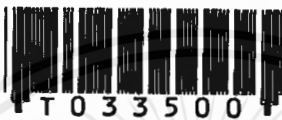


บทบาทของมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลและความร้อน
ของพอลิเมอร์คอมพอลิเตอร์ระหว่างขวด HDPE ที่ใช้แล้วกับพอลิพรอพิลีน
ผสมกับขานอ้อย



นางสาวกมลรัตน์ คุรัตน์ชัชวาล
นางสาวดวงดาว ปรีชาวงศ์




1276

501

เลขหม.....
เลขทะเบียน..... 33500
วัน, เดือน, ปี 3 ส.ค. 2542

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2541

**Role of Multifunctional Monomer on Mechanical and Thermal Properties
of Recycled PE/PP/Bagassge Fiber**



Miss Kamonrat Kuratchatchaval

Miss Dujdaw Preechawong

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|--------------------|--|
| หัวข้อโครงการพิเศษ | บทบาทของมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลและความร้อนของพอลิเมอร์คอมพอลิسترระหว่างขวด HDPE ที่ใช้แล้วกับพอลิพรอพิลีนผสมกับชานอ้อย |
| นักศึกษา | นางสาวกมลรัตน์ คุร์ตันัชชวาล นางสาวดวงดาว ปรีชาวงศ์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผศ.ดร.มาลินี ชัยคุภักกิจสินธ์ |
| ภาควิชา | เคมี |
| ปีการศึกษา | 2541 |

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ใช้ชานอ้อยเป็นสารตัวเติมในพอลิเอทิลีน พอลิพรอพิลีนและพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิเอทิลีนกับพอลิพรอพิลีน โดยใช้ชานอ้อยที่ไม่ปรับสภาพผิวและชานอ้อยที่ปรับสภาพผิวด้วยการฉายรังสีแล้วต่อกิ่งด้วยมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ (Multifunctional monomer) นำชานอ้อยที่ได้มาผสมกับพอลิเมอร์ในเครื่องอัดรีดเกลียวท่อนเดี่ยว (Single screw extruder) แล้วขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดขึ้นรูป (Injection molding machine) และนำพอลิเมอร์ผสมที่ได้ไปทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อนและสมบัติการดูดซึมน้ำ

จากการทดลองพบว่าคอมพอลิสมที่มีชานอ้อยทั้งปรับและไม่ปรับสภาพผิวนั้น มีแนวโน้มทำให้มีสมบัติด้านต่างๆ ดีขึ้น กล่าวคือพอลิเมอร์คอมพอลิสมสามารถทนทานต่อแรงดึง ความคงรูปและเสถียรภาพต่อความร้อนดีขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ พบว่าที่ 1% โดยน้ำหนักทำให้สมบัติต่างๆ ดีขึ้นมากที่สุด

Special Project Title Role of Multifunctional monomer on Mechanical and Thermal Properties of recycled PE/PP/Bagasse fiber

Name Miss Kamonrat Kuratchatchaval
 Miss Dujdaw Preechawong

Special Project Advisor Assist.
 Prof. Dr. Malinee Chaisupakitsin

Department Chemistry

Academic Year 1998

Abstract

This special project proposal used bagasse fibers as a filler in polyethylene, polypropylene, and PE/PP blends. The bagasse fibers with and without surface modification were improved with irradiation and grafted with multifunctional monomer. The blending of the polymer and the bagasse fibers were then mixed in the single screw extruder, followed by injection molding machine. The polymer blends were tested with mechanical, thermal properties, and percent water absorption of composites. The results showed that all the properties of composites were better than neat polymer. The modified and unmodified bagasse fibers trend to enhance the properties of composites in tensile, modulus, and thermal stability depending on the multifunctional monomer, especially one percent by weight give the best result.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธุ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการดำเนินงานโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย และ ดร. ต๋องจิตต์ คิดชอบ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษ ที่ช่วยกรุณาตรวจทาน และแก้ไขโครงการพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาเคมีทุกท่านที่ได้ให้ความสะดวกในการทำโครงการพิเศษนี้

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ เพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ และคอยช่วยเหลือ ทำให้โครงการพิเศษนี้ลุล่วงได้

นอกจากนี้ยังมีบุคคลท่านอื่นๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ซึ่งผู้จัดทำไม่ได้กล่าวถึง ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นางสาวกมลรัตน์ คูร์ตันซ์ชาวล

นางสาวดุจดาว ปรีชาวงศ์

สารบัญ

| | หน้า |
|--------------------------------------|------|
| บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | จ |
| สารบัญรูป | ช |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 คำนำ | 1 |
| 1.2 ความเป็นมาของโครงการ | 3 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ | 4 |
| 1.4 ขอบเขตการวิจัย | 4 |
| 1.5 ขั้นตอนในการวิจัยและการดำเนินงาน | 4 |
| 1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 5 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ | 6 |
| 2.1 พอลิเอทิลีน | 6 |
| 2.2 พอลิพรอพิลีน | 8 |
| 2.3 พอลิเมอร์ผสม | 10 |
| 2.4 ซานอ้อย | 12 |
| 2.5 พอลิเมอร์คอมพอลสิต | 13 |
| 2.6 การปรับสภาพผิวเส้นใย | 14 |
| บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน | 20 |
| 3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ | 20 |
| 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ | 20 |
| 3.3 วิธีการทดลอง | 21 |

| | |
|---|----|
| 3.4 การทดสอบ | 23 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ | 26 |
| 4.1 การศึกษาสมบัติเชิงกล | 26 |
| 4.2 การศึกษาสมบัติทางความร้อน | 36 |
| 4.3 การศึกษาสมบัติการดูดซับน้ำ | 44 |
| 4.4 การศึกษาสัณฐานวิทยา | 46 |
| บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ | 48 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 48 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 50 |
| เอกสารอ้างอิง | 51 |
| ภาคผนวก | 53 |
| ภาคผนวก ก. สภาวะที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่อง Injection molding machine | 54 |
| ภาคผนวก ข. ตารางแสดงสมบัติต่างๆของพอลิเมอร์ | 56 |

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|--|------|
| ตารางที่ 1 ตารางแสดงสูตรผสมพลาสติกที่ใช้ในการศึกษา | 22 |
| ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบเชิงกลจากเครื่อง Tensile | 56 |
| ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบเชิงกลอื่นๆ | 57 |
| ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบสมบัติทางความร้อน | 58 |
| ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำ | 59 |



สารบัญรูป

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิเอทิลีน | 6 |
| รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะโครงสร้างของพอลิเอทิลีนประเภทต่างๆ | 7 |
| รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะหน่วยเซลล์ของพอลิเอทิลีน | 7 |
| รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิพรอพิลีน | 8 |
| รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของไอโซแทคติกพอลิพรอพิลีน | 9 |
| รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของซินดีโอแทคติกพอลิพรอพิลีน | 9 |
| รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของอะแทคติกพอลิพรอพิลีน | 9 |
| รูปที่ 2.8 แสดงแผนภาพพอลิเมอร์ผสม | 10 |
| รูปที่ 2.9 แสดงสถานการณ์วิทยาที่เป็นไปได้ของพอลิเมอร์ผสม | 10 |
| รูปที่ 2.10 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ผสม | 11 |
| รูปที่ 2.11 แสดงสูตรโครงสร้างของเซลลูโลส | 12 |
| รูปที่ 2.12 แสดงสูตรโครงสร้างของลิกนินของไม้เนื้ออ่อน | 12 |
| รูปที่ 2.13 แสดงหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนิน | 12 |
| รูปที่ 2.14 แสดงสูตรโครงสร้างของ TMPTM | 19 |
| รูปที่ 4.1 แสดงค่าความทนแรงดึงของ PE และ PP | 26 |
| รูปที่ 4.2 แสดงค่าความทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PE/PP | 27 |
| รูปที่ 4.3 แสดงค่าการยืดออก ณ จุดขาดของ PE | 28 |
| รูปที่ 4.4 แสดงค่าการยืดออก ณ จุดขาดของ PP | 28 |
| รูปที่ 4.5 แสดงค่าการยืดออก ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PE/PP | 29 |
| รูปที่ 4.6 แสดงค่าความคงรูปร่างของ PE และ PP | 30 |
| รูปที่ 4.7 แสดงค่าความคงรูปร่างของพอลิเมอร์ผสม PE/PP | 30 |
| รูปที่ 4.8 แสดงค่าความแข็งของ PE และ PP | 32 |
| รูปที่ 4.9 แสดงค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสม PE/PP | 32 |
| รูปที่ 4.10 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของ PE และ PP | 34 |
| รูปที่ 4.11 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PE/PP | 34 |
| รูปที่ 4.12 แสดงค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของ PE และ PP | 36 |

