

ปีที่ ๓๔ เล่มที่ ๒

Vol. 34, No. 2

กรกฎาคม - ธันวาคม ๒๕๔๕

July - December 2002

# วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

## Journal of the National Research Council of Thailand

### ผลกระทบของสารเติมแต่งต่อพอลิเมอร์คอมพอสิต ที่ได้จากกรีไซเคิล HDPE ผสมเส้นใยชานอ้อย

### EFFECTS OF ADDITIVES ON POLYMER COMPOSITES FROM RECYCLED HDPE-FILLED BAGASSE FIBERS

มาลินี ชัยสุภกิจสินธุ์  
Malinee Chaisupakitsin

รัชดา ขวัญตน  
Radchada Khuanton

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

(ได้รับเมื่อ พฤศจิกายน 2543)

### บทคัดย่อ

การเตรียมเทอร์โมพลาสติกพอลิเมอร์คอมพอสิต โดยใช้ HDPE จากขวดน้ำดื่มผสมกับเส้นใยชานอ้อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตน้ำตาล เมื่อนำมาศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของสารเติมแต่งชนิดต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงสมบัติของคอมพอสิต พบว่าระบบคอมพอสิตที่มีการเติม

*J. Natl. Res. Council Thailand, 2002, 34 (2)*

มาลินี ชัยสุภกิจสินธุ์. "ผลกระทบของสารเติมแต่งต่อพอลิเมอร์คอมพอสิตที่ได้จากกรีไซเคิล HDPE ผสมเส้นใยชานอ้อย" *วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ* 34, 2 (ก.ค.-ธ.ค. 2545) 149-162

MAH-EPDM จะมีสมบัติของคอมพอลิเมอร์ดีกว่าระบบคอมพอลิเมอร์ที่ใช้ PE-g-MAH ร่วมกับ SAN-EPDM หรือระบบคอมพอลิเมอร์ที่เติม EVA เพียงอย่างเดียว และปริมาณของ MAH ที่ต่ออยู่กับ EPDM จะมีผลกระทบต่อสมบัติของคอมพอลิเมอร์ด้วย โดยเมื่อปริมาณ MAH สูงขึ้นจะได้คอมพอลิเมอร์ที่มีความแข็งแรงสูง แต่ความทนแรงกระแทกจะต่ำลง สำหรับผลการศึกษาสมบัติทางความร้อนพบว่า ค่าอุณหภูมิการหลอมผลึก ( $T_m$ ) ของทุก ๆ ระบบจะมีค่าไม่แตกต่างกัน ส่วนค่าเอนโทรปีของระบบ ( $\Delta S_m$ ) ในระบบที่ใช้ SAN-EPDM จะสูงกว่า เนื่องจากมีโมเลกุลของสไตรีนไปขวางการจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลทำให้ระบบเกิดความไม่เป็นระเบียบ

## ABSTRACT

*Thermoplastic polymer composites from HDPE of drinking water bottles and bagasse fibers, waste from sugar production, were prepared. Many kinds of additives were studied for improving composites' properties. The results showed that adding MAH-EPDM could improve composites' properties better than adding both PE-g-MAH and SAN-EPDM or adding EVA alone. The MAH content in EPDM affected composites' properties. With higher MAH content, the composites would show higher strength but lower impact property. For thermal properties,  $T_m$  of all systems were not different but  $\Delta S_m$  of SAN-EPDM filled system was higher than that of other systems because the rigid styrene group hindered molecular arrangement, rendering the composites system disorderly.*

## คำนำ

ปัจจุบันปัญหาขยะพลาสติกจัดเป็นปัญหาใหญ่ของชุมชน การใช้พลาสติกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะพลาสติกบรรจุภัณฑ์ก่อให้เกิดปัญหาในการกำจัด เนื่องจากขยะจำพวกพลาสติกจะย่อยสลายได้ช้า วิธีกำจัดโดยการฝังกลบไม่สามารถรองรับขยะปริมาณมากมายเหล่านี้ได้ และยัง

พบว่า การฝังกลบขยะพลาสติกอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนในดินและแหล่งน้ำใต้ดินอีกด้วย ดังนั้น จึงเกิดแนวคิดที่จะนำขยะพลาสติกกลับมาใช้ใหม่<sup>2-4</sup> ซึ่งวิธีการที่ง่ายและสะดวกก็คือ การนำมา หลอมและทำการขึ้นรูปใหม่ แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีสมบัติด้อยลงจากเดิม จึงจำเป็นที่จะต้องเติม สารเติมแต่งต่าง ๆ ลงไปเพื่อช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น ตัวอย่างสารเติมแต่งที่นิยมใช้ ได้แก่ สารตัวเติมธรรมชาติ<sup>5-7</sup> สารช่วยปรับปรุงการยึดติด<sup>7</sup> สารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทก<sup>7</sup> สารต้านทานการเกิดออกซิเดชัน และสารช่วยในการขึ้นรูป เป็นต้น

