. The mixture was slowly cool to room temperature in order to precipitate the polypropylene

composite with fibers and prepare into sheets by compression molding. The results showed that the dissolution-precipitation technique is an alternative method to prepare polypropylene composites and improve fiber dispersion in the polymeric matrix and can be substituted with the extrusion process. The mechanical and physical properties of polypropylene composites and ability to biodegrade under controlled composting condition were examined to determine the influences of water hyacinth fiber contents. The modulus of elasticity of the polypropylene composites significantly increased as the fibers increased while the impact strength and flexural strength decreased. The polypropylene composites with increasing of water hyacinth fibers showed an increase in specific gravity, water absorption and higher rate of biodegradation than polypropylene. The polypropylene composites with 40 percent fibers by weight of polypropylene can improve the properties of the materials and can be used to replace the virgin polypropylene.

Keywords: polypropylene composite, dissolution-precipitation technique

1. บทนำ

ปัจจุบันพลาสติกเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น สืบเนื่องจากสมบัติอันโดดเด่นของพลาสติกที่ดีกว่าวัสดุประเภทอื่นๆ เช่น มีน้ำหนักเบา ความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูงและคงทนต่อการผุกร่อน หรือสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นต้น ทำให้ความต้องการในการใช้พลาสติกมีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแต่ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากพลาสติกเหล่านี้ย่อยสลายได้ยากในธรรมชาติและก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรด้านปิโตรเคมีในการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกเพิ่มขึ้น จึงมีการศึกษานำพลาสติกที่ใช้แล้ว (Post-consumer) มาทำการรีไซเคิล เช่น กระบวนการคืนรูปทางเคมีเปลี่ยนพอลิเมอร์กลับไปเป็นสารตั้งต้นเพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ หรือนำพลาสติกกลับคืนมาใช้ อีกด้วย เทคนิคการละลายและตกตะกอน (Dissolution-precipitation technique) (Achilias et al., 2009) ซึ่งเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรลดการใช้พลาสติกที่ผลิตใหม่และช่วยอนุรักษ์พลังงานทางหนึ่ง

นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาพลาสติกให้มีสมบัติด้านต่างๆ ดีขึ้น วิธีที่ได้รับความนิยมเป็นการนำพอลิเมอร์มาผสมกับสารตัวเติมเพื่อให้ได้วัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตที่มีสมบัติเชิงกลดีและสามารถย่อยสลายตามธรรมชาติได้เร็วขึ้น สารตัวเติมอาจอยู่ในรูปของอนุภาคที่เป็นผงหรือเส้นใยจากวัชพืชหรือวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมที่ห่างไกลจากถูก ความหนาแน่นต่ำ สมบัติเชิงกลดี และเกิดการขัดสีกับเครื่องจักรน้อย เช่น เส้นใยผักตบชวาซึ่งเป็นเส้นใยธรรมชาติประเภทเส้นใยเซลลูโลส เส้นใยค่อนข้างหยาบ (52 denier) ความแข็งแรงในขณะแห้ง 2.05 gpd (gram per denier) และความแข็งแรงในขณะเปียก 2.46 gpd (วิธีสกัดข้อมูลจากเดชา, 2554) จากรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในวัสดุเนื้อหลักพอลิเมอร์ผสมด้วยเครื่องอัดรีด (Myrtha et al., 2007) เพื่อศึกษาชนิดของเส้นใย เช่น ปอแก้ว เส้นใยผักตบชวา และปริมาณของเส้นใยต่อสมบัติของวัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิต การศึกษาวัสดุคอมโพสิตที่ได้จากการผสมระหว่างเยื่อ

สัจจะกระดาษกับพอลิเมอร์ชนิดเทอร์โมพลาสติก (Jungil et al., 2004) การศึกษาวัสดุคอมโพสิตชนิดพอลิโอฟีนเสริมแรงด้วยเยื่อกระดาษหนังสือพิมพ์ (Baroulaki et al., 2006) โดยใช้วิธีการละลายพอลิเมอร์ด้วยตัวทำละลายไซลีนก่อนการผสมกับเยื่อกระดาษพบว่าวัสดุคอมโพสิตที่มีพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำเป็นวัสดุเนื้อหลักเสริมแรงด้วยเยื่อกระดาษทำการเตรียมได้ง่ายที่อุณหภูมิต่ำ วัสดุมีความต้านทานต่อการดึงเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเยื่อกระดาษ

ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้จากการนำพลาสติกพอลิโอฟีนชนิดพอลิโพรพิลีนที่ใช้แล้วมาผสมกับเส้นใยผักตบชวาด้วยเทคนิคการละลายและตกตะกอน ซึ่งจะช่วยให้สารตัวเดิมที่เป็นเส้นใยกระจายตัวในเนื้อพลาสติกอย่างทั่วถึง และนำไปขึ้นรูปชิ้นงานวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตด้วยกระบวนการอัด (Compression molding) แทนการผสมพลาสติกกับเส้นใยด้วยเครื่องหลอมอัดรีดชนิดเกลียวหอนอก (Twin screw extruder) เส้นใยผักตบชวาที่นำมาผสมกับพอลิเมอร์เป็นเส้นใยที่มีความยาวและเหนียวจึงคาดว่าเส้นใยผักตบชวาจะช่วยเสริมสมบัติเชิงกลของวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตให้ดีขึ้น อีกทั้งจะช่วยให้วัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่ายขึ้นเมื่อนำไปทิ้งแบบฝังกลบ เพื่อช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการเตรียมวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่เป็นกล่องบรรจุอาหารที่ใช้แล้วผสมกับเส้นใยผักตบชวาด้วยเทคนิคการละลายและตกตะกอน เพื่อให้ได้วัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตชนิดใหม่ที่มีสมบัติเชิงกลดีและย่อยสลายตามธรรมชาติได้ง่าย

2. ศึกษาสมบัติเชิงกลสมบัติทางกายภาพและความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพของวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตที่ได้ เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆต่อไป

3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 ขั้นตอนการเตรียมเส้นใยผักตบชวา

โดยนำต้นผักตบชวาที่ได้จากคลองระบายน้ำในหมู่บ้านเมืองเอกมาคัดเลือกเฉพาะส่วนที่เป็นก้านแก่ ล้างทำความสะอาดและตัดให้มีขนาดประมาณ 1 นิ้ว อบให้แห้ง นำมาต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ล้างด้วยน้ำให้เหลือแต่เส้นใย และฟอกเส้นใยในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้น 2.5% โดยปริมาตรล้างและอบเส้นใยผักตบชวา เก็บไว้ในที่แห้ง

3.2 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ใช้แล้วกับเส้นใยผักตบชวา

3.2.1 การเตรียมวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ใช้แล้วกับเส้นใยผักตบชวา

ด้วยเทคนิคการละลายและตกตะกอน โดยนำกล่องบรรจุอาหารที่ใช้แล้วทำด้วยพลาสติกพอลิโพรพิลีนโปร่งแสงไม่มีสีล้างทำความสะอาด อบให้แห้งและตัดให้มีขนาด 1x1 ซม.² ใส่ในขวดปฏิกิริยาเดิมตัวทำละลายไซลีนชนิด reagent grade อัตราส่วนพอลิโพรพิลีนต่อไซลีน 1:20 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ควบคุมอุณหภูมิ 125-130 °C กวนด้วยความเร็ว 250 รอบต่อนาที ใช้เวลา 45 นาทีสังเกตดูว่าพลาสติกละลายจนหมด เติมเส้นใยผักตบชวาลงไปในอัตราส่วน 20, 40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของพลาสติกตามลำดับ กวนด้วยความเร็ว 500 รอบต่อนาที จนเส้นใยผักตบชวากระจายตัวในสารละลายพอลิเมอร์ลดอุณหภูมิลงมาที่ 30-40 °C เพื่อให้พอลิเมอร์

ตกตะกอน กรองพอลิเมอร์ที่ผสมเส้นใยสังด้วยน้ำ
 อบระเหยตัวทำลายที่หลงเหลืออยู่ เป็นเวลา 24
 ชั่วโมง จนแห้งสนิท เพื่อเตรียมขึ้นรูปวัสดุคอมโพสิต
 3.2.2 ขึ้นรูปวัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตด้วยเครื่อง
 ขึ้นรูปแบบอัด (Compression molding) โดยนำวัสดุ
 พอลิโพรพิลีนคอมโพสิตที่สังเคราะห์ได้ไปขึ้นรูป
 ขึ้นงานเป็นแผ่นแบน ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 190 °C
 และอัดด้วยความดัน 400 Kg_f/cm² เป็นเวลา 10 นาที
 แล้วลดอุณหภูมิลงด้วยน้ำหล่อเย็น นำชิ้นงานที่ได้ไป
 ทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