| | |
|--|----|
| รูปที่ 4.13 แสดงค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของ PE ใน PE/PP | 36 |
| รูปที่ 4.14 แสดงค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของ PP ใน PE/PP | 37 |
| รูปที่ 4.15 แสดงค่าอุณหภูมิการตกผลึกของ PE และ PP | 38 |
| รูปที่ 4.16 แสดงค่าอุณหภูมิการตกผลึกของ PE ใน PE/PP | 38 |
| รูปที่ 4.17 แสดงค่าอุณหภูมิการตกผลึกของ PP ใน PE/PP | 39 |
| รูปที่ 4.18 แสดงค่าพลังงานความร้อนในการหลอมผลึกของ PE | 40 |
| รูปที่ 4.19 แสดงค่าพลังงานความร้อนในการหลอมผลึกของ PP | 40 |
| รูปที่ 4.20 แสดงค่าพลังงานในการหลอมผลึกของ PE และ PP ใน PE/PP | 41 |
| รูปที่ 4.21 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดก่อนการสลายตัวของ PE และ PP | 42 |
| รูปที่ 4.22 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดก่อนการสลายตัวของพอลิเมอร์ผสม PE/PP | 42 |
| รูปที่ 4.23 แสดงค่าร้อยละการดูดซับน้ำของ PE และ PP | 44 |
| รูปที่ 4.24 แสดงค่าร้อยละการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์ผสม PE/PP | 44 |
| รูปที่ 4.25 แสดงลักษณะพื้นผิวของพอลิเมอร์คอมพอลิิต (1% TMPTM) | 46 |
| รูปที่ 4.26 แสดงลักษณะพื้นผิวของพอลิเมอร์คอมพอลิิต (10% TMPTM) | 46 |
| รูปที่ 5.1 แสดงการยึดเหนี่ยวของขานอ้อยที่ปรับสภาพผิวกับพอลิเมอร์ | 49 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

ในปัจจุบันการกำจัดพลาสติกลายเป็นปัญหาที่สำคัญเนื่องจากมีปริมาณที่มาก ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการกำจัดขยะพลาสติกคือ นำพลาสติกกลับมาใช้อีกครั้ง (recycle) ซึ่งมีหลายวิธี ดังนี้

1. Primary recycling เป็นการนำพลาสติกเสียในโรงงานกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งพลาสติกเสียนี้เราเรียกว่า scrap โดยเป็นพลาสติกที่ได้คุณภาพแต่เกินแม่พิมพ์ออกมา
2. Secondary recycling นำของเสียที่ผ่านการใช้แล้วจากครัวเรือนกลับมาใช้ในรูปแบบใหม่
3. Tertiary recycling เป็นการให้ความร้อนแก่พลาสติกแล้วทำให้พลาสติกสลายตัวทำให้ได้ส่วนเล็กๆหลุดออกมา เช่น แพรกเมนต์ต่างๆ และก๊าซ เป็นต้น
4. Quaternary recycling นำพลาสติกไปเผาในที่ที่จำกัดปริมาณออกซิเจน เรียกว่า incineration เพื่อให้ได้พลังงานออกมาแล้วนำกลับไปใช้

ในโรงงานพิเศษนี้จะนำพลาสติกหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ในแบบ Secondary recycling โดยใช้ขวดน้ำดื่มชนิดขุ่น ซึ่งเป็นพลาสติกประเภท พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง โดยพลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่นั้นจะนำมาผสมกับพลาสติกชนิดอื่นเพื่อปรับปรุงสมบัติของพลาสติกชนิดนั้นให้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามในการประยุกต์บางอย่างไม่สามารถใช้พลาสติกผสมนี้ได้ เพราะมีความแข็งแรงไม่เพียงพอ จึงได้มีการพัฒนาปรับปรุงสมบัติอยู่เสมอ เพื่อให้ได้พลาสติกที่มีคุณภาพดียิ่งขึ้นและต้นทุนการผลิตต่ำ จากการศึกษาพบว่า แนวทางหนึ่งในการปรับปรุงสมบัติของพลาสติก และลดต้นทุนการผลิตคือการทำพอลิเมอร์คอมพอสิต ซึ่งในปัจจุบันนี้พอลิเมอร์คอมพอสิตได้ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น ในงานก่อสร้าง เฟอร์นิเจอร์ เครื่องยนต์ และบรรจุภัณฑ์ทางอุตสาหกรรม

พอลิเอทิลีน (PE) เป็นเทอร์โมพลาสติกที่ได้รับความนิยมมาโดยตลอด เนื่องจากมีราคาต่ำ ง่ายต่อการนำไปขึ้นรูป ความต้านทานไฟฟ้าต่ำ ไม่มีกลิ่น ไม่เป็นพิษ ทนต่อสารเคมี และสภาวะแวดล้อม จึงทำให้มีการนำเอา PE มาใช้งานอย่างแพร่หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผลให้มีขยะ PE เป็นจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้จึงมีความพยายามที่จะนำเอาขยะ PE นี้มาหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ เพื่อกำจัดและลดปริมาณขยะพลาสติกนี้

พอลิพรอพิลีน (PP) เป็นพลาสติกที่ใช้งานได้มากมายไม่ว่าจะเป็นบรรจุภัณฑ์หรืออุปกรณ์ต่างๆรวมถึงงานในด้านการแพทย์ เช่น เข็มฉีดยา และสายนำเกลือ เป็นต้น แต่เนื่องจากพอลิพรอพิลีนนั้นมีสมบัติเชิงความร้อนต่ำ สามารถละลายตัวได้ง่ายทำให้สมบัติต่างๆต่ำลง จึงมีความพยายามทำให้พอลิพรอพิลีนมีเสถียรภาพเพิ่มมากขึ้น โดยนำเอาพอลิเอทิลีนมาทำการผสมในระบบพอลิเมอร์เบลนด์ และเพื่อเป็นการพัฒนาสมบัติของพอลิเมอร์เบลนด์นี้ จึงได้มีผู้ให้ความสนใจศึกษาหาสารเสริมแรงที่เหมาะสมและราคาถูก ซึ่งพบว่าเส้นใยลิกโนเซลลูโลซิกเป็นวัสดุที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก

ชานอ้อย คือเส้นใยที่ได้จากการบีบน้ำอ้อยออกแล้ว ในอดีตได้นำเอาชานอ้อยมาใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ เป็นเชื้อเพลิง ทำปุ๋ย ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ยังคงมีชานอ้อยเหลืออยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดปัญหาในการกำจัด เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จากการศึกษาหาวิธีนำชานอ้อยไปใช้และการศึกษาของค์ประกอบต่างๆในชานอ้อย พบว่าสามารถนำมาใช้เป็นสารตัวเติมในพอลิเมอร์ได้ด้วย การที่จะนำเส้นใยอ้อยมาใช้เป็นสารตัวเติมในพลาสติกได้นั้น อาจต้องมีการปรับปรุงสมบัติพลาสติกหรือเส้นใยทั้งในด้านเสถียรภาพทางความร้อนระหว่างกระบวนการกระจายตัวผสมผสานในพลาสติก และการยึดติดของเส้นใยเซลลูโลสซึ่งเป็นวัฏภาคที่มีขั้วกับพอลิเมอร์ที่ไม่มีขั้ว

ในการปรับปรุงสมบัติของเส้นใย สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สารเชื่อมโยง การฉายรังสี ฯลฯ ซึ่งวิธีการฉายรังสีพลังงานสูง เช่น รังสีแกมมา และรังสีจากลำอิเล็กตรอน จัดเป็นทางเลือกใหม่ที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัดและมีมลพิษต่ำ

โครงการพิเศษนี้ได้ศึกษาการนำชานอ้อยมาใช้เป็นสารตัวเติมในพอลิเมอร์เบลนด์ ซึ่งทำการปรับปรุงสมบัติการยึดติดและการผสมผสานระหว่างสารตัวเติมกับพลาสติก โดยทำการฉายรังสีลงบนเส้นใย ทำให้เส้นใยเกิดการแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระ และเข้าทำปฏิกิริยากับมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ (Multifunctional monomer) ในปริมาณที่แตกต่างกัน จากนั้นจะนำพอลิเมอร์คอมพอลิเมอร์มาทดสอบสมบัติต่างๆ เพื่อหาว่าปริมาณมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์เท่าใดจึงเหมาะสมที่สุดในการนำคอมพอลิเมอร์นี้ไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆต่อไป

1.2 ความเป็นมาของโครงการ

ในช่วงเวลาที่ผ่านมา มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านให้ความสนใจในการศึกษาค้นคว้าการนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ร่วมกับพอลิเมอร์โดยวิธีต่างๆ