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ของ HDPE (High density polyethylene) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์จากขบวนการปิโตรเคมีและเป็นขยะพลาสติกที่มีจำนวนมาก โดยปรับปรุงสมบัติด้วยการเติมเส้นใยชานอ้อยซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากการผลิตน้ำตาลเพื่อใช้เป็นสารเสริมแรง นอกจากนี้ ยังศึกษาผลกระทบของการเติมสารช่วยปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างเส้นใยชานอ้อยกับ HDPE และ ศึกษาสารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทก โดยเปรียบเทียบสมบัติของระบบคอมพอสิต 4 ระบบ คือ ระบบคอมพอสิตที่ปรับปรุงสมบัติด้วย SAN-EPDM (Styrene acrylonitrile-ethylene propylene diene monomer) ร่วมกับ PE-g-MAH (Polyethylene grafted maleic anhydride) ระบบที่ปรับปรุง ด้วย MAH-EPDM (Maleic anhydride-ethylene propylene diene monomer) โดยจะเปรียบเทียบ MAH-EPDM ที่มีปริมาณ MAH ต่างกัน ได้แก่ MAH-EPDM รหัส 485 และ 490 ซึ่งมี MAH 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และระบบสุดท้ายเป็นระบบที่ปรับปรุงด้วย EVA (Ethylene vinyl acetate) ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำวัสดุเหลือทิ้งประเภทเส้นใยซึ่งเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ และ HDPE จากขยะจากพลาสติกกลับมาใช้ให้คุ้มค่าโดยนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนไม้ธรรมชาติ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### สารเคมี

1. Maleic anhydride modified high density polyethylene (PE-g-MAH) รหัส POLYBOND 3009: TOA Uni Chemical Manufacturing Ltd.
2. Styrene acrylonitrile modified ethylene propylene diene terpolymer (SAN-EPDM) รหัส ROYALTUF 372P20: TOA Uni Chemical Manufacturing Ltd.

3. Maleic anhydride modified ethylene propylene diene terpolymer (MAH-EPDM)  
 รหัส ROYALTUF 485 : TOA Uni Chemical Manufacturing Ltd.

4. Maleic anhydride modified ethylene propylene diene terpolymer (MAH-EPDM)  
 รหัส ROYALTUF 490 : TOA Uni Chemical Manufacturing Ltd.

5. Ethylene vinyl acetate copolymer (EVA) รหัส NUC 8450 : Nippon Unicar  
 Co., Ltd.

### อุปกรณ์

1. ขวดน้ำดื่มพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ใช้แล้วทิ้ง
2. เส้นใยชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาล
3. เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว รุ่น Axon ab Plasmaskiner : Sew-Eurodrive
4. เครื่องผสมแห้ง (High speed mixer) : Labtech Engineering Co., Ltd.
5. เครื่องฉีดขึ้นรูป รุ่น Cosmo TTI 220/80 : Welltec Industrial Equipment Ltd.
6. เครื่องทดสอบแรงดึง รุ่น LR30K : LLOYD Instruments
7. เครื่องทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทก : Yasuda Seisakusho Ltd.
8. เครื่องทดสอบความแข็ง : Yasuda Seisakusho Ltd.
9. เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อน (DSC) รุ่น DSC-50 : Shimadzu Co., Ltd.
10. เครื่องบดพลาสติก : Bosco Engineering

### วัตถุดิบ

#### การเตรียม HDPE

บดขวดน้ำดื่มชนิดขุนด้วยเครื่องบดตัดพลาสติก จากนั้นนำไปหลอมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว ตั้งอุณหภูมิแต่ละช่วงของสกรูเท่ากับ 140, 150, 160 และ 170 °ซ. ตามลำดับและความเร็วรอบ 60 รอบ/นาที นำพลาสติกที่หลอมแล้วไปบดด้วยเครื่องบดตัดพลาสติกอีกครั้งจะได้เม็ดพลาสติก HDPE จากขวดน้ำดื่มชนิดขุนที่พร้อมนำไปใช้ในการขึ้นรูป

### การเตรียมเส้นใยชานอ้อย

นำชานอ้อยที่ได้จากโรงงานน้ำตาล ซึ่งเป็นเส้นใยสั้น มีความยาวประมาณ 1.0–5.0 มม. ล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดฝุ่น สิ่งสกปรกและน้ำตาลออกจนเส้นใยสะอาด จากนั้นนำไปอบให้แห้ง

