รหัสโครงการ SUT7-710-45-12-26

รายงานการวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติที่มีในประเทศไทย

(Studies of the Mechanical Properties of Plastic Reinforced with Cellulose Based Fibre)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ดร. ปราณี ชุมสำโรง

สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2545

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

เมษายน 2547

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติที่มีในประเทศไทย (Studies of the Mechanical Properties of Plastic Reinforced with Cellulose Based Fibre) นี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2545

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้โดยความร่วมมือและสนับสนุนจากผู้ช่วยวิจัย คือ นายจงรัก กลึง-สำโรง นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และบุคลากรศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดร. ปราณี ชุมสำโรง
(หัวหน้าโครงการวิจัย)
เมษายน 2547

บทคัดย่อภาษาไทย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางการนำเส้นใยธรรมชาติซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีในประเทศไทยมาเป็นวัสดุเสริมแรงให้กับพอลิโพรพิลีน โดยเลือกใช้เส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์ การเตรียมพอลิเมอร์เชิงประกอบหรือพอลิโพรพิลีนเสริมแรงด้วยเส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์ใช้ปริมาณเส้นใย 1-10 % โดยไม่มีการดัดแปรทั้งพอลิเมอร์และเส้นใย ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์เชิงประกอบที่เตรียมได้ จากผลการทดลองพบว่าเส้นใยทั้งสองชนิดทำให้ค่ามอดูลัสของพอลิเมอร์เชิงประกอบสูงกว่าพอลิโพรพิลีนเมทริกซ์และสูงขึ้นตามปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงมีค่าสูงกว่าพอลิโพรพิลีนเมื่อใช้ปริมาณเส้นใยต่ำ (1-5 %) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยมากขึ้นค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงลดลง ที่เปอร์เซ็นต์เส้นใยเท่ากันพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยกล้วยน้ำว้ามีค่ามอดูลัสและค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงสูงกว่าพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยป่านศรนารายณ์เล็กน้อย ค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์เชิงประกอบลดลงตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใย พอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์มีค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกใกล้เคียงกัน จากการตรวจสอบลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์เชิงประกอบด้วยกล้องจุลทัศน์พบว่าพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้ปริมาณเส้นใยสูงมีแนวโน้มที่จะเกิดรอยโหว่ภายในชิ้นงาน

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

In this study, natural fibre that can be found in Thailand was used to produce natural fibre – polypropylene (PP) composites. Two types of plant fibre including sisal and banana fibre were selected. PP and natural fibre were used without any chemical modification. The amount of fibre used was varied between 1-10% by weight. The mechanical properties, impact strength and tensile properties, of the composite have been determined. Young's moduli of the composites were higher than that of PP matrix and tended to increase with increasing amount of fibre. The composites, which low level of fibre (1-5 %), possessed higher tensile strength than PP matrix. However, when further increase the amount of fibre tensile strength values were decreased. At the same amount of fiber, composites with banana fibre had slightly higher moduli and tensile strength than the composite with sisal fibre. Impact strength of the composite tended to decrease with increasing amount of fibre. Composite with banana fiber and with sisal fibre showed similar impact strength values. The optical micrographs of composite sheets showed that the composites with high fiber content tended to have voids inside.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการทำวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	3
บทที่ 2 ความเป็นมาและภูมิหลัง	
ความเป็นมาและภูมิหลัง	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	10
วิธีการทดลอง	10
การเตรียมเส้นใย	10
การทดสอบคุณสมบัติการดึงของเส้นใย	10
การทดสอบพฤติกรรมการสลายตัวของเส้นใย ณ อุณหภูมิต่าง ๆ	11
การเตรียมพอลิเมอร์เชิงประกอบ	11
การเตรียมชิ้นทดสอบโดยการขึ้นรูปแบบกดอัดด้วยความร้อน	11
การทดสอบคุณสมบัติการดึง	12
การทดสอบค่าความต้านทานต่อแรงกระแทก	12
การตรวจสอบลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์เชิงประกอบ	12

บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง

การเตรียมเส้นใยกล้วยน้ำว้า..... 13

การทดสอบคุณสมบัติการดึงของเส้นใย..... 14

การทดสอบพฤติกรรมการสลายตัวของเส้นใย ณ อุณหภูมิ ต่าง ๆ 15

การเตรียมชิ้นทดสอบโดยการขึ้นรูปแบบกดอัดด้วยความร้อน..... 16

การทดสอบคุณสมบัติการดึง..... 17

การทดสอบค่าความต้านทานต่อแรงกระแทก..... 21

การตรวจสอบลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์เชิงประกอบ..... 23

บทที่ 5 บทสรุป

สรุปผลการวิจัย..... 25

ข้อเสนอแนะ..... 25

บรรณานุกรม..... 26

ประวัติผู้วิจัย..... 29

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	แสดงคุณสมบัติการดึงของพอลิเมอร์เชิงประกอบระหว่างพอลิเอทิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 5.8 มิลลิเมตร	6
2.2	แสดงผลการจัดเรียงตัวของเส้นใยและปริมาณเส้นใยที่มีต่อคุณสมบัติการดึง	7
3.1	วัสดุที่ใช้ในการทดลอง	10
3.2	แสดงอัตราส่วนของเส้นใยที่ใช้ในการเตรียมพอลิเมอร์เชิงประกอบ	11
4.1	แสดงผลการเตรียมเส้นใยกล้วยโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	13
4.2	แสดงคุณสมบัติการดึงของเส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์	15
4.3	คุณสมบัติการดึงของพอลิโพรพิลีนเมทริกซ์ พอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นวัสดุเสริมแรง	18
4.4	ค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์เมทริกซ์และพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นวัสดุเสริมแรง	21

สารบัญภาพ

รูปภาพ		หน้า
2.1	แสดงชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นจากพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยธรรมชาติในรถยนต์ส่วนบุคคลยี่ห้อ Mercedez-Benz รุ่น E-class.....	4
2.2	แสดงลักษณะของต้นป่านศรนารายณ์.....	5
2.3	แสดงองค์ประกอบส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้วย.....	8
4.1	แสดงลักษณะกาบใบกล้วยน้ำว้าที่นำมาสกัดแยกเส้นใย.....	14
4.3	การเปลี่ยนแปลงมวล (%โดยน้ำหนัก) ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนเทียบกับอุณหภูมิ ($^{\circ}$ C) ของเส้นใยกล้วย (เส้นปะ) และเส้นใยป่านศรนารายณ์ (เส้นทึบ).....	16
4.4	แสดงลักษณะของแผ่นพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยที่ได้จากการขึ้นรูปแบบกดอัดด้วยความร้อน.....	16
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในอุดมคติของพลาสติก.....	17
4.6	แสดงการเปรียบเทียบ (a) ค่ามอดูลัส และ (b) ค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงระหว่างพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วย (O) และเส้นใยป่านศรนารายณ์ (×).....	19
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของพอลิเมอร์เมทริกซ์ (พอลิโพรพิลีน, PP) เปรียบเทียบกับพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้ (a) เส้นใยกล้วยน้ำว้าและ (b) เส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นวัสดุเสริมแรงที่เปอร์เซ็นต์เส้นใยเท่ากับ 1, 5 และ 10 %..	20
4.8	แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกระหว่างพอลิเมอร์เชิงประกอบจากจากเส้นใยกล้วย (O) และเส้นใยป่านศรนารายณ์ (×).....	22
4.9	ภาพจากกล้องจุลทัศน์ของ (1) แผ่นพอลิโพรพิลีน และ (2) – (4) พอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยน้ำว้าที่ปริมาณเส้นใยเท่ากับ 1 % 5 % และ 10% ตามลำดับ.....	23
4.10	ภาพจากกล้องจุลทัศน์ของ (1) แผ่นพอลิโพรพิลีน และ (2) – (4) พอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ปริมาณเส้นใยเท่ากับ 1 % 5 % และ 10% ตามลำดับ...	24

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการทำวิจัย

ปัญหาหลักของการนำวัสดุพอลิเมอร์ไปใช้งานด้านวิศวกรรม คือ วัสดุพอลิเมอร์มีความแข็งแรง (strength) และความต้านทานต่อการเปลี่ยนรูป (stiffness) น้อยกว่าวัสดุวิศวกรรมชนิดอื่น ๆ เช่น โลหะ อยู่มาก [1] จึงมีการเพิ่มความแข็งแรงและความเหนียวให้กับวัสดุพอลิเมอร์โดยการเติมวัสดุเสริมแรง (reinforcing materials) เข้าสู่พอลิเมอร์และเรียกพอลิเมอร์ที่มีวัสดุเสริมแรงเป็นองค์ประกอบว่า วัสดุพอลิเมอร์เชิงประกอบ (polymer composites) หรือ พอลิเมอร์เสริมแรง (reinforced polymers) วัสดุพอลิเมอร์เชิงประกอบเป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะโครงสร้างที่ต้องการน้ำหนักเบา เช่น เรือแข่ง และอุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นต้น [1, 2, 3]

วัสดุเสริมแรงที่นิยมใช้ในวัสดุพอลิเมอร์เชิงประกอบ ได้แก่ เส้นใยสังเคราะห์ (synthetic fibers) เช่น เส้นใยแก้วและเส้นใยคาร์บอน เนื่องจากมีข้อดี คือ ประสิทธิภาพเชิงกลต่อน้ำหนักสูง เวลาที่ใช้ในการผลิตสั้น และใช้พลังงานในการผลิตต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเหล็ก แต่อย่างไรก็ตามเส้นใยสังเคราะห์มีข้อเสีย คือ ทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องมือขึ้นรูปและไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม [4] การทำลายหลังจากสิ้นอายุการใช้งานทำได้ยาก นอกจากนี้เส้นใยสังเคราะห์มีราคาสูงและส่วนใหญ่เป็นผลผลิตทางปิโตรเลียมที่อาจมีการขาดแคลนได้ในอนาคต

ในปัจจุบันมีหลายประเทศให้ความสนใจและศึกษาถึงการนำเส้นใยธรรมชาติมาเป็นวัสดุเสริมแรงสำหรับพอลิเมอร์โดยเฉพาะเส้นใยพืช (plant fibres) ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีข้อดีหลายประการ [3, 5, 6, 7, 8] ได้แก่

1. เป็นวัสดุที่สามารถปลูกทดแทนได้และมีให้ใช้ได้อย่างไม่จำกัด
2. เมื่อสิ้นอายุการใช้งานสามารถทำลายได้โดยการฝังหรือเผาโดยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจะเทียบเท่ากับปริมาณที่ใช้ในการเติบโตของพืชให้เส้นใย ดังนั้นจึงไม่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก
3. ไม่ทำลายสุขภาพของผู้ใช้งาน ไม่กัดกร่อนเครื่องมือขึ้นรูป
4. ราคาถูกเมื่อเทียบกับเส้นใยสังเคราะห์
5. ความหนาแน่นต่ำทำให้มีประโยชน์ในการผลิตวัสดุที่ต้องการน้ำหนักเบากว่าการใช้เส้นใยสังเคราะห์