Rodney, J. และ Susan, E.¹ ได้ทำการศึกษาสมบัติของเส้นใยแอสเพนที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิว ผลลงในขดมัลติเลเยอร์ของพอลิพรอพิลีนที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ โดยจะตรวจสอบสมบัติเชิงกลของคอมพอลิตพอลิพรอพิลีนนั้นกับคอมพอลิตพอลิพรอพิลีนบริสุทธิ์ พบว่า การจัดเรียงตัวของเส้นใยช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลของคอมพอลิตพอลิพรอพิลีนได้ดีกว่าคอมพอลิตพอลิพรอพิลีนบริสุทธิ์ เนื่องจากการเพิ่มสารยึดติดที่บริเวณพื้นผิว นอกจากนี้ขดมัลติเลเยอร์นี้จะมีความเสถียรทางรูปร่างที่ดีกว่าอีกด้วย โดยปริมาณเส้นใยที่ 30% จะช่วยปรับปรุงให้มีความแข็งแรงถึงสูงสุด และมีเปอร์เซ็นต์การยืดออก ณ จุดขาดต่ำสุด

Maburak และคณะ² ได้เตรียมพลาสติกคอมพอลิตจากปอกระเจาและ Methyl methacrylate (MMA) โดยทำการฉายรังสีแกมมาลงบนปอกระเจาและ MMA ที่ละลายอยู่ในเมทานอลในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ทำให้ MMA ต่อกิ่งอยู่บนเส้นใยปอกระเจา แล้วศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อร้อยละการต่อกิ่ง (%grafting) ของ MMA บนเส้นใยปอกระเจา พบว่า ร้อยละการต่อกิ่งจะสูงสุดเมื่อมีความเข้มข้นของ MMA อยู่ 70% ด้วยอัตราการฉายรังสี 500 krad/h. และปริมาณรังสีทั้งหมด 1000 krad. นอกจากนี้มีการใส่สารเติมแต่งชนิดต่างๆ คือ N-vinyl pyrrolidone (NVP), Urea, Tripropylene glycol diacrylate (TPGDA) และ Trimethylol propane triacrylate (TMPTA) ลงไปเพียง 1% ทำให้ร้อยละการต่อกิ่งเพิ่มขึ้นตามลำดับ และเมื่อร้อยละการต่อกิ่งมากกว่า 17% ทำให้ค่าความแข็งแรงดึงและการยืดออก ณ จุดขาดน้อยกว่าเส้นใยปอกระเจาที่ไม่ได้ต่อกิ่ง

จากโครงการพิเศษในหัวข้อเรื่อง “วัสดุคอมพอลิตจากพอลิพรอพิลีนและเส้นใยอ้อย” ในปีการศึกษา 2540³ ได้ทำการศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์คอมพอลิต ซึ่งใช้เส้นใยอ้อยเป็นสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีน โดยเส้นใยอ้อยจะถูกปรับสภาพผิวเพื่อปรับปรุงสมบัติการกระจายตัวและการยึดติดในพอลิเมอร์ด้วยวิธีการใช้ อีโพลีนแว็กซ์ (Epolene wax) 10% การฉายรังสี 10 kGy และการใช้ TMPTA 10% เป็นมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ พบว่าคอมพอลิตที่มีเส้นใยอ้อยปริมาณ 10% โดยน้ำหนักทั้งที่ปรับและไม่ปรับสภาพผิวนั้น มีแนวโน้มที่จะมีสมบัติในด้านต่างๆดีกว่าพอลิพรอพิลีน กล่าวคือ พอลิเมอร์คอมพอลิตสามารถทนทานต่อแรงดึง แรงกระแทก การขีดถู และความร้อนได้ดีขึ้น

1.3 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการใช้รังสีแกมมาช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการต่อกิ่ง
2. ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณของมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ที่มีต่อสมบัติของคอมพอลิตที่ได้
3. ศึกษาผลของชานอ้อยและมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ที่มีต่อสมบัติของพอลิเอทิลีนและพอลิพรอพิลีน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมพอลิตจากพอลิเมอร์เบลนด์ (HDPE/PP) โดยมีชานอ้อยเป็นสารตัวเติม การปรับสภาพผิวเส้นใยทำการฉายรังสี 10 kGy ตามด้วยการต่อกิ่งโดยใช้ TMPTM ในปริมาณต่างๆ กัน ลงบนเส้นใยปริมาณ 10% โดยน้ำหนักของคอมพอลิต เพื่อหาบทบาทของมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์และปริมาณของ TMPTM ที่เหมาะสมที่สุดซึ่งให้สมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์คอมพอลิตดีขึ้น และศึกษาผลของชานอ้อยและมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ปริมาณที่เหมาะสมและมีผลต่อสมบัติของพอลิเอทิลีนและพอลิพรอพิลีน

1.5 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงาน

1. เตรียมพอลิเมอร์
 - พอลิเอทิลีน เตรียมจากขวดน้ำชุ่น
 - พอลิพรอพิลีน ใช้เม็ดพลาสติกจากโรงงาน
 - พอลิเมอร์เบลนด์ ทำการผสม HDPE ที่ได้กับ PP โดยใช้เครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยว
2. นำชานอ้อยมาทำการปรับสภาพผิว
3. ทำการผสมพอลิเมอร์เบลนด์กับชานอ้อยด้วยเครื่องผสมแห้งแล้วตามด้วยเครื่องอัดรีดเกลียวหนอนเดี่ยว
4. นำพอลิเมอร์คอมพอลิตที่ได้ไปบดตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยเครื่องบดตัดเม็ดพลาสติก
5. นำพอลิเมอร์คอมพอลิตไปขึ้นรูปเป็นดัมเบลล์และ Izod ด้วยเครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก
6. ทดสอบสมบัติเชิงกล และสมบัติทางความร้อน

6. ทดสอบสมบัติเชิงกล และสมบัติทางความร้อน

7. สรุปผลการวิจัยเพื่อนำไปใช้งาน

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงประสิทธิภาพของมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ เช่น TMPTM และรังสีในการช่วยปรับสภาพผิวเส้นใยในการปรับปรุงสมบัติการยึดติดกับพอลิเมอร์เบลนด์

2. ทราบถึงปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์คอมพอลิไตต์

3. ทราบถึงผลของชานอ้อยและมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ที่มีต่อพอลิเอทิลีนและพอลิพรอพิลีน

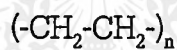


บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พอลิเอทิลีน (Polyethylene)

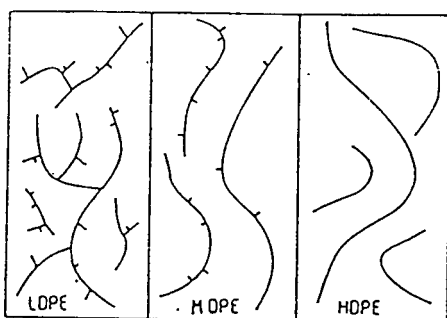
พอลิเอทิลีนเป็นพอลิเมอร์พวกเทอร์โมพลาสติกซึ่งสามารถหลอมแล้วนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจน มอนอเมอร์ของเอทิลีน ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$) มีน้ำหนักโมเลกุล 28 พอลิเมอร์เกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบรวมตัว (addition polymerization) ได้พอลิเอทิลีนเป็นอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนโซ่ยาวมีโครงสร้าง ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิเอทิลีน⁴

พอลิเอทิลีนสามารถผลิตได้จากวิธีใช้ความดันสูง กระบวนการซีเกลอร์ กระบวนการฟิลลิปป์ และกระบวนการ standard oil พอลิเอทิลีนที่ได้จากการผลิตต่างวิธีกันจะมีสมบัติต่างกันด้วย เช่น การผลิตโดยใช้ความดันสูงจะได้พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) มีอุณหภูมิหลอมเหลว (Melting Temperature , T_m) เท่ากับ 108°C การผลิตโดยใช้ความดันต่ำจะได้พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) ซึ่งมีอุณหภูมิหลอมเหลวเท่ากับ 130°C ส่วนพอลิเอทิลีนที่ได้จากกระบวนการฟิลลิปป์และกระบวนการ standard oil จะมีอุณหภูมิหลอมเหลวเท่ากับ 133°C โดยสามารถแบ่งประเภทของพอลิเอทิลีนได้ 3 ประเภท (รูปที่ 2.2) ดังนี้