### การเตรียมพอลิเมอร์คอมพอสิต

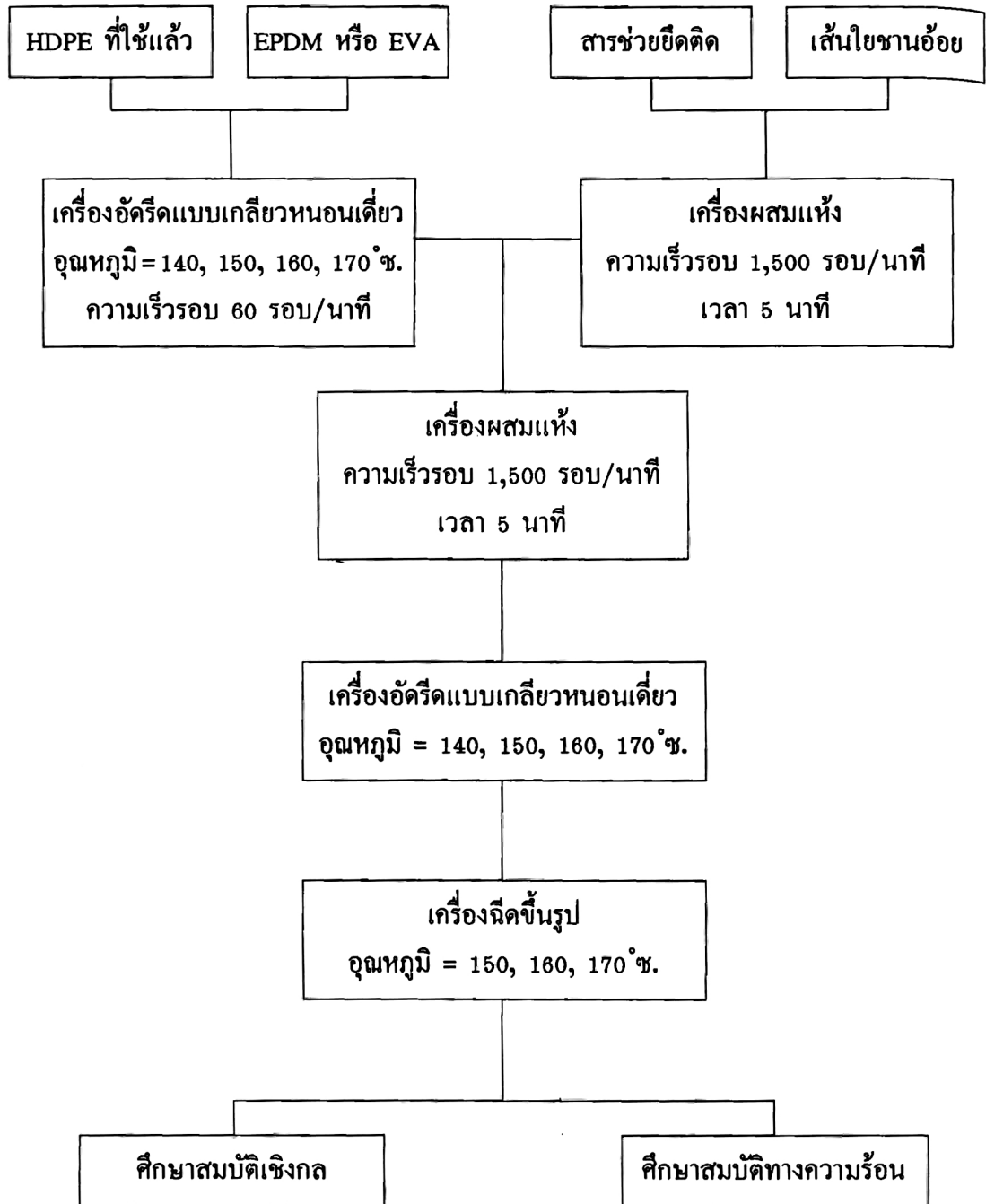
ผสม HDPE ที่เตรียมไว้กับสารช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทกตามอัตราส่วนต่าง ๆ (ตารางที่ 1 และแผนภาพที่ 1) ด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว ตั้งอุณหภูมิแต่ละช่วงของสกรูเท่ากับ 140, 150, 160 และ 170 °ซ. และความเร็วยรอบ 60 รอบ/นาที นำเส้นใยชานอ้อยผสมกับ PE-g-MAH ด้วยเครื่องผสมแห้งแล้วเติมลงในเม็ดพอลิเมอร์ ผสมส่วนแรกโดยใช้เครื่องผสมแห้ง จากนั้นนำพอลิเมอร์ผสมมาหลอมด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวอีกครั้ง และนำมาบดด้วยเครื่องบดตัด ทำการขึ้นรูปเป็นชิ้นงานด้วยเครื่องฉีด อุณหภูมิแต่ละช่วงเท่ากับ 150, 160 และ 170 °ซ.