นอกจากนี้วัสดุพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุเสริมแรงมีลักษณะเด่นในแง่ของน้ำหนักเบาและความแข็งแรงจำเพาะ (strength / unit weight) สูงกว่าการใช้เส้นใยแก้ว [9]

เส้นใยธรรมชาติสามารถใช้เป็นวัสดุเสริมแรงสำหรับพอลิเมอร์ทั้งชนิดที่เป็นเทอร์โมพลาสติก (thermoplastics) เช่น พอลิเอทิลีน (PE) [10, 11, 12] พอลิโพรพิลีน (PP) [10, 11] และ เทอร์โมเซต (thermosets) เช่น พอลิเอสเทอร์ [13, 14] เป็นต้น โดยพอลิเมอร์เหล่านี้จะถูกเรียกว่า "พอลิเมอร์เมทริกซ์ (polymer matrices)"

เส้นใยธรรมชาติที่มีการศึกษาวิจัยมาก คือ เส้นใยพืช ซึ่งได้แก่ เส้นใยจากปอกระเจา (kenaf) [15] ปอลินิน (flax) [10] กัญชง (hemp) [16] ป่านศรนารายณ์ (sisal) [11, 17] ฝ้าย (cotton) [18] และไม้ไผ่ (bamboo) [19] เส้นใยเหล่านี้สามารถหาได้ในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทยแล้วแต่ประเภทและพันธุ์ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการนำทรัพยากรธรรมชาติซึ่งมีอยู่ในประเทศของเราเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ในเรื่องของการใช้เป็นวัสดุเสริมแรงสำหรับพอลิเมอร์ยังมีไม่มากนัก และโดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะปลูกพืชให้เส้นใยเพื่อขายในลักษณะที่เป็นผลผลิตทางการเกษตรให้กับโรงงานผลิตเครื่องใช้จากเส้นใย เช่น โรงงานทอกระสอบ โรงงานผลิตเชือก เป็นต้น ทำให้ราคาที่ได้ไม่ค่อยดีนัก เช่น เส้นใยป่านศรนารายณ์จำหน่ายในราคากิโลกรัมละ 10-16 บาท [20]

ในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาเพื่อหาแนวทางการนำเส้นใยพืชที่มีในประเทศไทยมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงสำหรับเทอร์โมพลาสติก โดยนำเส้นใยพืชที่เลือกใช้มาผสมเข้ากับพอลิโพรพิลีนและศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ได้ โครงการวิจัยนี้จึงน่าจะเป็นประโยชน์ในเรื่องของการใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สามารถนำไปวิจัยและพัฒนาต่อ รวมทั้งเป็นการศึกษาถึงแนวโน้มและความเป็นไปได้ของการใช้เส้นใยพืชในอุตสาหกรรมการผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่า (value added) สินค้าทางการเกษตรและเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรไทยที่มีอาชีพปลูกพืชเส้นใยสืบไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยพืชที่มีในประเทศไทย
2. เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทางการเกษตร
3. เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในงานวิจัยขั้นต่อไป

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยพืชที่มีในประเทศไทยเป็นวัสดุเสริมแรง พอลิเมอร์เมทริกซ์ที่เลือกใช้เป็นประเภทที่มีปริมาณการใช้สูง (commodity polymer) อีกทั้งเป็นพอลิเมอร์ที่ใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักจากพอลิเมอร์

เชิงประกอบที่มีเส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุเสริมแรง [2] พอลิเมอร์ดังกล่าว ได้แก่ พอลิโพรพิลีน โดยขอบเขตงานวิจัยมีดังนี้

1. สกัดเส้นใยจากพืชให้เส้นใย และทำให้มีความพร้อมสำหรับนำไปผสมเข้ากับพอลิเมอร์ที่เลือกใช้
2. ผสมเส้นใยพืชกับพอลิเมอร์ที่เลือกใช้โดยใช้เครื่องบดผสมแบบภายใน (internal mixer) ซึ่งเป็นการผสมแบบเป็นครั้ง ๆ (batch) โดยมีการปรับเปลี่ยนปริมาณเส้นใยที่ใช้
3. นำพอลิเมอร์ที่ผสมได้ไปขึ้นรูปด้วยวิธีที่ทำได้สะดวกและใช้พอลิเมอร์ผสมในปริมาณน้อย ได้แก่ การกดอัดขึ้นรูปด้วยความร้อน (compression molding)
4. ตัดชิ้นทดสอบจากแผ่นพอลิเมอร์ที่ขึ้นรูปได้ให้เป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการทดสอบคุณสมบัติการดึง (tensile testing) และ คุณสมบัติความต้านทานต่อแรงกระแทก (impact testing)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่องานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงคาดว่าจะได้รับประโยชน์ดังต่อไปนี้

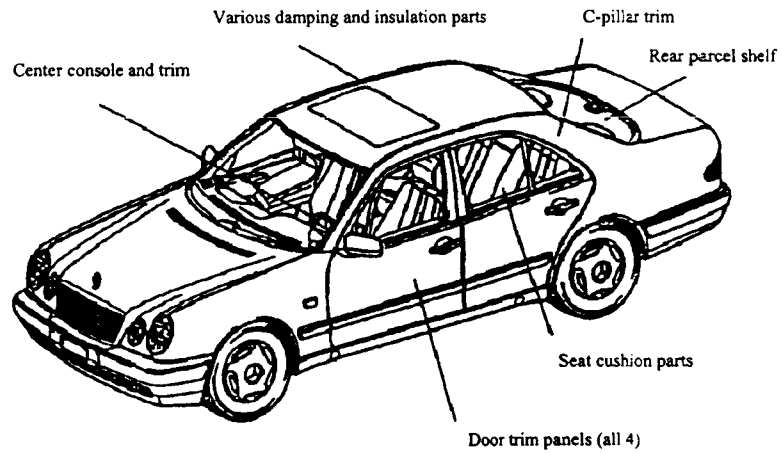
1. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานวิจัยขั้นต่อไป
2. เป็นแนวทางการลดต้นทุนการผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบโดยใช้เส้นใยพืชเป็นวัสดุเสริมแรง
3. เป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าทางการเกษตร
4. เป็นแนวทางเพิ่มประโยชน์ใช้สอยจากทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศไทยของเรา

1.5 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลงานวิจัยที่ได้จะเป็นความรู้เบื้องต้นที่สามารถนำไปวิจัยและพัฒนาต่อในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้นหน่วยงานแรกที่สามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ คือ สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์ โดยใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับโครงการวิจัยในระดับบัณฑิตศึกษา หน่วยงานลำดับต่อมา คือ อุตสาหกรรมการผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบซึ่งสามารถนำผลงานวิจัยไปเป็นแนวทางสำหรับการผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบที่มีต้นทุนต่ำกว่าการใช้เส้นใยสังเคราะห์เป็นวัสดุเสริมแรง นอกจากนี้กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพืชเส้นใยอาจมีตลาดรองรับสินค้าที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น เมื่อความต้องการเส้นใยเพิ่มมากขึ้นจะมีผลให้ราคาสินค้าเพิ่มขึ้นด้วย

บทที่ 2
ความเป็นมาและภูมิหลัง

ในปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยเพื่อนำเส้นใยธรรมชาติมาผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบกันอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เนื่องจากมีการตระหนักถึงผลกระทบของการผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยสังเคราะห์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ใช้แล้วหมดไป (non-renewable resource) และสุขภาพของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต อุตสาหกรรมที่มีการพัฒนาวัสดุพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยธรรมชาติที่สำคัญได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เช่น ส่วนประกอบหลายชิ้นในรถยนต์ยี่ห้อ Mercedes Benz ผลิตขึ้นจากพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยธรรมชาติดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นจากพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยธรรมชาติในรถยนต์ส่วนบุคคลยี่ห้อ Mercedes-Benz รุ่น E-class [21]

เส้นใยธรรมชาติที่มีคุณสมบัติเหมาะสมและมีการนำมาศึกษาเพื่อผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบกันมากได้แก่ เส้นใยพืช ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่มตามแหล่งของเส้นใย ได้แก่ เส้นใยจากเปลือกหุ้มลำต้น (bast fibers) และเส้นใยจากใบและส่วนของใบ (leaf fibers) โดยเส้นใยจากเปลือกหุ้มลำต้น ได้แก่ เส้นใยกัญชง ปอกระเจา ป่านลินิน ปอคิวบา และป่านรามี สำหรับเส้นใยจากใบและส่วนของใบ ได้แก่ ป่านศรนารายณ์และเส้นใยกล้วย [22] ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เลือกใช้เส้นใยชนิดที่ได้จากใบและส่วนของใบซึ่งได้แก่ เส้นใยป่านศรนารายณ์และเส้นใยจากกาบใบ (pseudostem) ของกล้วยน้ำว้า เหตุผลของการเลือกใช้เส้นใยทั้งสอง คือ เส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นเส้นใยที่มีการเพาะปลูกกันมากใน

เขตจังหวัดนครราชสีมา และเส้นใยกล้วยน้ำว้าเป็นเส้นใยที่ได้จากกาบใบซึ่งเป็นส่วนที่เหลือใช้หรือไม่ได้ใช้งานของเกษตรกรผู้ปลูก

เส้นใยธรรมชาติมีข้อดีหลายประการจึงได้รับความสนใจในการศึกษาเพื่อนำมาผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบดังที่กล่าวไปในบทที่ 1 แต่อย่างไรก็ตามการใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุเสริมแรงมีข้อด้อยที่ต้องคำนึงถึง คือ เส้นใยธรรมชาติมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic material) จึงทำให้เข้ากันได้ไม่ดีกับพอลิเมอร์เมทริกที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic materials) และเส้นใยธรรมชาติดูดซับความชื้น ซึ่งปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงจะส่งผลต่อความเสถียรของรูปร่างของพอลิเมอร์เชิงประกอบ เช่น เกิดการบวมตัว

ในบทนี้จะกล่าวถึงพืชเส้นใยที่เลือกใช้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งกล่าวถึงวิธีการปรับปรุง (modification) เส้นใยที่มีผู้ศึกษาเพื่อลดข้อด้อยของเส้นใยและเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์เมทริกซ์

2.1 ป่านศรนารายณ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นวัสดุเสริมแรง

ป่านศรนารายณ์มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า อะกาเว ไซซาลานา (*Agave Sisalana*) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ใบมีสีเขียว แตกจากลำต้นแยกกว้างออกจากรอบโคนต้น ใบที่โตเต็มที่ยาวประมาณ 1.0-1.5 เมตร ต้นป่านศรนารายณ์มีลักษณะดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.2 เส้นใยที่ได้เป็นเส้นใยแข็ง องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเส้นใยป่านศรนารายณ์ประกอบไปด้วย เซลลูโลส (cellulose) ลิกนิน (lignin) เฮมิเซลลูโลส (hemi-celluloses) และแวกซ์ (waxes) โดยปริมาณขององค์ประกอบเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น แหล่งเพาะปลูก ปริมาณน้ำที่พืชเส้นใยได้รับ และอายุของพืช เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพเส้นใยที่ได้ [23, 24]

รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของต้นป่านศรนารายณ์ [20]

การใช้ประโยชน์หลักของเส้นใยป่านศรนารายณ์ คือ ใช้ทำเชือกขนาดใหญ่สำหรับลากจูงเรือ และใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตร [25] แต่เมื่อไม่นานมานี้มีผู้ให้ความสนใจศึกษาค้นคว้าและคาดหวังว่าจะสามารถใช้เส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นวัสดุเสริมแรงในพอลิเมอร์เชิงประกอบ พอลิเมอร์เมทริกซ์ที่มีผู้ทำการศึกษาวิจัยมีทั้งเทอร์โมพลาสติกและเทอร์โมเซต Joseph et al. [26] ศึกษาคุณสมบัติการดึง (tensile properties) ของพอลิเมอร์เชิงประกอบระหว่างพอลิเอทิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ โดยตัวแปรที่คณะผู้วิจัยศึกษาประกอบไปด้วยปริมาณเส้นใย ความยาวเส้นใย และการจัดเรียงตัวของเส้นใย คณะผู้วิจัยพบว่าคุณสมบัติการดึงมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความยาวของเส้นใยและมีค่าสูงสุดที่ 6 มิลลิเมตรและคุณสมบัติการดึงมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มความยาวเส้นใยต่อไป การเรียงตัวของเส้นใยที่มีทิศทางเป็นระเบียบตามแนวแรงดึงจะมีความแข็งแรงมากกว่าการจัดเรียงตัวแบบไม่มีทิศทางแน่นอน (randomly oriented fibers) สำหรับผลของปริมาณเส้นใยต่อคุณสมบัติการดึงแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติการดึงของพอลิเมอร์เชิงประกอบระหว่างพอลิเอทิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 5.8 มิลลิเมตร [25]

Fibre weight (%)	Tensile strength (MPa)	Modulus (MPa)	Elongation at break (%)
0	9.2	140	200
10	9.65	276	42
20	11.25	408	22
30	10.2	346	8

จากผลในตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่าค่าความแข็งแรงในเชิงการดึง (tensile strength) ของพอลิเมอร์เชิงประกอบที่มีอัตราส่วนเส้นใยเพิ่มมากขึ้นจนถึง 30 % มีค่าไม่แตกต่างจากพอลิเมอร์เมทริกมากนัก คณะผู้ศึกษาวิจัยคาดว่าเป็นผลมาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างพอลิเอทิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ไม่ดี Manikandan et al. [27] ศึกษาคุณสมบัติการดึงของพอลิเมอร์เชิงประกอบระหว่างพอลิสไตรีนและเส้นใยป่านศรนารายณ์ชนิดสั้นโดยศึกษาถึงผลของความยาวเส้นใย ปริมาณเส้นใย และการจัดเรียงตัวของเส้นใย คณะผู้ศึกษาพบว่าความยาวของเส้นใยที่แตกต่างกันไม่ทำให้ค่ามอดูลัสเปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ให้ค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงสูงสุดที่ความยาวเส้นใยเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ซึ่งจะสังเกตได้ว่าผลที่ได้แตกต่างจากพอลิเมอร์เชิงประกอบระหว่างพอลิเอทิลีนกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่มีค่าคุณสมบัติการดึงสูงสุดที่ความยาวเส้นใยเท่ากับ 6 มิลลิเมตร ดังนั้นความยาวของเส้นใยที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดของพอลิเมอร์เมทริกที่เลือกใช้ ตารางที่ 2.2 แสดงผลของปริมาณเส้นใยและการจัดเรียงตัวของเส้นใยต่อคุณสมบัติการดึง

ตารางที่ 2.2 แสดงผลของการจัดเรียงตัวของเส้นใยและปริมาณเส้นใยที่มีต่อคุณสมบัติการดึง [26][a]

Fibre content (wt %)	Ultimate tensile strength (MPa)			Young's modulus (MPa)			Elongation at break (%)		
	L	T	R	L	T	R	L	T	R
0	34.9	34.9	34.9	390	390	390	9	9	9
10	21.3	14.75	18.2	629	597	517	9	5	7
20	43.2	12.37	25.9	999	488	554	8	3	6
30	45.1	11.04	20.4	998	578	624	7	2	4

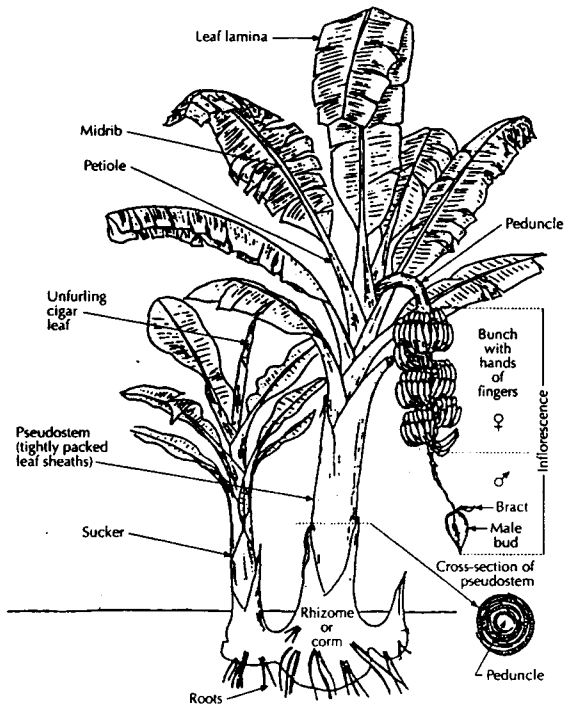
[a]ความยาวเส้นใยเท่ากับ 6 mm. L = เส้นใยจัดเรียงในแนวแรง, T = เส้นใยจัดเรียงในแนวตั้งฉากกับแนวแรง และ R = เส้นใยจัดเรียงตัวแบบไม่เป็นระเบียบ

ผลการทดลองในตารางที่ 2.2 แสดงให้เห็นว่าทิศทางการจัดเรียงตัวของเส้นใยมีผลมากต่อคุณสมบัติการดึง โดยการจัดเรียงตัวของเส้นใยในแนวแรงดึงจะให้ความแข็งแรงในเชิงการดึงมากที่สุด และสำหรับค่ามอดูลัสโดยรวมแล้วจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มปริมาณเส้นใย

พอลิเมอร์เมทริกประเภทเทอร์โมเซตที่ใช้มากสำหรับการผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ พอลิเอสเทอร์ Sanadi et al. [28] ศึกษาคุณสมบัติการดึงและคุณสมบัติความต้านทานต่อแรงกระแทกของพอลิเอสเทอร์ที่มีการเติมเส้นใยป่านศรนารายณ์ ผลที่ได้ คือ ค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงและค่ามอดูลัสเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเส้นใยที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกก็มีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใย ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเส้นใยป่านศรนารายณ์มีแนวโน้มสำหรับใช้ในการผลิตวัสดุราคาถูกที่มีความต้านทานต่อแรงกระแทกสูง

2.2 กล้วยน้ำว้าและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เส้นใยกล้วยน้ำว้าเป็นวัสดุเสริมแรง

กล้วยน้ำว้ามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า มูซา (เอบีบีกรุ๊พ) "น้ำว้า" *(Musa (ABB group)*"Nam Wa") จัดเป็นไม้ล้มลุกขนาดใหญ่ ประกอบด้วย ลำต้นที่เกิดจากกาบใบซ้อนทับกันอย่างแน่นหนา (pseudostem) ใบขนาดกว้าง ลำต้นใต้ดิน รากและหน่อ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเส้นใยกล้วยประกอบไปด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และความชื้น โดยองค์ประกอบที่มีสัดส่วนมากที่สุด คือ เซลลูโลส [29]



รูปที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้วย [30]

กล้วยน้ำว้าให้ผลเพียงครั้งเดียว เมื่อให้ผลแล้วลำต้นก็จะตายไป ดังนั้นลำต้นจึงจัดเป็นส่วนที่เหลือจากการใช้งานจริงหรือไม่ได้ใช้งาน (waste) เส้นใยกล้วยอยู่ในส่วนของกาบใบ ซึ่งจากภูมิปัญญาชาวบ้านกาบใบที่ประกอบด้วยเส้นใยจะถูกฉีกเป็นเส้น ๆ และนำไปตากแห้งได้เป็น "เชือกกล้วย" ที่มีความเหนียวค่อนข้างสูงไว้ใช้สำหรับมัดสิ่งของ

เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อนำเส้นใยกล้วยมาเป็นวัสดุเสริมแรงสำหรับพอลิเมอร์ประเภทเทอร์โมเซต ซึ่งได้แก่ ฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน [29] และพอลิเอสเทอร์ [31] Joseph et al. เปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์เชิงประกอบของฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์เรซินที่ใช้เส้นใยกล้วยกับเส้นใยแก้วเป็นวัสดุเสริมแรง คณะผู้ศึกษาพบว่าความยาวของเส้นใยที่ให้ค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงมากที่สุดคือ 30 มิลลิเมตรสำหรับเส้นใยกล้วยและ 40 มิลลิเมตรสำหรับเส้นใยแก้ว ค่ามอดูลัสและความแข็งแรงในเชิงการดึงของพอลิเมอร์เชิงประกอบทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มปริมาณของเส้นใย เมื่อคำนวณหาค่าความแข็งแรงและค่ามอดูลัสจำเพาะ (strength or modulus / density) ของพอลิเมอร์เชิงประกอบคณะผู้ศึกษาพบว่าพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยมีค่าสูงกว่ากรณีใช้เส้นใยแก้ว และค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์เชิงประกอบทั้งสองชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใย จะเห็นได้ว่าพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยมีคุณสมบัติเชิงกลจำเพาะที่ดีเทียบเท่ากับพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยแก้วดังนั้นเป็นไปได้ที่จะใช้พอลิเมอร์

เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยสำหรับผลิตวัสดุโครงสร้าง (structural materials) Pothan et al. [31] ศึกษาถึงผลของอุณหภูมิ ความถี่ และปริมาณเส้นใยที่มีต่อคุณสมบัติความยืดหยุ่นหนืด (visco-elastic properties) ของพอลิเมอร์เชิงประกอบระหว่างพอลิเอสเทอร์และเส้นใยกล้วยโดยใช้ดีเอมเอ (dynamic mechanical analysis, DMA) คณะผู้ศึกษาพบว่าที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิทรานซิชันแก้ว (glass transition temperature, T_g) ของพอลิเมอร์เมทริกซ์ค่าไดนามิกมอดูลัสของพอลิเมอร์เชิงประกอบมีค่าเพิ่มตามการเพิ่มปริมาณเส้นใย และที่ปริมาณเส้นใยเท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์ค่า T_g ของพอลิเมอร์เชิงประกอบเคลื่อนไปทางด้านที่อุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความถี่ที่ใช้ในการทดสอบสิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าเส้นใยกับพอลิเมอร์เมทริกซ์ยึดเหนี่ยวกันดีขึ้นที่สัดส่วนของเส้นใยสูง