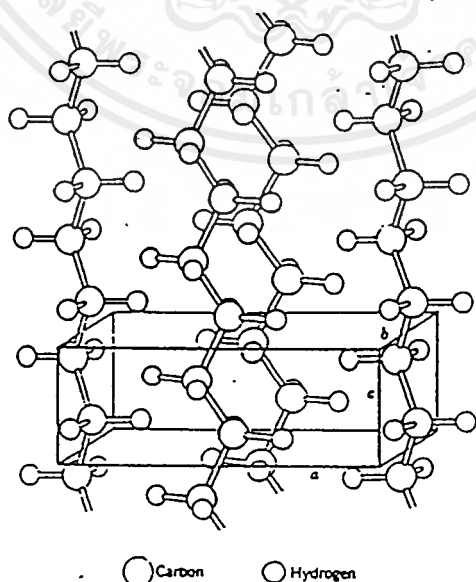
1. LDPE (Low-Density Polyethylene)
2. MDPE (Medium-Density Polyethylene)
3. HDPE (High-Density Polyethylene)



รูป 2.2 แสดงลักษณะโครงสร้างของพอลิเอทิลีนประเภทต่างๆ⁴

ปกติความแข็งแรงของพอลิเอทิลีนมาจากส่วนที่เป็นผลึก ความยืดหยุ่นและการยืดตัวมาจากส่วนที่เป็นอสัณฐาน ซึ่งจะพบทั้งส่วนที่เป็นผลึกและส่วนที่เป็นอสัณฐานอยู่ร่วมกัน ค่า T_g จะมีผลทางกายภาพน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่า T_m ซึ่ง T_m ของพอลิเอทิลีนมีค่าประมาณ 108 ถึง 130 °C โดยค่า T_m ต่ำอาจเนื่องมาจากโครงสร้างของ back bone ที่ยืดหยุ่นและความแข็งแรงระหว่างโมเลกุลที่ต่ำ

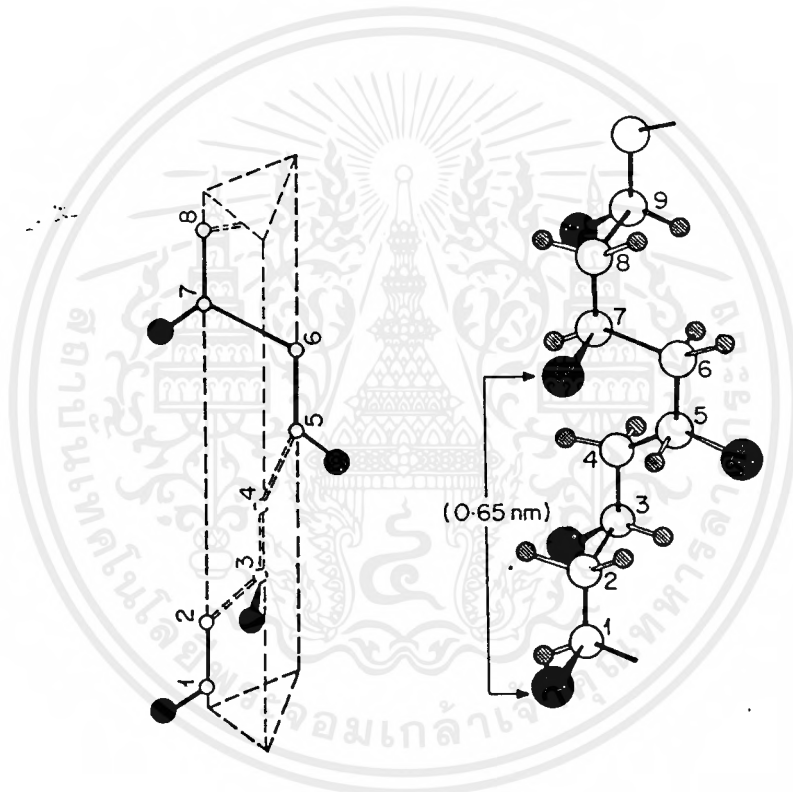
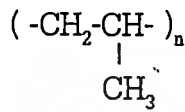
พอลิเอทิลีนมีรูปร่างโมเลกุลเป็น planar zigzag ทำให้มีการจัดเรียงตัวของโซ่โมเลกุลได้ดี เกิดส่วนที่เป็นระเบียบมากและอัดแน่น โดยส่วนที่เป็นผลึกของพอลิเอทิลีนนี้อธิบายได้โดยใช้ unit cell ซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดที่มีการจัดเรียงตัวต่อกันอย่างมีระเบียบใน 3 มิติ และสามารถจัดแสดงโครงสร้างหลักได้ โดยที่ unit cell ในพอลิเอทิลีนเป็นแบบ orthorhombic unit cell มี $a = 0.74 \text{ nm}$, $b = 0.49 \text{ nm}$, $c = 0.25 \text{ nm}$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ดังรูปที่ 2.3 พอลิเมอร์ต่างชนิดกันจะมีหน่วยเซลล์ต่างกันทำให้มีความสามารถในการละลาย อุณหภูมิในการหลอมและสมบัติเชิงกลแตกต่างกัน



รูป 2.3 แสดงลักษณะของหน่วยเซลล์ของพอลิเอทิลีน⁴

2.2 พอลิพรอพิลีน (Polypropylene)

พอลิพรอพิลีนเป็นพอลิเมอร์พวกเทอร์โมพลาสติก มีน้ำหนักเบา มีจุดหลอมเหลวปานกลาง ใช้ผลิตท่อ แผ่นพลาสติก ภาชนะเป่าขึ้นรูป และเส้นใย ซึ่งโครงสร้างทางเคมีโดยทั่วไปของพอลิพรอพิลีนจะมีหมู่เมทิล (methyl group) เกาะบนโซ่โมเลกุลหลัก (main chain) ดังรูปที่ 2.4

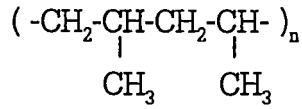


รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิพรอพิลีน³

พอลิพรอพิลีนสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการเกาะของหมู่เมทิลบนโซ่โมเลกุลหลัก ได้แก่

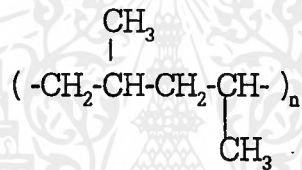
1. ไอโซแทคติกพอลิพรอพิลีน (Isotactic polypropylene) โครงสร้างแบบนี้มีลักษณะการเกาะของหมู่เมทิลด้านเดียวกันบนโซ่โมเลกุลหลัก ลักษณะเช่นนี้โครงสร้างโมเลกุลมีความเป็นระเบียบสูง ส่งผลให้มีการตกผลึกดีที่สุด สังเคราะห์ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ heterogeneous

ของ Titanium (III) chloride กับตัวเร่งร่วมสารประกอบ organoaluminium เช่น diethylaluminium chloride โดยโครงสร้างของไอโซแทคติกพอลิพรอพิลีนแสดงดังรูป 2.5



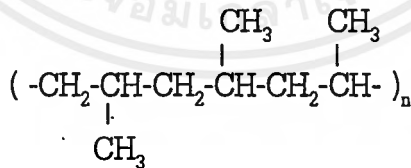
รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของไอโซแทคติกพอลิพรอพิลีน³

2. ซินดีโอแทคติกพอลิพรอพิลีน (Syndiotactic polypropylene) โครงสร้างแบบนี้มีลักษณะการเกาะของหมู่เมทิลสลับกันบนโซ่พอลิเมอร์หลักอย่างเป็นระเบียบ ลักษณะเช่นนี้ทำให้โครงสร้างมีความเป็นระเบียบลดลง ซึ่งจะส่งผลให้การตกผลึกลดลงด้วย สังเคราะห์ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแบบ homogenous Ziegler-Natta โดยโครงสร้างของซินดีโอแทคติกพอลิพรอพิลีนแสดงดังรูป 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของซินดีโอแทคติกพอลิพรอพิลีน³

3. อะแทคติกพอลิพรอพิลีน (Atactic polypropylene) โครงสร้างแบบนี้มีลักษณะการเกาะของหมู่เมทิลบนโซ่พอลิเมอร์หลักอย่างไม่เป็นระเบียบ ลักษณะเช่นนี้ทำให้มีการตกผลึกน้อยที่สุด สังเคราะห์จากการดิวอิส และสารประกอบ organometallic โดยโครงสร้างของอะแทคติกพอลิพรอพิลีนแสดงในรูป 2.7