ตารางที่ 1. อัตราส่วนในการเตรียมพอลิเมอร์คอมพอสิต

สูตรที่	HDPE ที่ใช้แล้ว	สารช่วยปรับปรุงความทนต่อแรงกระแทก			เส้นใยชานอ้อย	PE-g-MAH
		SAN-EPDM	MAH-EPDM	EVA		
1	100	-	-	-	10	-
2	90	10	-	-	10	5
3	90	-	10*	-	10	-
4	90	-	10**	-	10	-
5	90	-	-	10	10	-

\* MAH-EPDM รหัส 485

\*\* MAH-EPDM รหัส 490



แผนภาพที่ 1. ขั้นตอนการผลิตคอมพอลิเมอร์ผสม

## การทดสอบสมบัติเชิงกลของคอมพอลิเมอร์

นำชิ้นงานที่เตรียมได้มาทดสอบสมบัติเชิงกล ดังต่อไปนี้

1. สมบัติด้านการดึง (Tensile properties) ได้แก่ ความทนแรงดึง (Tensile strength) ร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด (Elongation at break) และค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบแรงดึงตาม ASTM D638M
2. สมบัติความทนแรงกระแทก (Impact strength) ทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบความทนแรงกระแทกตาม ASTM D256
3. สมบัติด้านความแข็ง (Hardness) ทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งแบบ Shore D ตาม ASTM D2240

## การทดสอบสมบัติทางความร้อน

โดยใช้เครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ใช้อัตราการให้ความร้อน  $10^{\circ}\text{C}/\text{นาที}$  และอัตราการทำให้เย็น  $10^{\circ}\text{C}/\text{นาที}$  เพื่อหาอุณหภูมิการหลอมผลึก ( $T_m$ ) อุณหภูมิตกผลึก ( $T_c$ ) และปริมาณความร้อนที่ใช้หลอมผลึก ( $\Delta H_m$ )

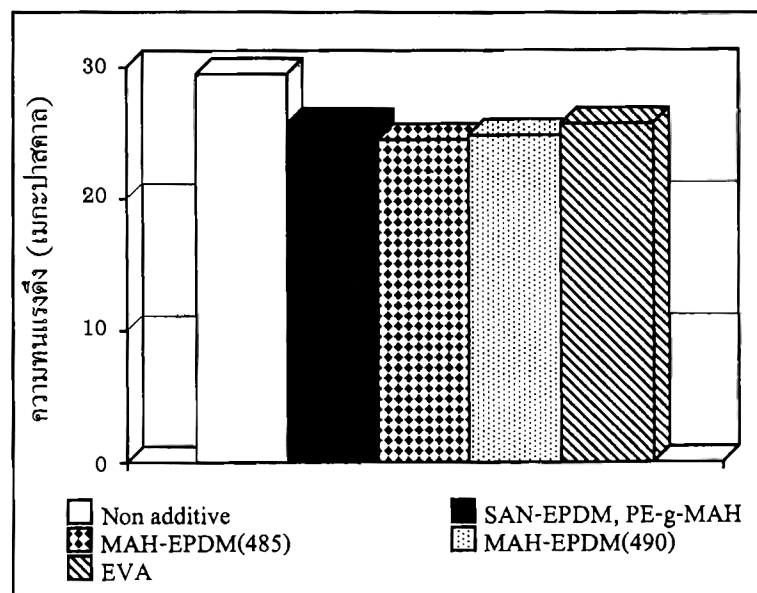
## ผลการวิจัย

### สมบัติเชิงกล

จากการศึกษาผลกระทบของสารเติมแต่งต่อสมบัติของคอมพอลิเมอร์ โดยเปรียบเทียบระบบคอมพอลิเมอร์ที่ปรับปรุงสมบัติด้วย SAN-EPDM ร่วมกับ PE-g-MAH ระบบที่ปรับปรุงด้วย MAH-EPDM 2 ชนิด ที่มี MAH ในปริมาณที่ต่างกัน และระบบที่ปรับปรุงด้วย EVA ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 1-5 เมื่อเปรียบเทียบระบบที่ใช้ SAN-EPDM ร่วมกับ PE-g-MAH กับระบบที่ใช้ MAH-EPDM เพียงอย่างเดียวพบว่าค่าความทนแรงดึง (รูปที่ 1) และความแข็ง (รูปที่ 2) จะใกล้เคียงกันในทุก 2 ระบบ แต่ในระบบที่ใช้ MAH-EPDM เพียงอย่างเดียว ค่าร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด (รูปที่ 3) ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (รูปที่ 4) และความทนแรงกระแทก (รูปที่ 5) จะมีค่าสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากหมู่ MAH ที่ต่อกิ่งอยู่กับ EPDM สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนและพันธะเอสเทอร์กับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใย (รูปที่ 6) ซึ่งจะส่งเสริมให้เกิดแรงยึดติดระหว่างพื้นผิว รวมเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น ส่วนการใช้ SAN-EPDM ร่วมกับ PE-g-MAH ถึงแม้ MAH จาก PE-g-MAH