3.3 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

3.3.1 วัดความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)
 มาตรฐาน ASTM D792 โดยการชั่งน้ำหนักวัสดุ
 ตัวอย่างในอากาศที่อุณหภูมิห้อง และชั่งน้ำหนักวัสดุ
 ตัวอย่างเมื่อถูกแขวนอยู่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง
 คำนวณความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่น
 3.3.2 ทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ (Water absorption)
 มาตรฐาน ASTM D570 โดยอบชิ้นงานที่อุณหภูมิ
 60 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง และแช่
 ในน้ำที่อุณหภูมิ 23 °C นาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำ
 ออกมาซับด้วยผ้าไมโครไฟเบอร์ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง
 คำนวณเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

3.4 วิเคราะห์สมบัติเชิงกล

3.4.1 ทดสอบความต้านทานต่อแรงกระแทกมาตรฐาน
 ASTM D256 แบบ Izod impact test โดยใช้เครื่อง
 GOTECH รุ่น GT-7045 เตรียมชิ้นงานทำรอยบากเป็น
 รูปตัว V ใช้ลูกตุ้มเหวี่ยงกระแทกอ่านค่าพลังงานเพื่อ
 คำนวณความต้านทานต่อแรงกระแทก
 3.4.2 ทดสอบความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile
 strength) มาตรฐาน ASTM D638 โดยใช้เครื่อง
 ทดสอบ Universal testing machine รุ่น H50KS ยี่ห้อ

Hounsfield ใช้แรงดึงชิ้นงานให้ยืดออกวัดค่าความ
 ต้านทานต่อแรงดึงสูงสุด และคำนวณค่ามอดูลัส
 ยืดหยุ่นในการดึง (Modulus of elasticity)

3.4.3 ทดสอบความต้านทานต่อแรงดัดโค้ง (Flexural
 strength) มาตรฐาน ASTM D790 ใช้แรงกดบนชิ้นงาน
 จนเกิดการโค้งงอเพื่อหาค่าความต้านทานต่อแรงดัด
 โค้ง หรือค่าความเค้นสูงสุด (Modulus of rupture)
 ที่ทำให้ชิ้นงานเกิดขยายตัวไปจนถึงจุดแตกหัก

3.5 ทดสอบความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ
 ภายใต้สภาวะควบคุม (Biodegradation testing under
 controlled condition) มาตรฐาน ASTM 5338 - 98

โดยใช้ระบบที่มีออกซิเจนและควบคุมสภาวะ
 การย่อยสลายของวัสดุชิ้นงานที่อุณหภูมิ 58 °C (±
 2 °C) เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 45 วัน วัดอัตราการย่อย
 สลายทางชีวภาพและเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของ
 วัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตที่มีคาร์บอนเป็น
 องค์ประกอบในเนื้อวัสดุกลายเป็นก๊าซ
 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

4. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการเตรียมเส้นใยผักตบชวา

ลักษณะทางกายภาพของเส้นใยผักตบชวา
 แสดงดังรูปที่ 1ก เส้นใยผักตบชวามีลักษณะสีขาวนวล
 เส้นใยค่อนข้างหยาบเกาะติดกันต่อเนื่องแบบไม่เป็น
 ระเบียบ วัดค่าความถ่วงจำเพาะโดยเฉลี่ยได้ 0.978
 ปริมาณของเส้นใย 25.84% ของน้ำหนักก้าน
 ผักตบชวาแห้ง

4.2 ผลการรีไซเคิลพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ใช้แล้ว (PP)

ชนิดกล่องพลาสติกบรรจุอาหารโปร่งแสงด้วย
 เทคนิคการละลายและตกตะกอน การรีไซเคิลนี้

สามารถเปลี่ยนแผ่นพลาสติก PP เป็นผงพลาสติกสีขาวทึบ ดังรูปที่ 1 ซึ่งมีการคืนกลับมาได้ (Polymer recovery) เท่ากับ 95.3% โดยน้ำหนักของพลาสติก เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ด้วย FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) สามารถยืนยันลักษณะโครงสร้างทางเคมีที่มีหมู่ฟังก์ชันต่างๆของพลาสติก PP ก่อนและหลังการรีไซเคิลใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 2

4.3 ผลการสังเคราะห์วัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิตจากพลาสติกพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยผักตบชวาด้วยเทคนิคการละลายและตกตะกอน

ลักษณะทางกายภาพของพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ไม่ผสมเส้นใยผักตบชวามีลักษณะเป็นแผ่นพลาสติกสีขาวโปร่งแสง มีความแข็งไม่เปราะแตกเมื่อทำการบิดหรือตัดด้วยมือ ในขณะที่วัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตที่ผสมเส้นใยผักตบชวา มีลักษณะทางกายภาพเป็นแผ่นทึบสีขาวปนสีน้ำตาลของเส้นใยผักตบชวา มีความแข็งไม่เปราะแตกเช่นเดียวกับพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ไม่ผสมเส้นใยผักตบชวา แสดงลักษณะกายภาพเปรียบเทียบกัน ดังรูปที่ 3

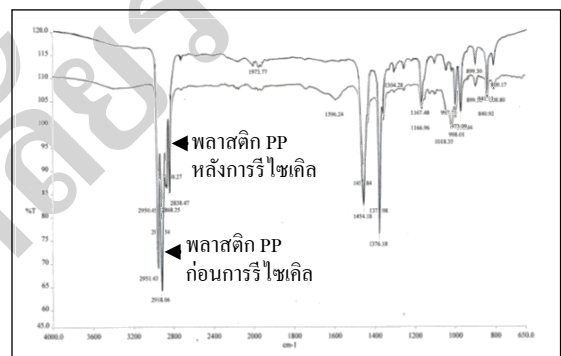
4.4 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

4.4.1 ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)

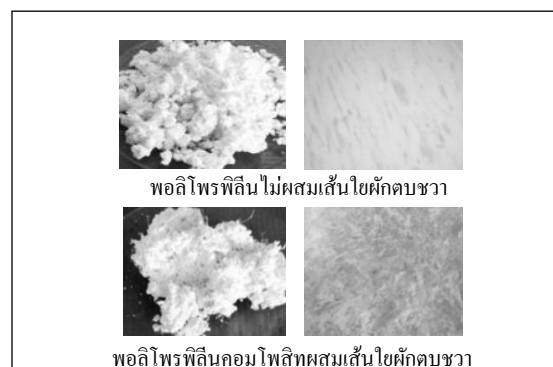
ค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเติมเส้นใยผักตบชวาลงไปมากขึ้น ดังตารางที่ 1 เนื่องมาจากการเติมเส้นใยผักตบชวาเข้าไปแทนที่วัสดุพอลิโพรพิลีนเนื้อหลักนั้น เป็นการเพิ่มน้ำหนักหรือภาระให้กับวัสดุคอมโพสิต ซึ่งวัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตยังคงมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำทำให้วัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตสามารถลอยน้ำได้



รูปที่ 1 ลักษณะกายภาพของผักตบชวาและพอลิโพรพิลีน



รูปที่ 2 เปรียบเทียบโครงสร้างทางเคมีของพอลิโพรพิลีนกับพอลิโพรพิลีนรีไซเคิล



รูปที่ 3 ลักษณะกายภาพของวัสดุที่สังเคราะห์ได้ก่อนและหลังการขึ้นรูป

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของวัสดุ ตามปริมาณของเส้นใยผักตบชวา

วัสดุ	ความด่างจำเพาะ	%การดูดซึมน้ำ
PP : WH 0%	0.9029	0.03
PP : WH 20%	0.9107	2.37
PP : WH 40%	0.9235	3.61
PP : WH 60%	0.9358	4.40
PP : WH 80%	0.9447	4.80

หมายเหตุ: PP หมายถึง โพลีโพรพิลีน และ WH หมายถึง เส้นใยผักตบชวาที่ผสมในเนื้อวัสดุเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของโพลีโพรพิลีน

4.4.2 ค่าการดูดซึมน้ำ (Water absorption)

วัสดุโพลีโพรพิลีนคอมโพสิตที่ผสมเส้นใยผักตบชวามีค่าการดูดซึมน้ำมากขึ้นเมื่อมีปริมาณของเส้นใยเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 1 ซึ่งทำให้วัสดุคอมโพสิตเกิดการพองตัวขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยผักตบชวามีองค์ประกอบหลักเป็นเซลลูโลสประมาณ 25% ซึ่งมีหมู่ของไฮดรอกซิลอยู่ในโครงสร้างทำให้เส้นใยผักตบชวามีสภาพขั้วสามารถดูดซึมน้ำได้ ในขณะที่พลาสติกโพลีโพรพิลีนมีค่าการดูดซึมน้ำได้น้อยมาก รูปทรงไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4.5 ผลการวิเคราะห์สมบัติเชิงกล

4.5.1 ความต้านทานต่อแรงกระแทก (Impact strength)