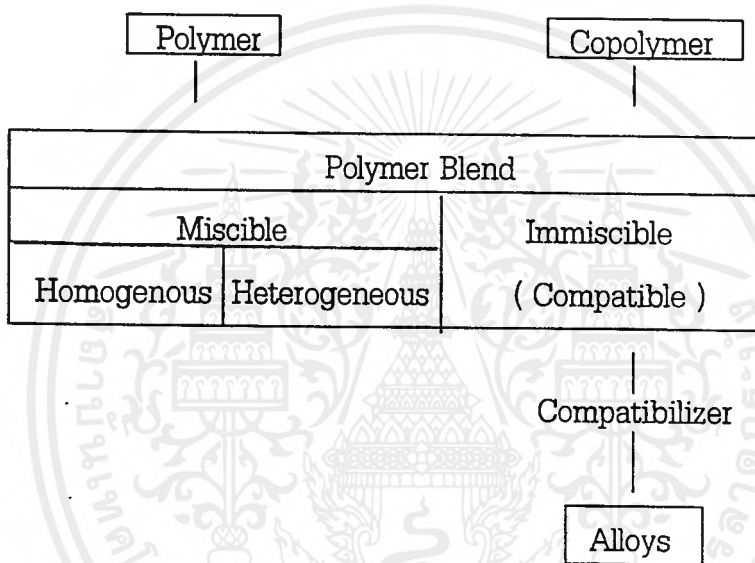
รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของอะแทคติกพอลิพรอพิลีน³

สมบัติการละลายได้ของพอลิพรอพิลีนคล้ายคลึงกับพอลิเอทิลีน กล่าวคือ ไม่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายใดๆ ณ อุณหภูมิห้อง แต่จะละลายได้ในตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนและตัวทำละลายคลอรีเนเตดไฮโดรคาร์บอนที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 °C พอลิพรอพิลีนทนกรด เบส และเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมีทั่วไป

2.3 พอลิเมอร์ผสม (Polymer Blend)

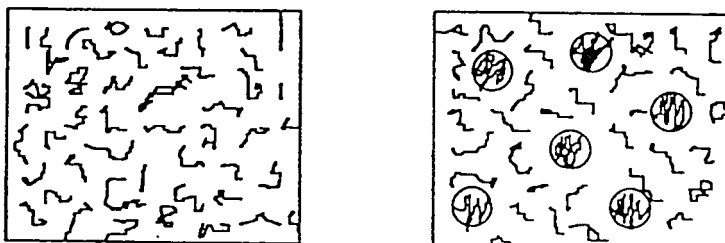
พอลิเมอร์ผสม คือ วัสดุพอลิเมอร์ที่มีสมบัติชนิดใหม่ เกิดจากการอยู่ร่วมกันของพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน โดยไม่มีพันธะโควาเลนต์เกิดขึ้นระหว่างกัน พอลิเมอร์ผสมที่สามารถเข้ากันได้สนิทเป็นเนื้อเดียวกันเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า “ Polymer alloys “ แต่บางชนิดก็ไม่สามารถรวมกันเป็นเนื้อเดียวกันได้ ซึ่งจะปรากฏเป็นพอลิเมอร์ที่มีหลายวัฏภาคให้เห็น

พอลิเบลนด์และอัลลอยด์เกิดจากการนำเอาพอลิเมอร์ หรือพอลิเมอร์รวมมาผสมกัน ซึ่งสามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงแผนภาพพอลิเมอร์ผสม⁵

โดยทั่วไป พอลิเมอร์ผสมจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ พอลิเมอร์ผสมที่สามารถรวมเข้ากันเป็นเนื้อเดียว (Miscible blend) และพอลิเมอร์ผสมที่ไม่สามารถรวมกันเป็นเนื้อเดียวกันได้ (Immiscible blend) ซึ่งจะปรากฏให้เห็นเป็นระบบที่มีหลายวัฏภาค ดังแสดงในรูปที่ 2.9



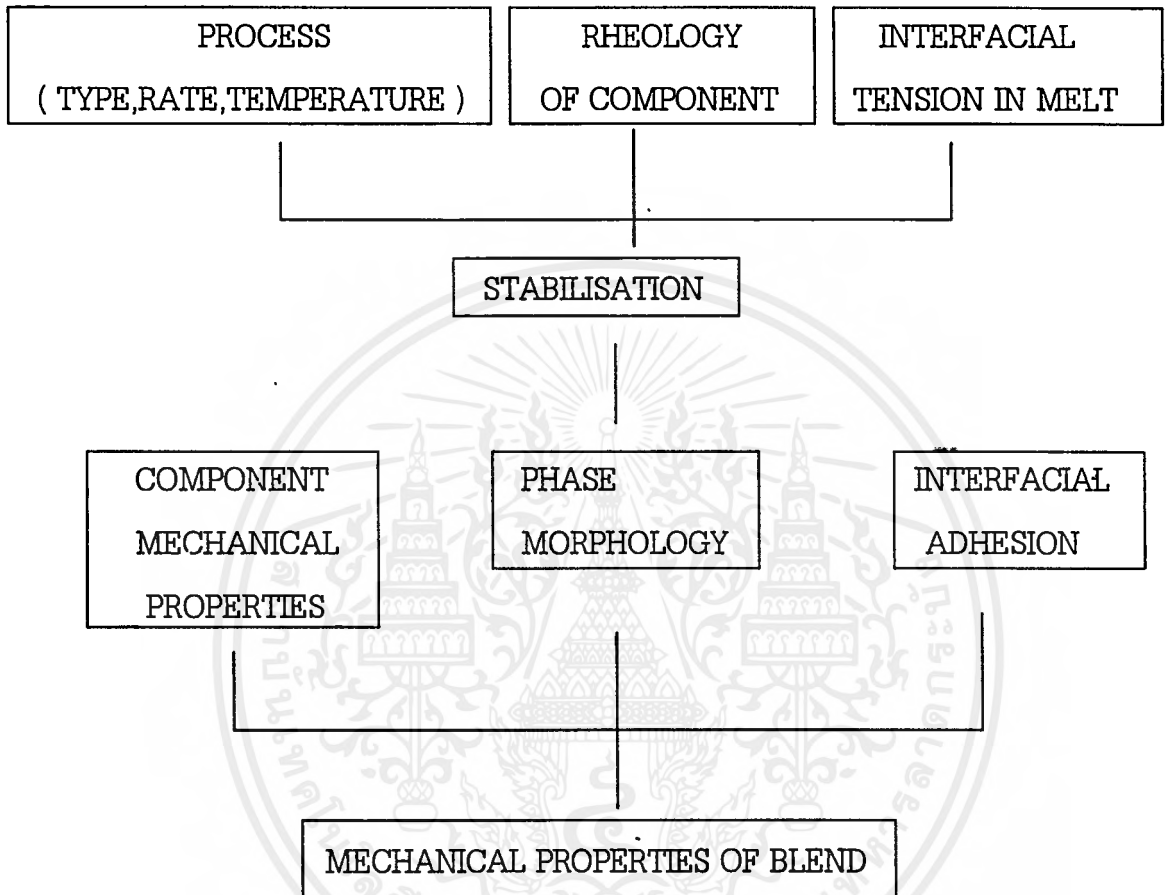
(a) Miscible

(b) Immiscible

รูปที่ 2.9 แสดงสัญญาณวิทยาที่เป็นไปได้ของพอลิเมอร์ผสม⁶

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติของพอลิเมอร์ผสมที่ได้นี้จะแตกต่างไปจากสมบัติของพอลิเมอร์หลักที่นำมาผสมกัน โดยปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ผสมที่เตรียมได้ แสดงได้ดังรูปที่ 2.10



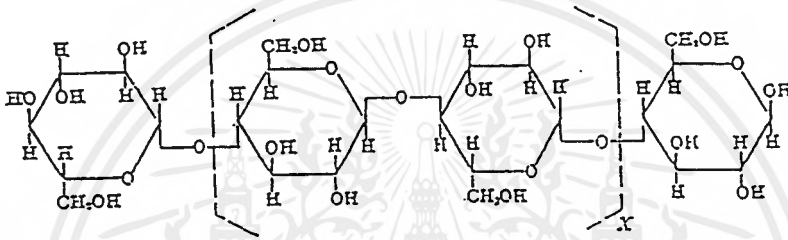
รูป 2.10 แสดงปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ผสม⁶

วัตถุประสงค์ของการผสมพอลิเมอร์ผสม

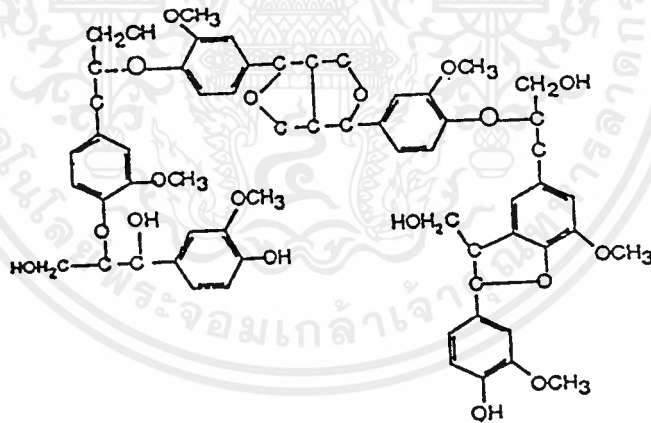
1. เพื่อปรับปรุงให้พอลิเมอร์มีสมบัติที่ดีขึ้น และมีราคาที่ไม่แพง โดยสมบัติที่ต้องการปรับปรุง ได้แก่ สมบัติในการต้านทานแรงกระแทก (impact resistance) และการทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ (weather resistance) เป็นต้น
2. เป็นการขยายขีดความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์ของพอลิเมอร์ที่มีราคาแพง
3. เป็นการนำพลาสติกที่ใช้แล้ว หรือเศษพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ให้เป็นประโยชน์
4. เพื่อสร้างวัสดุที่มีเอกลักษณ์พิเศษ เหมาะสมที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