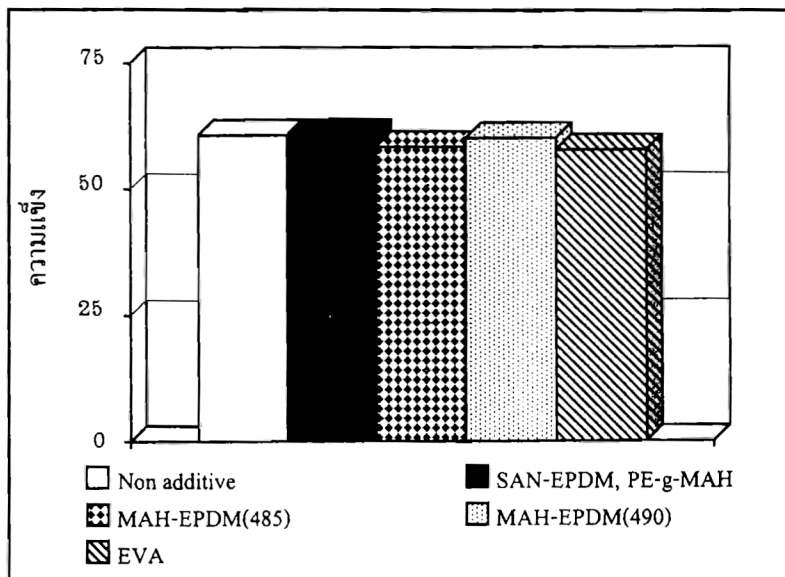
จะสามารถเกิดพันธะกับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยชานอ้อยได้เช่นกัน แต่จะมีหมู่ SAN ที่ประกอบด้วยสไตรีนซึ่งเป็นหมู่ที่เกาะกะอยู่ เป็นตัวขัดขวางการรับและกระจายแรง ทำให้การรวมเป็นเนื้อเดียวกันไม่ดีพอ ร้อยละการดึงยืดและความทนแรงกระแทกที่ได้จึงมีค่าต่ำกว่า

เมื่อเปรียบเทียบการใช้ MAH-EPDM 2 ชนิด ที่มีปริมาณ MAH และอัตราส่วนของเอทิลีนต่อพรอพิลีน (E/P) ต่างกัน โดย MAH-EPDM รหัส 485 จะมี MAH 0.5 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วน E/P เท่ากับ 75/25 ส่วนรหัส 490 จะมี MAH 1.0 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วน E/P เท่ากับ 55/45 พบว่าคอมพอสิตจากทั้งสองระบบนี้จะมีค่าความทนแรงดึงและร้อยละการดึงยืด จุดขาดใกล้เคียงกัน ซึ่งในระบบที่ใช้ MAH-EPDM 490 จะมีมอดุลัสยืดหยุ่นและความแข็งสูงกว่าเล็กน้อย แต่ความทนแรงกระแทกจะต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากรหัส 490 จะมีปริมาณ MAH มากกว่าสามารถเกิดพันธะได้มากกว่า จึงทำให้มีความแข็งมากกว่า ประกอบกับ MAH-EPDM รหัส 485 มีปริมาณเอทิลีนสูงจึงมีความเหนียวและทนแรงกระแทกได้ดีกว่า<sup>7</sup>