พบว่าเนื้อวัสดุโพลีโพรพิลีนคอมโพสิตผสมเส้นใยผักตบชวายังคงมีความเหนียวและไม่เปราะแตกง่าย สามารถรองรับการกระแทกได้ใกล้เคียงกับพลาสติกโพลีโพรพิลีนที่ไม่ผสมเส้นใย ซึ่งการผสมเส้นใยผักตบชวาลงไปแทนที่วัสดุเนื้อหลักนั้น สามารถช่วยยึดเหนี่ยวเนื้อของพลาสติกไว้ไม่ให้แตกออกแต่ทั้งนี้วัสดุคอมโพสิตที่ผสมเส้นใยผักตบชวามากขึ้นมีความต้านทานต่อแรงกระแทกลดลง ดังตารางที่ 2

4.5.2 ความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile strength)

พบว่าวัสดุโพลีโพรพิลีนคอมโพสิตผสมเส้นใยผักตบชวา มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) จากการใช้แรงดึงสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณเส้นใยผักตบชวามากขึ้น บ่งบอกถึงความสามารถในการเปลี่ยนรูปของวัสดุคอมโพสิต เนื่องจากการกระจายตัวของเส้นใยในพอลิเมอร์เนื้อหลัก ทำให้เกิดความเหนียวและความยืดหยุ่นกันตัวได้สามารถทนต่อแรงดึงได้มากขึ้น แต่เปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด (% Elongation at break) ของวัสดุคอมโพสิตมีค่าลดลง ดังตารางที่ 2 อาจเนื่องมาจากเส้นใยผักตบชวามีสมบัติแบบHydrophilic ทำให้พันธะระหว่างผิวสัมผัสของเส้นใยกับพลาสติกเนื้อหลักมีน้อย ส่งผลให้วัสดุคอมโพสิตผสมเส้นใยสามารถยึดตัวได้น้อยจึงแตกหักได้ (Myrtha et al., 2007)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของวัสดุตามปริมาณของเส้นใยผักตบชวา

วัสดุ	ความต้านทานต่อการกระแทก (N m)	มอดูลัสยืดหยุ่น (MPa)	เปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดขาด	ความต้านทานต่อการตัดโค้ง (MPa)
PP : WH 0%	36.43±1.02	836.33±87	2.28±0.33	28.57±1.99
PP : WH 20%	33.36±1.49	866.33±66	1.69±0.18	28.72±1.48
PP : WH 40%	37.38±1.35	1,005.67±98	1.61±0.17	27.42±1.97
PP : WH 60%	31.62±1.97	1,098.67±96	1.44±0.31	24.59±1.47
PP : WH 80%	30.48±1.07	1,157.00±32	1.27±0.12	23.07±1.76

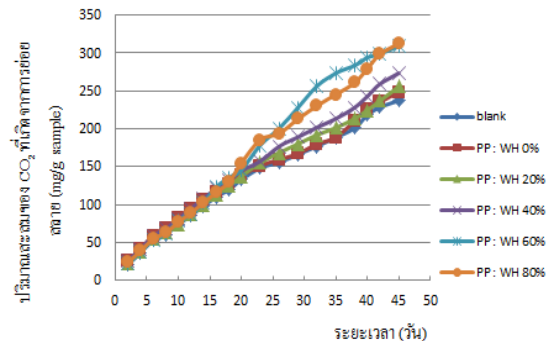
หมายเหตุ: PP หมายถึง โพลีโพรพิลีน และ WH หมายถึงเส้นใยผักตบชวาที่ผสมในเนื้อวัสดุเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของโพลีโพรพิลีน

4.5.3 ความต้านทานต่อแรงดัดโค้ง (Flexural strength)
พบว่า วัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตผสมเส้นใย
ฝักคบบชาในอัตราส่วน 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ โดย
น้ำหนัก มีค่าความต้านทานต่อแรงดัดโค้งใกล้เคียงกับ
พอลิโพรพิลีนที่ไม่ผสมเส้นใยดังตารางที่ 2 เมื่อเพิ่ม
ปริมาณเส้นใยมากขึ้นส่งผลให้วัสดุคอมโพสิตมีความ
ต้านทานต่อแรงดัดโค้งลดลง วัสดุคอมโพสิตจะ
เปราะแตกหักง่าย เนื่องมาจากการเติมเส้นใยลงไป
แทนที่วัสดุเนื้อหลักมากขึ้นไปทำให้มีพันธะระหว่าง
ผิวสัมผัสของเส้นใยยึดเกาะกับพอลิเมอร์เนื้อหลักได้
น้อยลงและรองรับน้ำหนักแรงดัดโค้งได้ลดลง