2.4 ชานอ้อย (Bagasse)

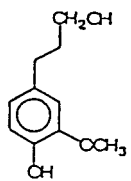
ชานอ้อยเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากเกษตรกรรมโดยการบดต้นอ้อยในลูกกลิ้ง เพื่อให้ได้น้ำตาลอ้อย ชานอ้อยมีหลายสี แต่โดยทั่วไปจะเป็นสีเหลืองเทาหมองๆจนถึงสีเหลืองซีด ซึ่งจัดเป็นสารประกอบประเภทลิกโนเซลลูโลส (สารที่ประกอบด้วยลิกนิน และเซลลูโลส) นอกจากนี้ชานอ้อยมีลักษณะเป็นเส้นใยเคาะกะไม่เป็นระเบียบ และมีมากมายหลายขนาดขึ้นกับการบด ส่วนประกอบทั่วไปโดยประมาณ คือ ความชื้น 49% ของแข็งที่ละลายได้ 6% ของแข็งที่ละลายไม่ได้ หรือเส้นใยที่ยังไม่ผ่านกระบวนการ 45% (รูปที่ 2.11 - 2.13)



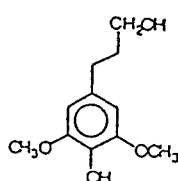
รูปที่ 2.11 แสดงสูตรโครงสร้างของเซลลูโลส⁷



รูปที่ 2.12 แสดงสูตรโครงสร้างของลิกนินของไม้เนื้ออ่อน⁸



Guaiacyl unit



Syringyl unit

รูปที่ 2.13 แสดงหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนิน⁸

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น มิใช่ผู้จัดทำให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 สมบัติทางกายภาพ⁹

ชานอ้อยประกอบด้วยสองส่วนที่แยกกันอย่างเห็นได้ชัดคือ ส่วนแรกเป็นชั้นผนังหนา และค่อนข้างยาวซึ่งเป็นส่วนของเส้นใยที่ได้จากเปลือกนอก และมัดของท่อลำเลียงที่กระจายอยู่ภายในลำต้น ส่วนที่สองเป็นส่วนที่มีความสำคัญ ที่ได้จากเซลล์ที่มีผนังบางของพาเร็นไคมา (Parenchyma) ของลำต้นซึ่งทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำตาลอ้อย

เส้นใยอ้อยมีลักษณะคล้ายเส้นใยของฝ้าย และขนสัตว์ คือมีลักษณะโครงสร้างขดเป็นวง มีความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 1.0-4.0 mm และกว้าง 0.010-0.04 mm ลักษณะของเส้นใยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของชานอ้อย

2.4.2 การนำมาใช้

ชานอ้อยเป็นวัสดุที่สามารถถูกย่อยสลายได้ ดังนั้นจึงมีการใช้เทคนิคพิเศษในการพัฒนาการเก็บรักษาชานอ้อย วิธีที่ใช้กันโดยทั่วไป คือการไล่ความชื้นออกไปประมาณ 50% ของความชื้นที่มีอยู่ และเก็บไว้ที่กลางแจ้งที่อากาศถ่ายเทสะดวก ในด้านการเกษตรชานอ้อยถูกใช้เป็นปุ๋ยคลุมดิน แต่อย่างไรก็ตามยังคงเหลือปริมาณชานอ้อยมาก จึงได้มีการพัฒนาชานอ้อยเพื่อใช้ในลักษณะอื่น โดยชานอ้อยที่ถูกบดจะใช้เป็นสารตัวเติมในลักษณะเป็นเศษไม้ และผลิตเป็นกระดาษ เป็นต้น

การผสมเส้นใยช่วยเพิ่มสมบัติด้านต่างๆให้กับพอลิเมอร์เมทริก (Polymer matrix) ดังนี้

- ความแข็งตึงและความทนแรงตึง
- ความแข็งเหนียว
- ความเสถียรทางรูปร่าง
- ความล้า
- ความทนทานต่อสภาพแวดล้อม

2.5 พอลิเมอร์คอมพอลิิต (Polymer composites)

พอลิเมอร์คอมพอลิิต คือ วัสดุที่ประกอบด้วยวัสดุตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปแยกเป็นคนละวิภาคอย่างชัดเจน โดยในส่วนประกอบของพอลิเมอร์คอมพอลิิตนั้นจะต้องมีอย่างน้อยหนึ่งส่วนเป็นพอลิเมอร์ เรียกว่า เมทริกซ์ และอีกส่วนเป็นวัสดุอื่น เช่น แก้ว เส้นใย คาร์บอน ฯลฯ ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นาไปเซปรีเยชันดานการค้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจมีลักษณะเป็นเส้นใย ผงละเอียด แผ่น เรียกว่า Disperse phase โดยมีวัตถุประสงค์ทั่วไปคือ เพื่อปรับปรุงความแข็งแรง ความยืดหยุ่น ความเหนียว ความเสถียรในรูปร่าง และลดต้นทุนสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์คอมพอลิตขึ้นกับปริมาณสารตัวเติม รูปร่างของวัสดุ และพื้นผิวสัมผัส การจัดเรียงตัวของภูมิภาคที่เป็นแอนไอโซโทรปิก (Anisotropic phase) ให้อยู่ในทิศทางที่เหมาะสมและแน่นอนนั้นเป็นสิ่งสำคัญ และวัสดุที่มีความเป็นแอนไอโซโทรปิกมากจะยิ่งส่งผลกระทบต่อสมบัติของคอมพอลิตมากด้วย สารเสริมแรงประเภทเส้นใยและเป็นเกล็ดจะส่งผลกระทบต่อคอมพอลิตมากกว่าสารเสริมแรงที่เป็นทรงกลม กล่าวคือ ทรงกลมจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับรูปร่างของช่องว่างภายในคอมพอลิต ที่สามารถลดการผ่านแรงในการเคลื่อนไหวยิ่งผ่านไปยังอนุภาคที่เป็นแอนไอโซโทรปิกได้

สำหรับคอมพอลิตระหว่างพอลิเมอร์กับไม้ได้มีการศึกษาพบว่า ไม้ที่ผ่านกระบวนการโดยวิธีเชิงกลจะยังคงมีลิกนิน และไซทอรรมาติที่เหลืออยู่ ทำให้ช่วยในการกระจายตัวภายในพอลิเมอร์ที่ไม่มีขั้ว แต่ในขณะเดียวกันไม้ที่ประกอบด้วยลิกนินและสารประกอบอื่นๆอาจจะไม่ลดการเกิดพอลิเมอร์และกระบวนการต่อกิ่งโดยวิธีฉายรังสี เนื่องจากสารประกอบเหล่านี้จะเป็นตัวจับอนุมูลอิสระ ดังนั้นไม้ที่ประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักจะส่งผลดีสำหรับการต่อกิ่งโดยวิธีการฉายรังสี

2.6 การปรับสภาพผิวเส้นใย (Surface modification)

การปรับสภาพผิวของเส้นใยสามารถทำได้ตามขั้นตอนดังนี้

1. การฉายรังสี
2. เติม Trimethyl propane trimethacrylate (TMPTM)

2.6.1 การฉายรังสี

การแผ่รังสี หมายถึง การนำพาพลังงานทั้งในรูปของคลื่นและอนุภาค ตัวที่นำพาพลังงานในรูปของคลื่นเราเรียกว่า โฟตอน ในการแผ่พลังงานนี้โฟตอนจะประพาดิตัวเป็นลักษณะคล้ายคลื่นเมื่อมันเคลื่อนไหวยิ่ง และจะประพาดิตัวคล้ายอนุภาคเมื่อถูกดูดกลืน หรือปลดปล่อยโดยอะตอมหรือโมเลกุล

การแผ่รังสีสามารถเกิดได้จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ โดยการเร่งหรือจากไอโซโทปของธาตุที่แผ่รังสีที่เกิดในธรรมชาติ หรือไอโซโทปที่เกิดจากการสังเคราะห์ แต่แหล่งของการควบคุมการแผ่รังสี คือ ไอโซโทปที่เกิดจากการสังเคราะห์ที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์