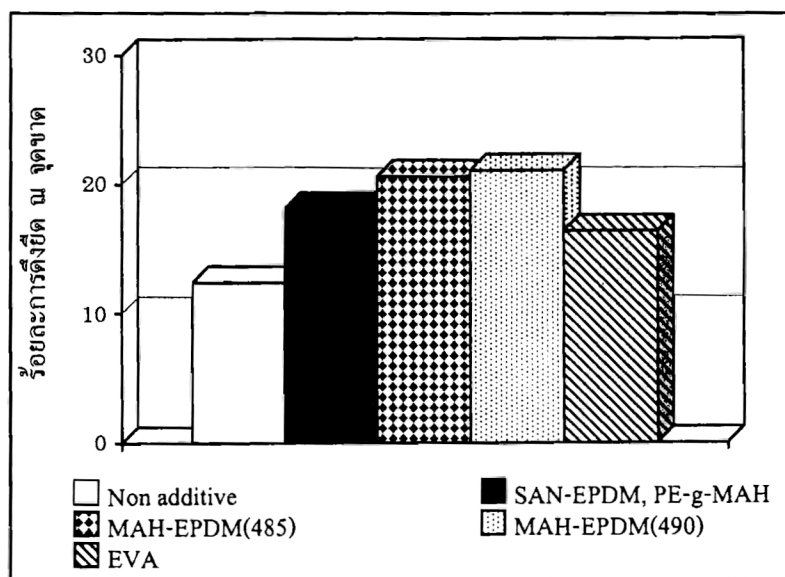


รูปที่ 1. ความทนแรงดึงของคอมพอสิตที่ปรับปรุงด้วยสารเติมแต่งต่างชนิด

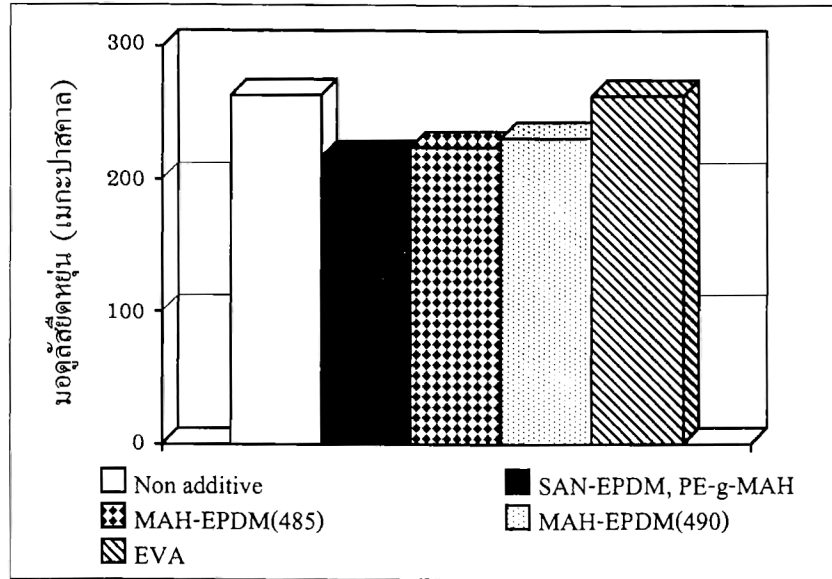




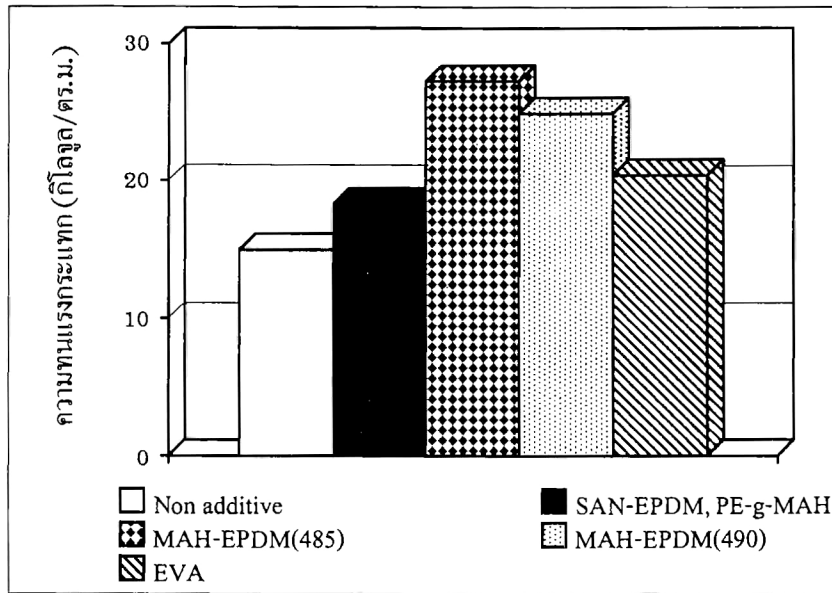
รูปที่ 2. ความแข็งของคอมพอสิตที่ปรับปรุงด้วยสารเติมแต่งต่างชนิด



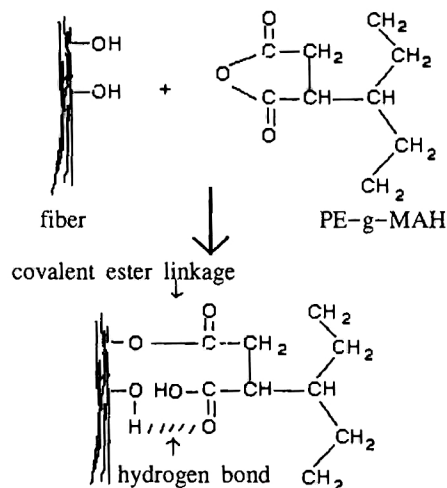
รูปที่ 3. ร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาดของคอมพอสิตที่ปรับปรุงด้วยสารเติมแต่งต่างชนิด