2.3 การลดข้อด้อยของเส้นใยพืชและเพิ่มแรงยึดเหนียวระหว่างเมทริกซ์กับเส้นใย

ศักยภาพและคุณสมบัติของพอลิเมอร์เชิงประกอบที่มีเส้นใยเป็นวัสดุเสริมแรงจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติขององค์ประกอบและธรรมชาติของพื้นผิวสัมผัส (interface) ระหว่างพอลิเมอร์เมทริกและเส้นใยที่ใช้ โดยความแข็งแรงของแรงยึดเหนี่ยวที่ผิวสัมผัสจะมีบทบาทสำคัญต่อความแข็งแรงของพอลิเมอร์เชิงประกอบ แต่เนื่องจากเส้นใยพืชซึ่งเป็นเส้นใยเซลลูโลสมีคุณสมบัติชอบน้ำจึงทำให้เข้ากันได้ไม่ดีกับพอลิเมอร์เมทริกประเภทที่ไม่ชอบน้ำและมีผลให้แรงยึดเหนี่ยวที่ผิวสัมผัสไม่ดีไปด้วย จากเหตุผลดังกล่าวทำให้มีผู้พยายามศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงและลดข้อด้อยของเส้นใยพืช Bisanda [32] ศึกษาถึงคุณสมบัติของพอลิเมอร์เชิงประกอบระหว่างอีพอกซีกับเส้นใยป่านศรนารายณ์ โดยเส้นใยที่ใช้ถูกปรับสภาพพื้นผิวด้วยการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ผู้ศึกษาพบว่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้พื้นผิวเส้นใยมีลักษณะขรุขระมีผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยกับเมทริกซ์ดีขึ้นและทำให้ความแข็งแรงในเชิงกดอัด (compressive strength) มีค่าสูงขึ้น นอกจากนี้การดูดซับน้ำของพอลิเมอร์เชิงประกอบมีค่าลดลง Singh et al. [33] ศึกษาผลของการปรับปรุงสภาพพื้นผิวของเส้นใยป่านศรนารายณ์ด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อคุณสมบัติเชิงกลและการดูดซับความชื้นของพอลิเมอร์เชิงประกอบที่มีพอลิเมอร์เมทริกเป็นพอลิเอสเทอร์ โดยสารเคมีที่ใช้ประกอบด้วย เมทาคริลาไมด์ (methacrylamide) ไซเลน (silane) ไททาเนต (titanate) และเซอโคเนต (Zirconate) คณะผู้ศึกษาพบว่าพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยซึ่งผ่านการปรับปรุงสภาพพื้นผิวมีอัตราการดูดซับความชื้นลดลงและคุณสมบัติเชิงกลดีขึ้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

รายละเอียดและที่มาของวัสดุที่ใช้ในการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุ	ที่มา
พอลิโพรพิลีน	บริษัทอุตสาหกรรมปิโตรเคมิกัลไทย จำกัด
โซเดียมไฮดรอกไซด์	บริษัทวิทยาศรม จำกัด
กาบกล้วยน้ำว้าที่นำมาสกัดเส้นใย	เรือนพักบุคลากรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
เส้นใยป่านศรนารายณ์	กลุ่มแม่บ้านผลิตเครื่องจักรสานจากป่านศรนารายณ์ อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมเส้นใย

1. เส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ใช้ในการศึกษาได้จากการแยกออกจากใบของป่านศรนารายณ์ด้วยเครื่องมือทางกลที่ผลิตขึ้นโดยกลุ่มแม่บ้าน อำเภอด่านขุนทด จ. นครราชสีมา เส้นใยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 190 ไมโครเมตร ความยาวประมาณ 1 เมตร ซึ่งก่อนใช้จะถูกตัดให้มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 3 มิลลิเมตรและนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมงก่อนที่จะนำไปผสมกับพอลิโพรพิลีน

2. เส้นใยกล้วยเตรียมโดยการนำกาบใบกล้วยน้ำว้าที่แห้งแล้วมาต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และขูดด้วยแปรง เส้นใยที่ได้มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 120 ไมโครเมตร ความยาวประมาณ 8 เซนติเมตร และถูกตัดให้มีความยาวเท่ากับ 3 มิลลิเมตรและนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมงก่อนที่จะนำไปผสมกับพอลิโพรพิลีน

3.2.2 การทดสอบคุณสมบัติการดึงของเส้นใย

เส้นใยป่านศรนารายณ์และเส้นใยกล้วยน้ำว้าผ่านการทดสอบคุณสมบัติการดึงโดยใช้เครื่องทดสอบการดึง (Tensile Testing Machine, Instron 5569) ที่อัตราการดึง (crosshead speed) คงที่เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที

3.2.3 การทดสอบพฤติกรรมการสลายตัวของเส้นใย ณ อุณหภูมิต่าง ๆ

พฤติกรรมการสลายตัวของเส้นใย ณ อุณหภูมิต่าง ๆ ตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือ Thermogravimetric analyzer (TGA-7, Perkin Elmer) การทดสอบทำภายใต้สภาวะบรรยากาศของไนโตรเจน โดยเพิ่มอุณหภูมิให้แก่สารตัวอย่างที่อัตราเร็ว 20 องศาเซลเซียสต่อนาที ตัวอย่างเส้นใยที่ใช้ทดสอบผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3.2.4 การเตรียมพอลิเมอร์เชิงประกอบ

พอลิเมอร์เชิงประกอบระหว่างพอลิโพรพิลีนกับเส้นใยพืชที่ใช้เตรียมขึ้นโดยใช้เครื่องผสมแบบภายใน (Rheomix 3000p. Haake Polylab) โดยใช้แกนหมุนชนิดโรเรอร์ (Roller Rotors) การหมุนแกนเป็นแบบสวนทางกัน ที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 168 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการผสมต่อหนึ่งครั้งเท่ากับ 10 นาที โดยมีการปรับเปลี่ยนปริมาณเส้นใยที่ใช้ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงอัตราส่วนของเส้นใยที่ใช้ในการเตรียมพอลิเมอร์เชิงประกอบ

ชนิดของเส้นใย	อัตราส่วนที่ใช้ (% โดยน้ำหนัก)		
	อัตราส่วนที่ 1	อัตราส่วนที่ 2	อัตราส่วนที่ 3
เส้นใยกล้วย	1 %	5 %	10 %
เส้นใยป่านศรนารายณ์	1 %	5 %	10 %

3.2.5 การเตรียมชิ้นทดสอบโดยการขึ้นรูปแบบกดอัดด้วยความร้อน

ชิ้นทดสอบที่ใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติเชิงกลทั้งหมดเตรียมโดยการขึ้นรูปแบบกดอัดด้วยความร้อน (Compression molding, GOTECH, model 7014-A30, GOTECH Testing Machines Inc.) เม็ดพอลิเมอร์เชิงประกอบที่เตรียมได้ในข้อ 3.2.4 ซึ่งจะนำมาขึ้นรูปผ่านการอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 12 ชั่วโมง แม่พิมพ์ที่ใช้มีขนาด 19 X 19 เซนติเมตร ให้ความร้อนกับแม่พิมพ์เปล่าที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จึงเติมเม็ดพอลิเมอร์เชิงประกอบลงไป ทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นกดไล่อากาศ 2 ครั้งแล้วจึงเพิ่มความดันอย่างช้า ๆ จนถึง 500 MPa คงไว้ที่ความดันดังกล่าวเป็นเวลา 20 นาที แล้วทำให้แม่พิมพ์เย็นตัวลงโดยใช้น้ำ แผ่นทดสอบที่ได้นำไปตัดเป็นรูปร่างดัมเบลล์ (dumbbell-shaped) เพื่อทดสอบสมบัติการดึงด้วยเครื่องตัดตัวอย่าง (Die Cutting, MEGA PRESS-I, MEGA Advance co., Ltd.) แล้วขัดชิ้นทดสอบด้วยกระดาษทรายที่มีค่าความละเอียดระดับต่าง ๆ กัน (กระดาษทรายน้ำเบอร์ 220, 400 และ 600) สำหรับชิ้นทดสอบความต้านทานต่อแรงกระแทกตัดโดยใช้เลื่อยไฟฟ้า

3.2.6 การทดสอบคุณสมบัติการดึง

คุณสมบัติการดึงของพอลิเมอร์เชิงประกอบทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบการดึง (Tensile testing machine, Instron model 5565) ตามมาตรฐาน ASTM D638 โดยใช้อัตราการดึงคงที่ 10 มิลลิเมตรต่อนาที จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง ค่ามอดูลัส ค่าความแข็งแรงในเชิงการดึง และเปอร์เซ็นต์การดึงยืด ณ จุดแตกหัก (% Elongation at break) คำนวณจากกราฟระหว่างความเค้น (stress) และความเครียด (strain) และนำค่าที่ได้จากแต่ละตัวอย่างไปคิดค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.2.7 การทดสอบค่าความต้านทานต่อแรงกระแทก

ความต้านทานต่อแรงกระแทกของชิ้นทดสอบ (Impact strength) ตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือทดสอบความต้านทานแรงกระแทก (Basic Pendulum Impact Tester, Atlas Polymer Evaluation Product) ตามมาตรฐาน ASTM D256 โดยใช้การทดสอบแบบ unnotched charpy ที่อุณหภูมิห้อง ฆ้อนตี (hammer) ขนาด 2.7 จูลล์ จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 10 ตัวอย่าง ค่าความต้านทานต่อแรงกระแทก (kJ / m^2) คำนวณจากนำค่าพลังงานที่ตัวอย่างดูดกลืน (absorbed impact energy) หารด้วยพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง

3.2.8 การตรวจสอบลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์เชิงประกอบ

การตรวจสอบลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์เชิงประกอบตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ (Optical microscope, Nikon Eclipse, model E600POL) พอลิเมอร์เชิงประกอบที่เตรียมได้ถูกนำไปตัดด้วยเครื่อง rotary microtome (RMC/MT960) ให้มีความหนาเท่ากับ 40 ไมครอน แล้วจึงนำมาตรวจสอบ