รังสีแกมมาเป็นรังสีคลื่นสั้นๆ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่สูงมาก แต่ไม่มีประจุไฟฟ้าของรังสีแกมมาสามารถทะลุทะลวงแม่ในสสารที่มีความหนาแน่นมากที่สุด ซึ่งถ้าต้องการที่จะหยุดการทะลุทะลวงของรังสีแกมมานั้นต้องใช้คอนกรีตที่มีความหนามากกว่า 1 เมตร

พลังงานของแกมมาโฟตอนนั้น จะถูกดูดกลืนได้ใน 3 ทาง คือ

1. พลังงานอาจสูญหาย หรือถูกเคลื่อนย้ายไปยังอิเล็กตรอนที่เข้าชน และบังคับให้อิเล็กตรอนออกนอกวงโคจร
2. แกมมาโฟตอนอาจเบี่ยงเบนเข้าในวงโคจรของอิเล็กตรอน โดยใช้พลังงานเพียงบางส่วน ในขณะที่พลังงานส่วนที่เหลือจะยังคงเคลื่อนที่ต่อไปในทิศทางอื่น
3. แกมมาโฟตอนจะถูกกลบล้าง เมื่อผ่านเข้าใกล้สนามไฟฟ้าความเข้มสูงของนิวเคลียสหนึ่งๆ

วิธีสุดท้ายของการสูญเสียพลังงานรังสีแกมมานี้คือ รังสีแกมมาจะถูกสนามไฟฟ้าความเข้มสูงของนิวเคลียสสะท้อน ทำให้แกมมาโฟตอนแตกออกเป็นสองอนุภาคที่มีประจุตรงข้ามกัน คือ อิเล็กตรอน และโพสิตรอน ซึ่งโพสิตรอนนี้จะสูญเสียพลังงานอย่างรวดเร็วโดยการชนกับอิเล็กตรอนในวงโคจร ทำให้เกิดไอออน และเกิดการกระตุ้นในสสาร

สามารถแบ่งรังสีได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1. รังสีที่ทำให้เกิดไอออน

ธาตุ Cobalt-60, Strontium-90, และ Cesium-137 เป็นธาตุกัมมันตรังสีที่ผลิตรังสีที่ทำให้เกิดไอออน ถูกนำมาใช้เนื่องจากสามารถหาได้ง่าย มีครึ่งชีวิตที่ยาว และมีราคาที่เหมาะสม ส่วนแหล่งอื่นๆของการแผ่รังสีที่เป็นไอออนที่ถูกนำมาใช้ คือ Uranium slugs จากกากของเสียในปฏิกิริยาฟิวชัน

รังสีแกมมาซึ่งได้จาก Co-60 มีอำนาจทะลุทะลวงสูง แต่ก็ไม่ใช่แหล่งที่สำคัญของรังสีที่ทำให้เกิดไอออน เนื่องจากมีหลายๆเหตุผล กล่าวคือ เป็นรังสีที่เคลื่อนที่ช้า และต้องการเวลาหลายชั่วโมงสำหรับปฏิบัติงาน ควบคุมการเกิดไอโซโทปยาก ไม่สามารถควบคุมการปลดปล่อยรังสีได้ ต้องการผู้ทำงานที่มีประสบการณ์ และได้รับการฝึกฝนอย่างดี

ตัวเร่งให้เกิดลำของอิเล็กตรอนนั้น เป็นแหล่งที่ทำให้เกิดไอออนชนิดแรก สำหรับกระบวนการแผ่รังสี สามารถนำพลังงานนี้มาใช้กับพอลิเมอร์ได้โดยตรง

2. รังสีที่ไม่ทำให้เกิดไอออน

ตัวเร่งให้เกิดอิเล็กตรอน ตัวอย่าง เช่น Van de graff generator, Cyclotrons ฯลฯ อิเล็กตรอนจากเครื่องมือต่างๆเหล่านั้น มีอำนาจทะลุทะลวงน้อยกว่าการแผ่รังสีจากธาตุกัมมันตรังสี อย่างไรก็ตาม แหล่งนี้สามารถถูกควบคุมได้ง่ายและสามารถหยุดได้เมื่อไม่ต้องการใช้ รังสีอิเล็กตรอนนี้สามารถทะลุทะลวงได้เพียง 2-3 มม. ในพลาสติก แต่สามารถแผ่ไปยังผลิตภัณฑ์ในอัตราที่เร็วมาก ตัวอย่างของรังสีประเภทนี้ คือ รังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีอินฟราเรด และคลื่นไมโครเวฟ

2.6.1.1 ข้อดีของการฉายรังสี

1. สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าในกระบวนการทางเคมีปกติ
2. สามารถทะลุทะลวงได้อย่างดี ถึงแม้ว่ารังสีแกมมาจาก Cobalt-60 สามารถทะลุทะลวงได้มากถึง 12 นิ้ว (300 mm) แต่จะเคลื่อนที่ในอัตราที่ช้าและใช้เวลานาน ขณะที่รังสีอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ในอัตราที่รวดเร็วกว่า แต่สามารถทะลุทะลวงได้ในความหนาเพียง 0.36 นิ้ว (10 mm) ด้วยเหตุนี้ผลิตภัณฑ์จากการฉายรังสี 90% จึงถูกผลิตโดยการใช้แหล่งอิเล็กตรอนพลังงานสูง
3. มอนอเมอร์สามารถเกิดพอลิเมอร์ได้โดยปราศจากตัวเร่งปฏิกิริยา และส่วนประกอบอื่นๆที่อาจก่อให้เกิดสิ่งเจือปนในพอลิเมอร์
4. การฉายรังสีทำให้เกิดปฏิกิริยาที่มีผลกระทบเล็กน้อยต่อการมีรงควัตถุ สารตัวเติม Antioxidant และส่วนประกอบอื่นๆในเรซินหรือพอลิเมอร์
5. การเชื่อมโยงและการต่อกิ่งอาจใช้กับส่วนที่ขึ้นรูปมาก่อน เช่น ฟิล์ม เป็นต้น และการเคลือบในรูปแบบของมอนอเมอร์ หรืออาจนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการฉายรังสีได้ ซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาในการใช้สารละลาย
6. เป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดจากการผสม และการเก็บสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการ

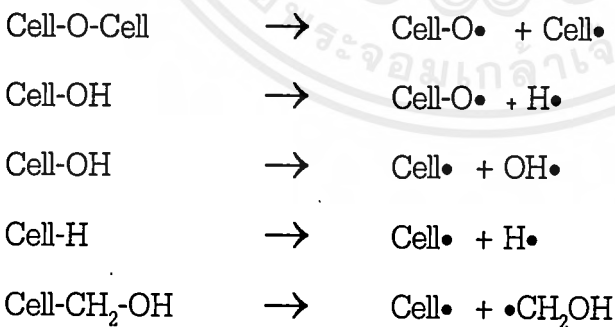
2.6.1.2 ข้อเสียของการฉายรังสี

1. ในการติดตั้งเครื่องฉายรังสีแกมมามีราคาแพง
2. ต้องการการดูแลรักษาและบุคลากรผู้ชำนาญงาน โดยเฉพาะในรังสีที่ทำให้เกิดไอออน
3. มีศักยภาพในการเกิดอันตรายสูง เนื่องจากเป็นรังสีที่ทำให้เกิดไอออนและเป็นธาตุกัมมันตรังสี

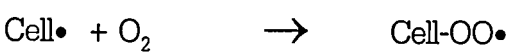
2.6.1.3. การประยุกต์ใช้รังสีกับวัสดุคอมพอลิตจากไม้

การต่อกิ่งและการเกิดไฮโปพอลิเมอร์ของมอนอเมอร์หลายชนิดบนกระดาษและเส้นใยนั้น เป็นการปรับปรุงสมบัติในด้านความใหญ่ ความยืดหยุ่น ความทนต่อการกด และค่าความแข็งแรงดึง ซึ่งการฉายรังสีลงบนสิ่งทอที่เป็นเซลลูโลสนั้นสามารถช่วยในการพัฒนาความทนต่อแรงอัดของเส้นใยได้ การเลือกมอนอเมอร์ที่เหมาะสมในการต่อกิ่งลงบนโพรพอลิยูรีเทน เส้นใยธรรมชาติ และสิ่งทอที่เป็นพลาสติกนั้น สามารถปรับปรุงสมบัติการทนทานต่อสภาพอากาศ และการเกิดพันธะกับโลหะ การย้อม และการพิมพ์ การใช้รังสีในปริมาณน้อย เพื่อทำลายผิวของพลาสติกจะเป็นการปรับปรุงการยึดติดที่ผิวของหมึกพิมพ์