รูปที่ 4. มอดูลัสยืดหยุ่นของคอมพอสิตที่ปรับปรุงด้วยสารเติมแต่งต่างชนิด



รูปที่ 5. ความทนแรงกระแทกของคอมพอสิตที่ปรับปรุงด้วยสารเติมแต่งต่างชนิด



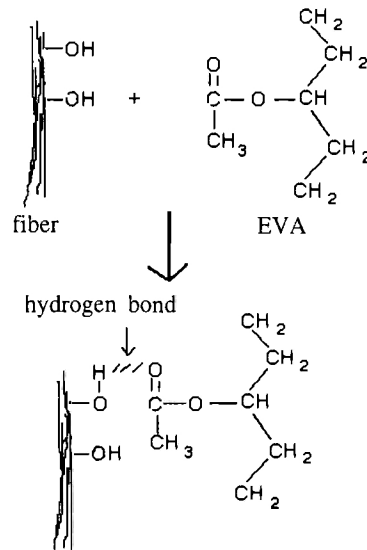
รูปที่ 6. กลไกการยึดติดระหว่างเส้นใยกับ PE-g-MAH<sup>8</sup>

ตารางที่ 2. ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของสมบัติเชิงกลในสูตรต่าง ๆ

สูตรที่	ความทนแรงดึง (เมกะปาสคาล)		ร้อยละการดึงยืด ณ จุดขาด (%E)		ค่ามอดุลัส ยืดหยุ่น (เมกะปาสคาล)		ความทน แรงกระแทก (กิโลจูล/ตร.ม.)		ความแข็ง (Shore D)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
1	30.33	0.78	9.43	1.34	388.32	33.94	14.60	1.64	60.67	1.15
2	25.63	0.33	18.10	3.91	216.81	29.38	18.30	1.34	60.67	1.15
3	24.46	0.41	20.61	1.33	224.17	17.58	27.30	2.27	58.33	0.58
4	24.76	0.40	21.07	1.16	231.15	18.71	24.90	2.63	60.00	0.00
5	25.65	0.38	16.36	3.80	263.03	25.58	20.40	2.87	57.67	1.15

ผลการทดลองเปรียบเทียบการใช้ EVA ในการปรับปรุงสมบัติของคอมพอสิต พบว่าการใช้ EVA หรือ MAH-EPDM จะช่วยปรับปรุงสมบัติด้านการดึงยืดและความทนแรงกระแทกของคอมพอสิตได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ทั้ง EVA<sup>1</sup> และ MAH-EPDM มีสมบัติเป็นอีลาสโตเมอร์

และเมื่อเปรียบเทียบสารทั้ง 2 ชนิดแล้วพบว่า MAH-EPDM จะช่วยปรับปรุงความทนแรงกระแทกและการดึงยืดได้มากกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก EPDM มีลักษณะเป็นอสัณฐานมากกว่า EVA จึงสามารถรับและกระจายแรงได้ดีกว่า แม้ว่าหมู่ Vinyl acetate (Vac) ที่อยู่ใน EVA สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยได้เช่นเดียวกับ MAH แต่ไม่เกิดพันธะเอสเทอร์ (รูปที่ 7) จึงทำให้ระบบที่ใช้ MAH-EPDM มีสมบัติเชิงกลดีกว่า



รูปที่ 7. กลไกการยึดติดระหว่างเส้นใยกับ EVA

### สมบัติทางความร้อน

จากการทดลองศึกษาสมบัติทางความร้อนของคอมพอสิตโดยใช้ DSC เปรียบเทียบระบบคอมพอสิตที่ปรับปรุงด้วยสารเติมแต่งต่างกัน พบว่า ค่า  $T_m$  ในทุก ๆ ระบบจะมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 3) เมื่อพิจารณาพลังงานอิสระของระบบ ( $\Delta G$ ) จากสมการ Gibb's

$$\Delta G = \Delta H_m - T_m \Delta S_m$$

ให้  $\Delta H_m$  เป็นความร้อนที่ใช้ในการหลอมผลึก (คำนวณจากพื้นที่ใต้กราฟของ  $T_m$ )

$T_m$  เป็นอุณหภูมิในการหลอมผลึก

$\Delta S_m$  เป็นเอนโทรปีของระบบ

เมื่อพอลิเมอร์หลอม พลังงานอิสระเป็นศูนย์  $\Delta G = 0$

$$\text{ดังนั้น } \Delta S_m = \Delta H_m / T_m$$

สามารถคำนวณหา  $\Delta S_m$  ของแต่ละระบบได้ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3. อุณหภูมิในการหลอมผลึก ปริมาณความร้อนที่ใช้หลอมผลึก และเอนโทรปีของระบบคอมพอลิตที่มีสารเติมแต่งต่างกัน

สูตรที่	สารเติมแต่ง	อุณหภูมิในการหลอมผลึก (°ซ.)	ปริมาณความร้อนที่ใช้หลอมผลึก (จูล/ก.)	เอนโทรปีของระบบ (จูล/ก.°ซ.)
1	Non additive	137.20	134.41	0.98
2	SAN-EPDM, PE-g-MAH	136.40	133.81	0.98
3	MAH-EPDM (485)	134.50	107.40	0.79
4	MAH-EPDM (490)	137.90	102.20	0.74
5	EVA	136.40	100.10	0.73