บทที่ 4
ผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง

4.1 การเตรียมเส้นใยกล้วยน้ำว้า

เส้นใยกล้วยน้ำว้าที่นำมาศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการใช้เป็นวัสดุเสริมแรงสำหรับพอลิโพรพิลีนในโครงการวิจัยนี้ได้มาจากส่วนของกาบใบที่แห้งแล้ว ซึ่งโดยปกติส่วนของกาบใบจะประกอบไปด้วยเส้นใยที่มีลักษณะละเอียดปกคลุมด้วยเนื้อเยื่อและฟิล์มบาง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ดังนั้นจึงต้องทำการสกัดส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อและฟิล์มออกให้เหลือเพียงเส้นใยที่มีความแข็งแรงมากที่สุด จากการทดลองทำการสกัดเส้นใยโดยนำกาบใบกล้วยแห้งมาต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และแปรงด้วยมือได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการเตรียมเส้นใยกล้วยโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	ลักษณะกาบใบและเส้นใยที่ได้จากการต้ม ณ เวลาต่าง ๆ กัน		
	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
0.5 %	ด้านขอบมีการดูดซึมสารละลายแต่ตรงกลางยังไม่มีการดูดซึม	มีการดูดซึมสารละลายทั่วทั้งชิ้นแต่แปรงไม่ได้	เป็นแผ่นไม่เปื่อยยุ่ย เมื่อนำไปแปรงจะแยกเป็นเส้น แต่เส้นใยที่ได้จะขาดกลาง
0.3 %	ด้านขอบมีการดูดซึมสารละลายแต่ตรงกลางยังไม่มีการดูดซึม	มีการดูดซึมสารละลายทั่วทั้งชิ้นแต่แปรงไม่ได้	แปรงแยกเป็นเส้นแต่เส้นใยที่ได้จะขาดที่ปลายเหลือเฉพาะตรงกลาง
0.2 %	ด้านขอบมีการดูดซึมสารละลายแต่ตรงกลางยังไม่มีการดูดซึม	มีการดูดซึมสารละลายทั่วทั้งชิ้นแต่แปรงไม่ได้	แปรงง่าย แยกเป็นเส้นสะอาด เส้นใยไม่ขาด
0.1 %	ด้านขอบมีการดูดซึมสารละลายแต่ตรงกลางยังไม่มีการดูดซึม	มีการดูดซึมสารละลายทั่วทั้งชิ้นแต่แปรงไม่ได้	แปรงยากใช้แรงกดมาก เส้นใยที่ได้ไม่สะอาด

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะกาบใบกล้วยน้ำว้าที่นำมาสกัดแยกเส้นใย

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการต้มเพื่อสกัดเส้นใยมีผลต่อคุณภาพของเส้นใยที่ได้ ถ้าใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูงเกินไปจะกัดกร่อนเส้นใยทำให้เส้นใยไม่แข็งแรงและขาด แต่ถ้าความเข้มข้นน้อยเกินไปจะมีผลให้การแยกเส้นใยทำได้ยากและเส้นใยที่ได้ไม่สะอาด สำหรับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ 0.2 % โดยน้ำหนัก และใช้เวลาต้ม 3 ชั่วโมง รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของเส้นใยกล้วยที่สกัดได้

รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของเส้นใยกล้วยที่สกัดแยกได้จากกาบใบกล้วยน้ำว้า

4.2 การทดสอบคุณสมบัติการดึงของเส้นใย

ค่ามอดูลัส ความแข็งแรงในเชิงการดึง และ เปอร์เซ็นต์ความเครียด ณ จุดแตกหัก ของเส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์แสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงคุณสมบัติการดึงของเส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์

ชนิดของเส้นใย	Tensile properties		
	Modulus (GPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation at break (%)
เส้นใยกล้วย[a]	15.28 (29)	434 (773)	3.51 (3.00)
เส้นใยป่านศรนารายณ์[b]	15.72 (17-22)	501 (530-630)	3.53 (2-3)

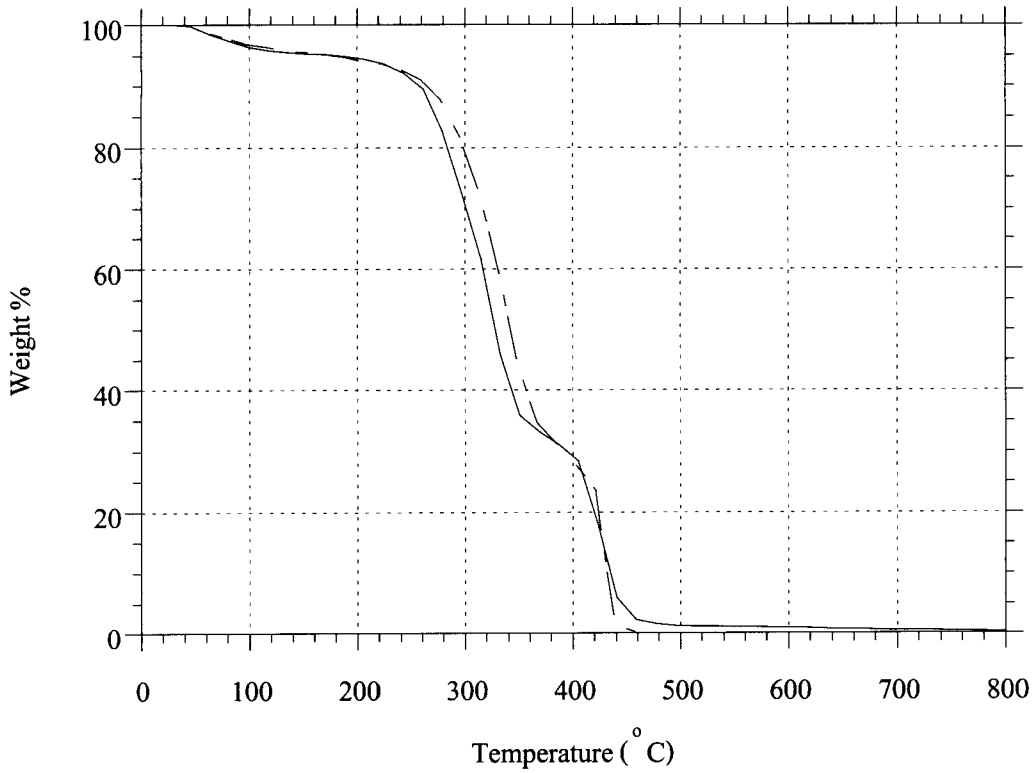
[a] ค่าในวงเล็บ คือ ค่าที่ได้มาจากเอกสารอ้างอิง [14]

[b] ค่าในวงเล็บ คือ ค่าที่ได้มาจากเอกสารอ้างอิง [34]

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าทั้งเส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์มีความแข็งแรงสูง โดยเส้นใยป่านศรนารายณ์มีความแข็งแรงสูงกว่าเล็กน้อย แต่เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงพบว่าค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าต่ำกว่า ผลดังกล่าวนี้อาจเนื่องมาจากพืชให้เส้นใยที่นำมาทดสอบเติบโตในพื้นที่เพาะปลูกในประเทศที่แตกต่างกัน และวิธีที่ใช้ในการแยกเส้นใยไม่เหมือนกันมีผลทำให้เส้นใยที่ได้มีความแข็งแรงต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบค่าความแข็งแรงของเส้นใยกับพอลิโพรพิลีนจะพบว่าเส้นใยทั้งสองมีความแข็งแรงมากกว่าประมาณ 10 เท่าหรือมากกว่า (พอลิโพรพิลีนมีค่า Modulus = 1.38 GPa, Tensile strength = 35.5 MPa [35]) จึงมีความเป็นไปได้สำหรับการใช้เป็นวัสดุเสริมแรงให้กับพอลิโพรพิลีนซึ่งจะนำมาเตรียมพอลิเมอร์เชิงประกอบในโครงการวิจัยนี้

4.3 การทดสอบพฤติกรรมการสลายตัวของเส้นใย ณ อุณหภูมิต่าง ๆ

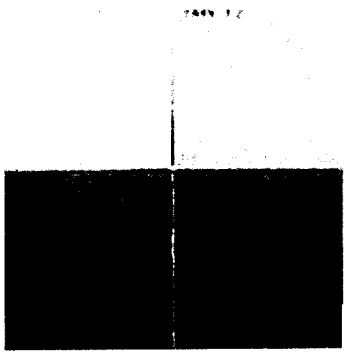
การเตรียมพอลิเมอร์เชิงประกอบที่มีเมทริกซ์เป็นเทอร์โมพลาสติกจะต้องมีการหลอมพอลิเมอร์ผสมเข้ากับเส้นใย ณ อุณหภูมิสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงพฤติกรรมการสลายตัวที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของเส้นใย เครื่องมือที่ใช้ในการติดตามพฤติกรรมการสลายตัวดังกล่าว คือ เครื่อง Thermogravimetric analyzer (TGA) โดยทำการทดลองภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน รูปที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงมวลของเส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์ เมื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงมวลที่เกิดขึ้นระหว่างอุณหภูมิ 50 – 100 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าหลังจากการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง เส้นใยทั้งสองยังคงมีความชื้นในตัวเองประมาณ 5 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่เริ่มการสลายตัวของเส้นใยทั้งสองจะเห็นว่าเส้นใยทั้งสองเริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิใกล้เคียงกัน คือ ที่ประมาณ 280 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าต้องทำการผสมพอลิเมอร์เมทริกซ์กับเส้นใยที่อุณหภมิต่ำกว่า 280 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงมวล (%โดยน้ำหนัก) ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนเทียบกับอุณหภูมิ (°C) ของ เส้นใยกล้วย (เส้นปะ) และ เส้นใยป่านศรนารายณ์ (เส้นทึบ)

4.4 การเตรียมชิ้นทดสอบโดยการขึ้นรูปแบบกดอัดด้วยความร้อน

แผ่นพอลิเมอร์เชิงประกอบที่เตรียมขึ้นโดยวิธีกดอัดด้วยความร้อนเพื่อนำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบคุณสมบัติเชิงกลมีลักษณะดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.4 จากรูปจะเห็นได้ว่าแผ่นพอลิเมอร์เชิงประกอบที่มีปริมาณเส้นใยสูงจะมีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น ลักษณะดังกล่าวนี้เกิดขึ้นเนื่องจากเส้นใยที่ใช้มีสีน้ำตาลและการผลิตพอลิเมอร์เชิงประกอบผ่านขั้นตอนการให้ความร้อนหลายขั้นตอน

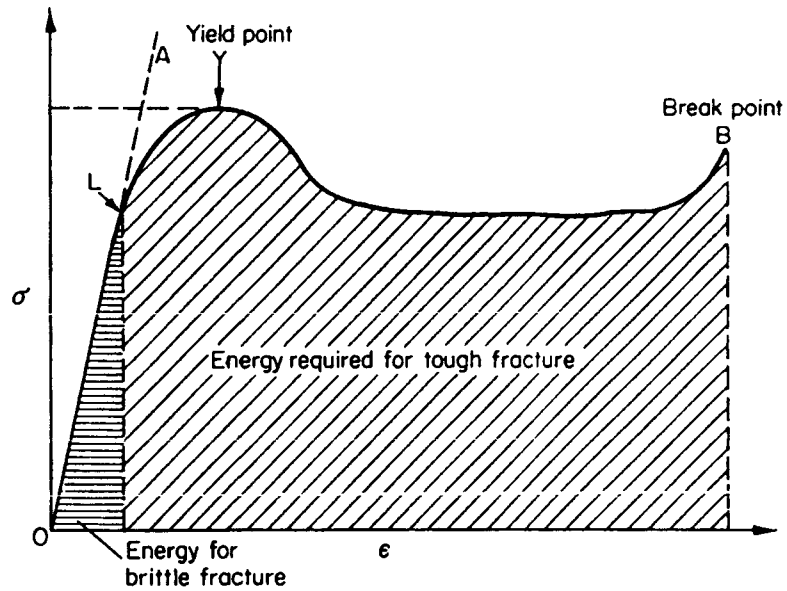


รูป 4.4 แสดงลักษณะของแผ่นพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยที่ได้จากการขึ้นรูปแบบกดอัดด้วยความร้อน