4.6 ผลการทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพของวัสดุ
พอลิโพรพิลีนคอมโพสิตภายใต้สภาวะควบคุม
(Biodegradation testing under controlled composting
conditions) โดยการฝังกลบในวัสดุหมักที่มีจุลินทรีย์
เป็นเวลา 45 วัน พบว่าวัสดุพลาสติกพอลิโพรพิลีน
และวัสดุคอมโพสิตผสมเส้นใยฝักคบบชาตั้งแต่ 0, 20,
40, 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เกิดการย่อย
สลายด้วยจุลินทรีย์เปลี่ยนคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบ
ในวัสดุกลายเป็นก๊าซ CO₂ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดย
มีอัตราการย่อยสลายเกิดขึ้นค่อนข้างคงที่ ดังรูปที่ 4
ซึ่งวัสดุคอมโพสิตผสมเส้นใยฝักคบบชา 80
เปอร์เซ็นต์มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายสูงสุดใน
ระยะเวลา 45 วัน ประมาณ 3.16%

5. บทสรุป

ในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการนำเส้นใย
ธรรมชาติอย่างเส้นใยฝักคบบชามาใช้ให้เป็น
ประโยชน์ในการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของวัสดุพอลิ
เมอร์ได้ โดยผสมเส้นใยฝักคบบชาที่เป็นสารตัวเติมกับ
พอลิโพรพิลีนด้วยเทคนิคการละลายและตกตะกอน



รูปที่ 4 ปริมาณสะสม CO₂ ที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายของวัสดุ
ทดสอบกับระยะเวลาในการย่อยสลาย

วัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตที่ได้มีเส้นใยฝักคบบชา
กระจายตัวอยู่ในเนื้อพลาสติกอย่างทั่วถึง ซึ่งปริมาณ
ของเส้นใยฝักคบบชาที่เหมาะสมในวัสดุพอลิโพรพิลีน
คอมโพสิตประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ
พลาสติกสามารถช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลค้ำอดคูลัส
ยึดหยุ่นจากการดึงให้เพิ่มขึ้นมีความทนต่อแรง
กระแทกและการดัดโค้งใกล้เคียงกับพลาสติกพอลิ
โพรพิลีนที่ไม่ผสมเส้นใย เมื่อผสมเส้นใยฝักคบบชา
ในวัสดุพอลิโพรพิลีนคอมโพสิตปริมาณมากขึ้นไป
จะทำให้สมบัติเชิงกลลดลงมีค่าความถ่วงจำเพาะ
เพิ่มขึ้นแต่ยังคงน้อยกว่าน้ำและมีการดูดซึมน้ำได้
เพิ่มขึ้น รวมทั้งมีอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพ
ภายใต้สภาวะควบคุมได้มากขึ้น จึงเห็นได้ว่าวัสดุพอลิ
โพรพิลีนคอมโพสิตผสมเส้นใยฝักคบบชา มีสมบัติ
เชิงกลและกายภาพที่เหมาะสมสามารถนำไปใช้
ทดแทนพลาสติกพอลิโพรพิลีนได้

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุน
ทุนวิจัยจากสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิตและได้รับความ
อนุเคราะห์ด้านอุปกรณ์จากภาควิชาวิศวกรรม
เคมีและวัสดุ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์

7. เอกสารอ้างอิง

วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. (2554). การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเส้นใยผักตบชวามาใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอเส้นใย, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (ออนไลน์) สืบค้นจาก : <http://www.researchgate.net/publication/39025829>. 9 มิถุนายน 2554.

Achilias, D.S., Giannoulis, A., and Papageorgiou G.Z., (2009). Recycling of polymers from plastic packaging materials using the dissolution-precipitation technique. *Polymer Bulletin*. 63:(3), 449-365.

Baroulaki I., Karakasi, O., Pappa, G., Tarantili, P.A., Economides, D., and Magoulas, K. (2006). Preparation and study of plastic compounds containing polyolefins and post used newspaper fibers, *Appli. Sci. and Manufac.* 37: 1613-1625.

Jungil Son, Han – SeungYeng and Hyun – joong Kim, (2004). Phisico–mechanical properties of paper sludge –Thermoplastic polymer composites, *J. Thermoplast. Compos.Mater.* 17: (6), 509-522.

Myrtha, K., Holia, O., and Anung, S. (2007). Physical and mechanical properties of natural fibers filled polypropylene composites and its recycle. *Journal of Biological Sciences*, 7: (2), 393-396.