จะพบว่าระบบที่ใช้ SAN-EPDM ร่วมกับ PE-g-MAH มีค่าเอนโทรปีของระบบ ( $\Delta S_m$ ) สูงกว่าระบบที่ใช้ EVA หรือ MAH-EPDM แสดงว่าจะมีความไม่เป็นระเบียบของระบบมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจาก SAN-EPDM ไปรบกวนการตกผลึกของ HDPE โดยสไลด์รีนซึ่งเป็นหมู่ที่เกาะจะไปขัดขวางทำให้การจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลเกิดได้ไม่ดี

### สรุป

จากการศึกษาสมบัติของคอมพอลิตที่เตรียมได้จากพลาสติกขวดน้ำดื่มชนิดขุ่นและเส้นใยชานอ้อย โดยการเปรียบเทียบสมบัติที่ได้จากการเติมสารเติมแต่งต่างชนิดกัน พบว่าการใช้ EPDM ซึ่งเป็นสารจำพวกอีลาสโตเมอร์จะช่วยปรับปรุงสมบัติด้านการดึงยึดและความทนแรงกระแทกของคอมพอลิตได้ดี หมู่ที่มีขั้วต่อกับอีลาสโตเมอร์จะมีผลต่อสมบัติของคอมพอลิตด้วย เมื่อทดลองเปรียบเทียบการใช้ SAN-EPDM ร่วมกับ PE-g-MAH ที่เป็นสารช่วยยึดติดระหว่าง HDPE กับเส้นใยชานอ้อยที่ได้จากระบบคอมพอลิตที่ใช้ MAH-EPDM เพียงอย่างเดียว พบว่าการใช้ MAH-EPDM ซึ่งแสดงสมบัติเป็นทั้งอีลาสโตเมอร์ (บริเวณ EPDM) และสารช่วยยึดติด (บริเวณ MAH) จะช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลของคอมพอลิตได้ดีกว่า นอกจากนี้ ปริมาณ MAH ที่ต่ออยู่กับ EPDM

ก็จะมีผลต่อสมบัติของคอมพอสิตด้วย เมื่อเพิ่มปริมาณของ MAH ในสารเติมแต่งมากขึ้นจะเกิดพันธะเคมียึดเหนี่ยวกับเส้นใยได้มากขึ้น ทำให้คอมพอสิตมีความแข็งแรงขึ้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ EVA แทน MAH-EPDM จะสามารถปรับปรุงสมบัติการดึงยึดและความทนแรงกระแทกได้ไม่ดีเท่า MAH-EPDM เนื่องจาก EVA จะมีความเป็นอสัณฐานน้อยกว่า EPDM

## คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท TOA Uni Chemical Manufacturing Ltd. ที่เชื้อเพื่อสารเคมี MAH-EPDM, SAN-EPDM และ PE-g-MAH ที่ใช้ในการวิจัยนี้

## เอกสารอ้างอิง

1. มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์, นิกร โปณะทอง และพรพงษ์ โสวัฒนกุล. บทบาทของสารช่วยเพิ่มสมบัติทนแรงกระแทกต่อการสลายตัวด้วยแสงและความร้อนของ PVC. *ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*, 2542, 7(1), 1-5.
2. Scott, G. Green Polymer. *Polym. Deg. and Stab.*, 2000, 68, 1-7.
3. Simpson, R.J. and Selke, S.E. Composite Materials from Recycled Multilayer Polypropylene Bottles and Wood Fibers. *Emerging Technologies in Plastics Recycling*. Washington D.C., American Chemical Society, 1992.
4. Bataille, R.L. and Sapieha, S. Effects of Cellulose Fibers in Polypropylene Composites. *Polym. Compos.*, 1989, 10(2), 103-108.
5. Sanadi, A.R., Caulfield, D.F., Jacobson, R.E. *et al.* Renewable Agricultural Fibers as Reinforcing Fillers in Plastics Mechanical Properties of Kenaf Fiber-Polypropylene Composites. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1995, 34(1), 889-896.
6. Kokta, B.V., Raj, R.G. and Daneault, C. Use of Wood Fiber as Filler in Polypropylene Studies on Mechanical Properties. *Polym. Plast. Technol. Eng.*, 1989, 28(3), 247-259.
7. Park, B.D. and Balatinecz, J.J. Mechanical Properties of Wood-fiber/Toughened Isotactic Polypropylene Composites. *Polym. Compos.*, 1997, 18(1), 79-89.
8. Bashar, A.S., Khan, M.A. and Idriss Ali, K.M. Bamboo-plastic Composite with MMA. *Polym. Plast. Technol. Eng.*, 1996, 35(4), 581-590.