4.5 การทดสอบคุณสมบัติการดึง

การทดสอบที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุมากวิธีหนึ่ง คือ การประเมินความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น (stress, σ) และความเครียด (strain, ε) ที่เกิดจากการดึงตัวอย่าง วิธีการทดสอบดังกล่าวนี้ทำโดยดึงตัวอย่างด้วยอัตราการดึงคงที่และวัดแรงที่ใช้ในการทำให้ตัวอย่างยืดขยายออกจนกระทั่งแตกหัก (fracture)

รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในอุดมคติของพลาสติก จากรูปจะเห็นว่าในระยะต้น ๆ เส้นกราฟมีลักษณะเป็นเส้นตรงซึ่งค่ามอดูลัสจะหาได้จากความชันของเส้นตรงนี้ ตำแหน่ง L แสดงถึงจุดที่จะเกิดการแตกหักของวัสดุเปราะ (brittle materials) โดยพื้นที่ใต้กราฟแสดงปริมาณพลังงานที่ใช้ในการทำให้วัสดุเกิดการแตกหัก สำหรับวัสดุที่มีความเหนียว (tough material) มากกว่าก็จะดึงให้ยืดขยายเลย L ออกมาและพื้นที่ใต้กราฟที่มีขนาดกว้างมากกว่า



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในอุดมคติของพลาสติก [36]

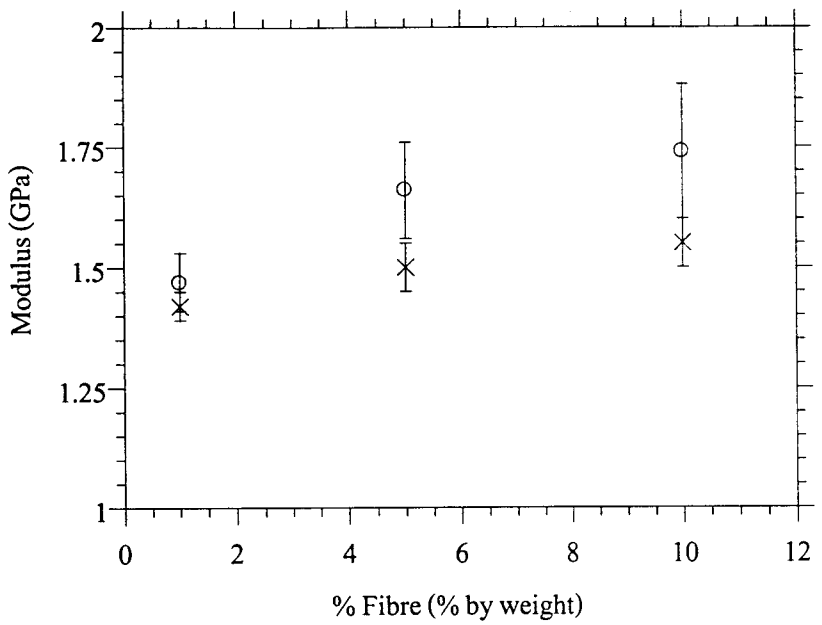
คุณสมบัติการดึงของพอลิโพรพิลีนเมทริกซ์และพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยและเส้นใยป่านศรนารายณ์สรุปได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติการดึงของพอลิโพรพิลีนเมทริกซ์ พอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยกล้วยน้ำว้า และเส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นวัสดุเสริมแรง

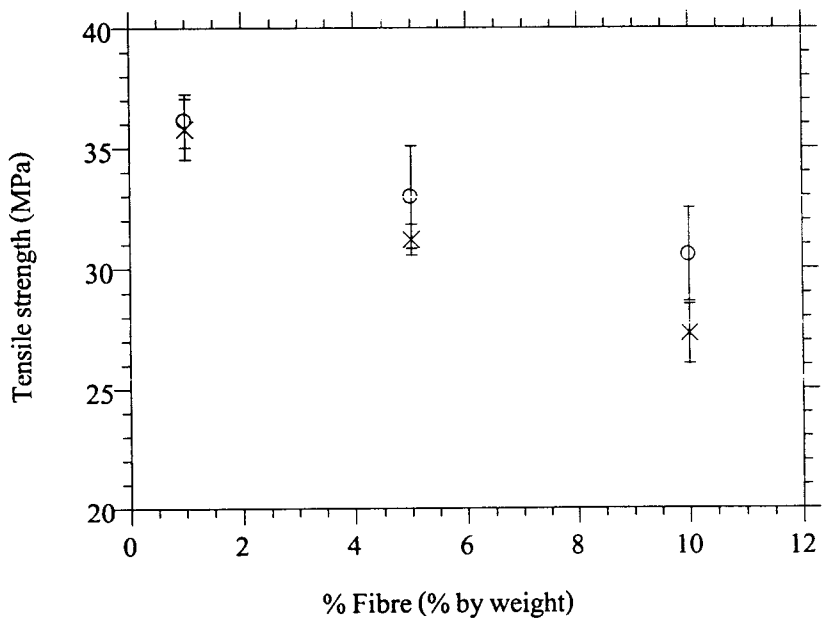
Fiber	% by weight of fiber	Modulus (GPa)		Tensile strength (MPa)		Elongation at break (%)	
		value	SD	value	SD	value	SD
กล้วยน้ำว้า	0	1.32	0.16	29.15	3.39	18.95	3.47
	1	1.47	0.06	36.15	1.11	8.80	0.63
	5	1.66	0.10	32.96	2.13	6.46	0.39
	10	1.74	0.14	30.57	1.93	6.48	0.62
ป่านศรนารายณ์	0	1.32	0.16	29.15	3.39	18.95	3.47
	1	1.42	0.03	35.79	1.27	7.91	0.31
	5	1.50	0.05	31.19	0.64	7.25	0.74
	10	1.55	0.05	27.30	1.24	6.60	0.64

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาค่ามอดูลัสจะเห็นได้ว่าค่ามอดูลัสมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใย ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเส้นใยที่มีความแข็งแรงส่งเสริมให้พอลิเมอร์เชิงประกอบที่ผลิตขึ้นมีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (stiffness) หรือมีค่ามอดูลัสสูงขึ้น สำหรับค่าความแข็งแรงในเชิงการดึง (tensile strength) ในกรณีที่ใช้ปริมาณเส้นใยไม่มาก (1-5 %) ค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงมีค่าสูงกว่าพอลิเมอร์เมทริก แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยมากขึ้นค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงมีแนวโน้มที่จะลดต่ำลง ผลที่ได้นี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากธรรมชาติการดูดซับความชื้นของเส้นใยทำให้การขึ้นรูปพอลิเมอร์เชิงประกอบที่มีปริมาณเส้นใยมากมีแนวโน้มที่จะเกิดฟองอากาศ หรือรอยโหว่ (void) ภายในชิ้นงานได้สูงขึ้น ซึ่งมีผลให้ชิ้นทดสอบเกิดการแตกหักได้ง่ายขึ้น เนื่องจากจะมีความเข้มข้นของแรง (stress concentration) ณ บริเวณรอยโหว่ดังกล่าว นอกจากนี้อาจเป็นผลมากจากการยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์เมทริกไม่ดี ทำให้การถ่ายเทแรง (stress transfer) ตรงผิวสัมผัสเกิดได้ไม่ดี ซึ่งเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มมากขึ้นยิ่งมีผลให้พื้นผิวสัมผัสที่ไม่แข็งแรงมีปริมาณมากขึ้น

เมื่อพลอตกราฟเปรียบเทียบค่ามอดูลัสและค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงระหว่างพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยและเส้นใยป่านศรนารายณ์ได้ผลดังรูปที่ 4.6 (a) และ (b) ตามลำดับ จากกราฟรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าที่ปริมาณเส้นใยเท่ากัน พอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยมีความแข็งแรงสูงกว่าเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเส้นใยกล้วยมีปริมาณเซลลูโลสที่มีคุณสมบัติชอบน้ำน้อยกว่า (เปอร์เซ็นต์เซลลูโลสเท่ากับ 63-64 % [29]) เส้นใยป่านศรนารายณ์ (เปอร์เซ็นต์เซลลูโลสเท่ากับ 85-88 % [37]) ทำเส้นใยกล้วยมีความเข้ากันได้กับพอลิเมอร์เมทริกมากกว่าเส้นใยป่านศรนารายณ์



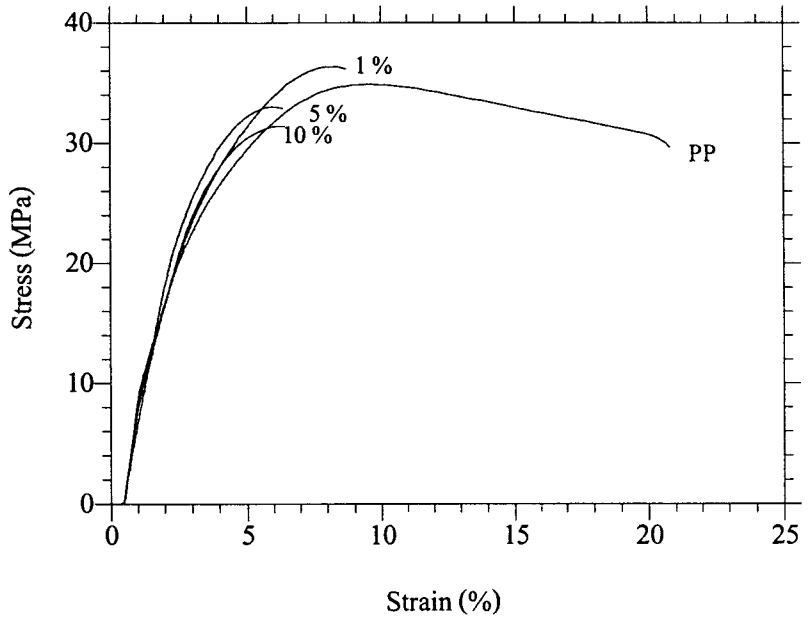
(a)



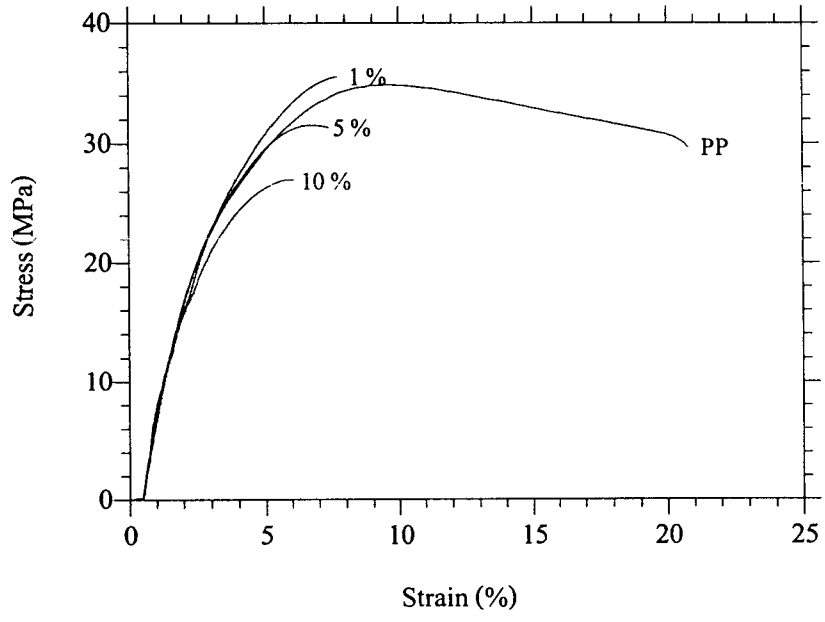
(b)

รูปที่ 4.6 **แสดงการเปรียบเทียบ** (a) **ค่ามอดูลัส และ** (b) **ค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงระหว่างพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วย** (O) **และเส้นใยป่านศรนารายณ์** (×)

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของพอลิเมอร์เมทริกกับพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นวัสดุเสริมแรงแสดงได้ดังรูปที่ 4.7 (a) และ (b) ตามลำดับ



(a)



(b)

รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของพอลิเมอร์เมทริกซ์ (พอลิโพรพิลีน, PP) เปรียบเทียบกับพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้ (a) เส้นใยกล้วยน้ำว้าและ (b) เส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นวัสดุเสริมแรงที่เปอร์เซ็นต์เส้นใยเท่ากับ 1, 5 และ 10 %

จากรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าเส้นใยพืชที่ใช้ผสมเข้ากับพอลิโพรพิลีนเมทริกซ์มีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์การดึงยืดหรือความเครียดของพอลิโพรพิลีนมีค่าลดลง ซึ่งเมื่อพิจารณาพื้นที่ใต้กราฟจะพบว่าพื้นที่ใต้กราฟมีขนาดลดลงตามการเพิ่มปริมาณเส้นใย ผลดังกล่าวบ่งชี้ถึงค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่มีขนาดความยาวเท่ากับ 3 มิลลิเมตรมีค่าต่ำกว่าพอลิโพรพิลีน ซึ่งผลที่ได้นี้อาจเนื่องมาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยกับเมทริกซ์ไม่ดีมีผลให้ไม่เกิดการถ่ายเทแรงที่ได้รับไปยังเส้นใยที่มีความแข็งแรง นอกจากนี้จากที่กล่าวไปข้างต้น คือ อาจมีรอยโหว่เกิดขึ้นภายในชิ้นงานทำให้เกิดแรงหนาแน่น ณ จุดดังกล่าวมีผลให้แตกหักได้ง่ายกว่าที่ควรจะเป็น

4.6 การทดสอบค่าความต้านทานต่อแรงกระแทก

นอกจากความแข็งแรงของวัสดุ ค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงสำหรับวัสดุที่มีการใช้งานเกี่ยวกับการรับแรง การวัดค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกเป็นการวัดปริมาณพลังงานที่วัสดุดูดกลืนก่อนที่จะเกิดการแตกหักโดยใช้แรงที่ตกกระทบวัสดุอย่างรวดเร็ว

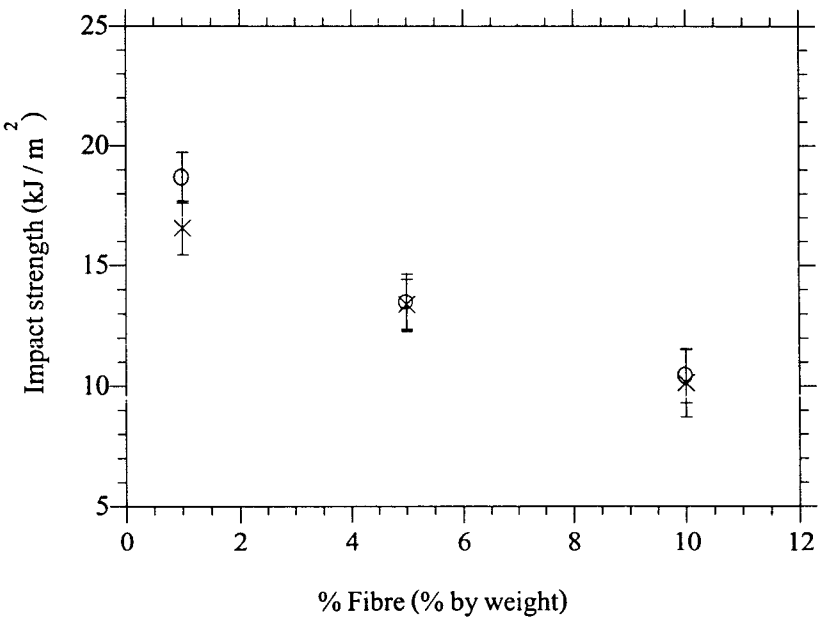
ค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์เชิงประกอบที่เตรียมขึ้นจากเส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์แสดงได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์เมทริกซ์และพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์เป็นวัสดุเสริมแรง

Fiber	% by weight of fiber	Impact strength (kJ / m^2)	
		value	SD
กล้วยน้ำว้า	0	33.48	1.12
	1	18.68	1.06
	5	13.47	1.18
	10	10.41	1.11
ป่านศรนารายณ์	0	33.48	1.12
	1	16.57	1.13
	5	13.40	1.03
	10	10.13	1.42

จากผลในตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าพอลิโพรพิลีนมีค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกเท่ากับ 33.48 kJ m^{-2} และพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์มีแนวโน้มในการต้านทานต่อแรงกระแทกลดลงตามปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้น โดยผลที่ได้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติการดึง เหตุผลดังกล่าวอาจเนื่องมาจากเส้นใยและพอลิเมอร์เมทริกซ์เข้ากันได้ไม่ดี ดังนั้นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสองเฟสจึงไม่แข็งแรงมีผลให้ไม่เกิดการถ่ายเทแรงจากพอลิเมอร์ไปสู่เส้นใยที่แข็งแรง นอกจากนี้เนื่องจากธรรมชาติการดูดซับความชื้นของเส้นใยมีผลให้การขึ้นรูปพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยปริมาณสูงมีรอยโหว่ (void) เกิดขึ้นและทำให้แรงมีความหนาแน่นที่บริเวณดังกล่าวมีผลให้ชิ้นงานเกิดการแตกหักได้ง่ายขึ้น

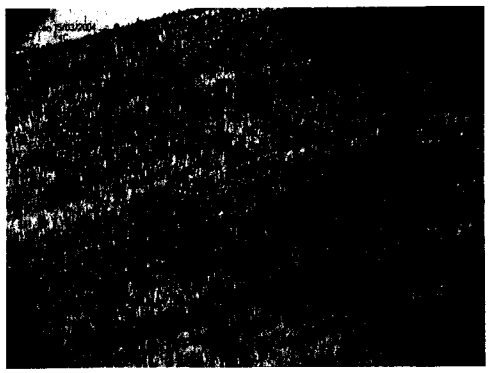
เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกระหว่างพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยป่านศรนารายณ์กับที่ใช้เส้นใยกล้วยน้ำว้าพบว่าที่เปอร์เซนต์เส้นใยเท่ากับ 1 % พอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้เส้นใยกล้วยมีค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกสูงกว่าเล็กน้อย แต่เมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มมากขึ้นพบว่าผลที่ได้ไม่แตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกระหว่างพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วย (O) และเส้นใยป่านศรนารายณ์ (×)

4.7 การตรวจสอบลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์เชิงประกอบ

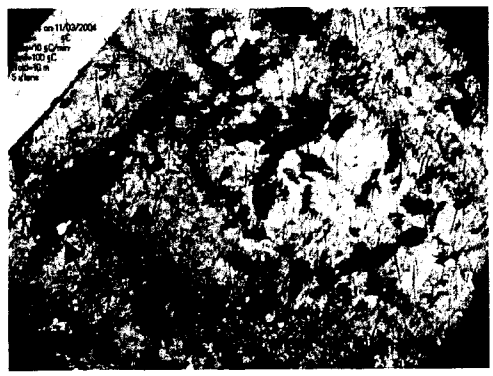
เพื่อตรวจสอบว่าภายในแผ่นพอลิเมอร์เชิงประกอบที่นำไปทดสอบคุณสมบัติเชิงกลมีรอยโหว่ (voids) เกิดขึ้นตามผลที่บ่งชี้จากการตรวจสอบคุณสมบัติเชิงกลหรือไม่นั้น ทำการตรวจสอบโดยนำแผ่นพอลิเมอร์เชิงประกอบที่มีขนาดความหนาเท่ากับ 40 ไมโครเมตรไปส่องดูด้วยกล้องจุลทัศน์ที่กำลังขยาย 50 เท่า และได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.9 และ 4.10



(1)

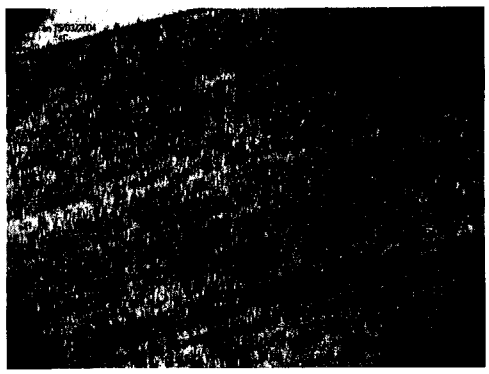
(2)

(3)



(4)

รูปที่ 4.9 ภาพจากกล้องจุลทัศน์ของ (1) แผ่นพอลิโพรพิลีน และ(2)-(4) พอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยน้ำว้าที่ปริมาณเส้นใยเท่ากับ 1 % 5 % และ 10 % ตามลำดับ



(1)

(2)

(3)

(4)

รูปที่ 4.10 ภาพจากกล้องจุลทัศน์ของ (1) แผ่นพอลิโพรพิลีน และ(2)-(4) พอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยป่านศรนารายณ์ที่ปริมาณเส้นใยเท่ากับ 1 % 5 % และ 10 % ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.9 และ 4.10 แสดงให้เห็นว่าพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยและเส้นใยป่านศรนารายณ์มีแนวโน้มในการเกิดฟองอากาศหรือรอยโหว่ภายใน ซึ่งรอยโหว่ดังกล่าวจะเห็นได้ชัดเจนที่ปริมาณเส้นใยเท่ากับ 10 % (ตำแหน่งลูกศรชี้) ผลดังกล่าวนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากเส้นใยซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลสมีการดูดซับความชื้น ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

จุดประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงกลของพลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใยธรรมชาติที่มีในประเทศไทยหรือพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยธรรมชาติ โดยเส้นใยธรรมชาติที่เลือกใช้ได้แก่ เส้นใยกล้วยน้ำว้าและเส้นใยป่านศรนารายณ์ พอลิเมอร์เชิงประกอบที่ทำการศึกษาเตรียมโดยผสมพอลิโพรพิลีนเข้ากับเส้นใยที่อัตราส่วน 1-10 % จากผลการศึกษาคุณสมบัติเชิงกลซึ่งประกอบด้วยการทดสอบคุณสมบัติการดึงและการทดสอบค่าความต้านทานต่อแรงกระแทก พบว่า ค่ามอดูลัสของพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยทั้งสองชนิดมีค่าสูงกว่าพอลิโพรพิลีนเมทริกซ์และมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงมีค่าสูงกว่าพอลิโพรพิลีนเมื่อใช้ปริมาณเส้นใยต่ำ (1-5 %) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยมากขึ้นค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงลดลงที่เปอร์เซ็นต์เส้นใยเท่ากันพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยกล้วยน้ำว้ามีค่ามอดูลัสและค่าความแข็งแรงในเชิงการดึงสูงกว่าพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยป่านศรนารายณ์เล็กน้อย ค่าความต้านทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์เชิงประกอบจากเส้นใยทั้งสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าลดลงตามปริมาณเส้นใยที่เพิ่มขึ้น จากการตรวจสอบลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์เชิงประกอบด้วยกล้องจุลทัศน์พบว่าพอลิเมอร์เชิงประกอบที่ใช้ปริมาณเส้นใยสูงมีแนวโน้มที่จะเกิดรอยโหว่ภายในชิ้นงาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองบ่งชี้ให้เห็นว่าการดูดซับความชื้นของเส้นใยธรรมชาติมีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์เชิงประกอบ ดังนั้นการศึกษาในขั้นต่อไปควรศึกษาถึงผลของอัตราการดูดความซับความชื้นของเส้นใยธรรมชาติกับคุณสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์เชิงประกอบ โดยปรับเปลี่ยนอัตราการดูดซับความชื้นด้วยการดัดแปรหรือนำเส้นใยธรรมชาติไปทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ช่วยทำให้การดูดซับความชื้นลดลงและเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยธรรมชาติกับพอลิเมอร์เมทริกซ์

การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาโดยใช้เส้นใยที่มีขนาดความยาว 3 มิลลิเมตร ซึ่งมีแนวโน้มทำให้ค่าความแข็งแรงของพอลิโพรพิลีนเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความยาวดังกล่าวนี้อาจไม่ใช่ความยาวที่เพิ่มความแข็งแรงสูงสุดให้กับพอลิโพรพิลีน ดังนั้นการศึกษาในระดับต่อไปควรศึกษาถึงผลของความยาวเส้นใยขนาดต่าง ๆ กันด้วย

บรรณานุกรม

1. McCrum, N. G., Buckley, C. P. and Bucknall, C. B. (1997). Principles of Polymer Engineering. 2nd Eds. Oxford Science Publications.: Oxford.
2. Department for environmental, food and rural Affairs. Framing sectors, Industrial crops. 2003, June. Examples of industrial crops, fibres (online). Available URL: http://www.defra.gov.uk/farm/acu/examples.htm#fibres.
3. Bledzki, A.K. and Gassan, J. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. Prog. Polym. Sci. 24:221-274.
4. Garkhai, S. K., Heijenrath R. W. H. and . Peijs, T. (2000). Mechanical properties of natural-fibre-mat-reinforced thermoplastics based on flax fibres and polypropylene. Appl. Compos. Mater.7:351-372.
5. Hill, C. A. S., Abdul Khalil, H. P.S and Hale, M.D. (1998). A study of the potential of acetylation to improve the properties of plant fibres. Industrial Crops and Products 8:53-63.
6. Wollerdorfer, M. and Bader, H. (1998). Influence of natural fibres on the mechanical properties of biodegradable polymers. Industrial Crops and Products. 8:105-112.
7. Nabi Saheb, D. and Jog, J. P. (1999). Natural fiber polymer composites. Advances in polymer technology 18(4):351-363.
8. Wambua, P., Ivens, J. and Verpoest, I. (2003). Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics. Composites Science and Technology 63:1259-1264.
9. Rowell, R. M. (1998). Economic opportunities in natural fiber-thermoplastic composites. In Prasad, P. N. et al., Science and Technology of Polymers and Advanced Materials. p. 869-872. Plenum Press, New York.
10. Van de Velde, K. and Kiekens, P. (2001). Thermoplastic polymers: overview of several properties and their consequences in flax fibre reinforced composites. Polymer Testing 20:885-893.
11. Li, Y., Mai, Y-W. and Ye, L. (2000). Sisal fibre and its composites: a review of recent developments. Composites Science and Technology 60:2037-2055.
12. Paul, A., Joseph, K. and Thomas, S. (1997). Effect of surface treatments on the electrical properties of low-density polyethylene composites reinforced with short sisal fibers. Composites Science and Technology 57: 67-79.
13. Uma Devi, L., Bhagawan, S.S. and Thomas, S. (1997). Mechanical properties of pineapple leaf fiber-reinforced polyester composites. J. Appl. Polym. Sci. 64:1739-1748.

14. Pothan, L. A. and Thomas, S. (2003). Polarity parameters and dynamic mechanical behaviour of chemically modified banana fiber reinforced polyester composites. Composites Science and Technology 63:1231-1240.

15. Nishino, T., Hirao, K., Kotera, M., Nakamae, K. and Inagaki, H. (2003). Kenaf reinforced biodegradable composite. Composites Science and Technology 63:1281-1286.

16. Richardson, M. and Zhang, Z. (2001). Nonwoven hemp reinforced composites. Reinforced Plastics 45:40-44.

17. Joseph, P.V., Mathew, G., Joseph, K., Groeninckx, G. and Thomas, S. (2003). Dynamic mechanical properties of short sisal fibre reinforced polypropylene composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing 34:275-290.

18. Mwaikambo, L. Y., Martuscelli, E. and Avella, M. (2000). Kapok/cotton fabric–polypropylene composites. Polymer Testing 19:905-918.

19. Deshpande, A. P., Bhaskar Rao, M. and Lakshmana Rao, C. (2000). Extraction of bamboo fibres and their use as reinforcement in polymeric composites. J. Appl. Polym. Sci. 76:83-92.

20. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่ม 17. 2003, June. พืชเส้นใย (online). Available URL: http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK17/chapter8/t17-8-11.htm.

21. Schuh, Th. G. (2003). Renewable materials for automotive applications (online). Available URL: ienica.net/fibreseminar/schuh.pdf.

22. Williams, G. I. and Wool, R. P. (2000). Composites from natural fibers and soy oil resins. Applied Composite Materials 7:421-432.

23. Rowell, R. M. (1992). In: Rowell, R. M., Schultz, T. P., Narayan, R. editors. Emerging technologies for materials & chemical for biomass. ACS Symposium Ser. 476 p. 12.

24. Chand, N., Satyanarayana, K. G. and Rohatgi, P. K. (1986). Mechanical characteristics of sunhemp fibres. Indian Journal of Textile Research 11:86-89.

25. Murherjee, P. S. and Satyanarayana, K. G. (1984). Structure and properties of some vegetable fibres. Part 1. Sisal fibre. J. Mat. Sci. 19:3925-3934.

26. Joseph, K., Thomas, S., Pavithran, C. and Brahmakumar, M. (1993). Tensile properties of short sisal fibre-reinforced polyethylene composites. J. Appl. Polym. Sci. 47:1731-1739.

27. Mahakandan, K. C., Nair, S. M. D. and Thomas, S. (1996). Tensile properties of short sisal fibre reinforced polystyrene composites. J. Appl. Polym. Sci. 60:1483-1497

28. Sanadi, A. R., Prasad, S. V. and Rohatgi, P. K. (1986). Sunhemp fibre-reinforced polyester Part 1 Analysis of tensile and impact properties. J. Mat. Sci. 21:4299-4304.

29. Joseph, S., Sreekala, M. S., Oommen, Z., Koshy, P. and Thomas, S. (2002). A comparison of the mechanical properties of phenol formaldehyde composites reinforced with banana fibres and glass fibres. Composites Science and Technology. 62:1857-1868.

30. Jones, D. R. (2000). Deseases of banana, abaa, and enset. CABI Publishing: New York.

31. Pothan, L. A., Oommen, Z. and Thomas, S. (2003). Dynamic mechanical analysis of banaba fiber reinforced polyester composites. Composites Science and Technology. 63:283-293.

32. Bisanda, E. T. N. (2000). The effect of alkali treatment on the adhesion characteristics of sisal fibres. Applied Composite Materials 7:331-339.

33. Singh, B., Gupta, M. and Verma, A. (1996). Influence of fibre surface treatment on the properties of sisal-polyester composites. Polymer Composite 17:910-918.

34. Li, Y., Mai, Y-W., and Ye, L. (2000). Sisal fibre and its composites: a review of recent developments. Composite Science and Technology 60:2037-2055.

35. DeLassus, P. T. and Whiteman, N. F. (1999) Physical and mechanical properties of some important polymers. In Brandrup, J., Immergut, E. H. and Grulke. Polymer Handbook. 4th Ed., p. V / 165. Wiley-Interscience: New York.

36. Cowie, J. M. G. (1991) Polymers: Chemistry & physics of modern materials. 2nd Ed. Blackie Acadamic & Professional. London. p. 282.

37. Joseph, K., Thomas, S. and Pavithran, C. (1996). Effect of chemical treatment on the tensile properties of fibre-reinforced polyethylene composites. Polymer 37:5139-5149.

ประวัติผู้วิจัย

1. หัวหน้าโครงการ

ชื่อ อาจารย์ ดร. ปราณี ชุมสำโรง

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันศึกษา	ประเทศ
2544	เอก	Ph.D.	Polymer Science and Technology	UMIST	UK
2540	โท	M.Sc.	Polymer Science and Technology	UMIST	UK
2538	ตรี	วท.บ.	เคมี	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย

ผลงานทางวิชาการ

1. P. Thongnoi and P.A. Lovell, *Studies of rubber-toughened acrylic materials*, Polymer Colloid Group Meeting 1999, Loughborough, UK
2. P. Thongnoi and P.A. Lovell, *Studies of rubber-toughened acrylic materials*, RSC annual meeting 2000, Manchester, UK

สาขาที่มีความชำนาญพิเศษ

- Polymer characterization, Emulsion polymerization