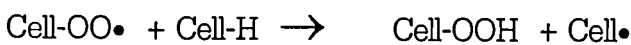
การจุ่มไม้ กระดาษ คอนกรีต และคอมพอลิต ลงในมอนอเมอร์ สามารถเพิ่มความแข็งแรง ความแข็งแรงดึง และเสถียรภาพของรูปร่างได้หลังจากการฉายรังสี เมื่อทำการฉายรังสีลงบนเส้นใยเซลลูโลส อาจเกิดปฏิกิริยาดังนี้



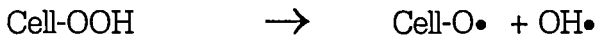
ถ้ามีอากาศจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อไปคือ



ซึ่งทำให้เกิดการออกซิเดชันต่อไปคือ



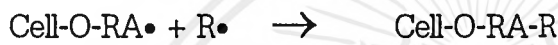
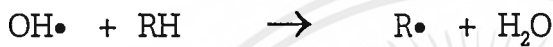
Hydroperoxide ที่เกิดขึ้น (Cell-OOH) จะเกิดการแตกตัวที่อุณหภูมิของ Extrusion ($\approx 150-200 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ให้ออนุมูลอิสระ ดังสมการ



ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ Reactive additive (RA) หรือ Multifunctional monomer ดังสมการ



ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์ต่อไป



เทคนิคที่ใช้แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

1. Preirradiation procedure (Trapped radicals)
2. Peroxidation process
3. Simultaneous method

1. Preirradiation procedure จะฉายรังสีวัสดุก่อนในสุญญากาศ หรือก๊าซเฉื่อย เพื่อให้เกิดอนุมูลอิสระที่เสถียรพอที่จะทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ที่อุณหภูมิห้อง ข้อดีของวิธีนี้คือ เกิดไฮโมพอลิเมอร์น้อย

2. Peroxidation process วิธีนี้วัสดุถูกฉายรังสีในอากาศหรือในออกซิเจน ทำให้เกิด Peroxide และ Hydroperoxide แล้วควบคุมและรักษาให้อยู่ในสภาพนี้ เพื่อทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ที่ละลายอยู่ในตัวทำละลาย หรือไม่ใช่ตัวทำละลาย โดยทำปฏิกิริยาขณะมีออกซิเจนหรือทำปฏิกิริยาในสุญญากาศ แล้วค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิที่ละลายน้อยเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการต่อกิ่ง ข้อดีของวิธีนี้คือ สามารถเก็บ Intermediate ของ Peroxypolymer ไว้ได้นานก่อนนำไปทำการต่อกิ่ง

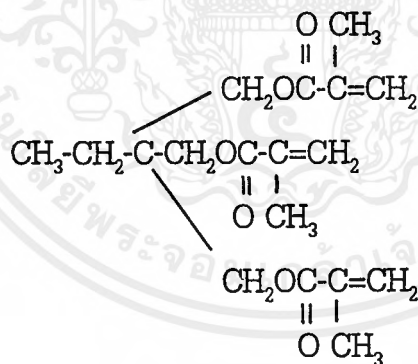
3. Simultaneous method วิธีนี้วัสดุถูกฉายรังสีพร้อมกับสัมผัสโดยตรงกับมอนอเมอร์ ซึ่งอยู่ในสภาพไอ ของเหลว หรือสารละลายโดยขบวนการต่อกิ่ง เกิดผ่านกลไกของอนุมูลอิสระ การต่อกิ่งโดยวิธีนี้ พบว่าเกิดเป็นไฮโมพอลิเมอร์มาก ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยง

เสียงได้ แต่มีการค้นพบว่าการเติมสไตรีนมอนอเมอร์ ลงไปจะเป็นการลดการเกิดไฮโมพอลิเมอร์ได้

ข้อดีของวิธีนี้คือวัสดุและมอนอเมอร์ถูกฉายรังสีไปพร้อมๆกัน นั่นคือ ทำให้เกิด active sites ของทั้ง 2 ส่วน สำหรับ 2 วิธีแรกนั้นจะเกิดการแตกพันธะซึ่งก่อให้เกิด radical sites ที่วัสดุขึ้นก่อนแล้วจึงตามด้วยการเติมมอนอเมอร์เพื่อต่อกิ่ง

2.6.2 เติม Trimethyl propane trimethacrylate (TMPTM)

เป็นสารประเภท Multifunctional trimethacrylate มีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่งก้านสาขา เป็นสารที่ส่งเสริม และเร่งการเกิดพอลิเมอร์ นอกจากนี้เป็นตัวเชื่อมโยงสายโซ่พอลิเมอร์กับเซลล์โกลด์ได้ในหลายๆตำแหน่ง ซึ่งกลไกการเชื่อมโยงของ TMPTM กับมอนอเมอร์ในการฉายรังสีจะเป็นการต่อกิ่งของโซ่สาขาที่เป็นหมู่ฟังก์ชันหนึ่งของ TMPTM และจะสร้างพันธะกับพอลิเมอร์โดยการยึดตรึงไว้ ต่อมาจะเกิดการแผ่ขยายของโซ่ในส่วนปลายด้านอื่นที่ไม่มีอิมัลชัน ซึ่งเป็นอิสระในการริเริ่มสายโซ่ใหม่โดยผ่าน Scavenging reaction และทำให้เกิดการเชื่อมโยงและเกิดพอลิเมอร์ที่เป็นโซ่สาขามากขึ้น สูตรโครงสร้างของ TMPTM มีดังนี้



รูปที่ 2.14 แสดงสูตรโครงสร้างของ TMPTM

บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินงาน

3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้

1. ขวดน้ำขุ่น HDPE
2. เม็ดพลาสติกพอลิพรอพิลีน : บริษัท TPI LOT NO. 9606064,2300K
3. ชานอ้อย : โรงงานผลิตกระดาษ
4. Trimethyl propane trimethylacrylate (TMPTM) : Merck
5. Acetone : Merck

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องผสม single screw extruder
2. เครื่องผสมแห้ง (high speed mixer)
3. เครื่องตัดชิ้นงาน CEAST 6052
4. เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยคอมพิวเตอร์ และโปรแกรม WINDAP :
LLOYD INSTRUMENTS LTD.
5. เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อน (Differential scanning calorimeter,DSC) :
Shimadzu Co.,LTD.
6. เครื่องทดสอบสมบัติทางความร้อน (Thermogravimetric analyzer,TGA)
รุ่น TGA51
7. เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล (Impact resistance) : Yazuda 199311
8. เครื่องทดสอบความแข็ง (Hardness tester) : SOCIETA PER AZIONI
รุ่น alsfaar
9. เครื่องฉายรังสีแกมมา (Gamma cell 220) : สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
10. เครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติก (Injection molding machine) “ Cosmo “ รุ่น
TTI 220/80 : บริษัท ประทานเจริญ จำกัด

11. เครื่องสแกนนิ่งอิเล็กตรอนไมโครสโคป (Scanning electron microscope, SEM)
รุ่น JSM -6400 SCANING MICROSCOPE : ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
12. เครื่องชั่ง
13. ไมโครมิเตอร์
14. เวอร์เนีย

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียม HDPE

1. นำขวดน้ำชุ่นมาตัดฉลากออก
2. ล้างด้วยน้ำที่มีสารซักล้าง แล้วตามด้วยน้ำสะอาดอีกรอบ
3. นำไปตากให้แห้ง
4. เข้าเครื่องบดตัดพลาสติก

3.3.2 การเตรียมพอลิเมอร์เบลนด์

1. ชั่ง HDPE และ PP มาตรฐานละ 500 กรัม
2. นำ HDPE และ PP ที่ได้มาผสมกันแล้วนำเข้าเครื่อง Single screw extruder โดยใช้สภาวะ ดังนี้
 - อุณหภูมิที่ใช้ในการผสม 140, 150, 160, และ 170 องศาเซลเซียส
 - ความเร็วรอบในการผสม 60 รอบ/นาที
3. นำพลาสติกที่ผ่านการผสมแล้วเข้าเครื่องบดตัดพลาสติก

3.3.3 การเตรียมเส้นใยอ้อย

1. แยกฝู่นอกจากเส้นใยอ้อยที่ผ่านเครื่องบดรีดเอาน้ำอ้อยออกแล้ว
2. นำเส้นใยอ้อยที่ได้ไปล้างให้สะอาด
3. นำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 1 วัน

3.3.4 การปรับสภาพผิวของเส้นใยด้วยการฉายรังสีและใช้สารเชื่อมโยง

1. นำเส้นใยอ้อยที่รื้อน้ำหนักแน่นอนไปทำการฉายรังสีแกมมาที่ความเข้ม 10 kGy ในอากาศ

2. ทำการละลาย TMPTM ปริมาณ 1% 3% 5% และ 10% ของน้ำหนักเส้นใยอ้อยด้วย acetone 100 ml
3. พ่นสารละลาย TMPTM ที่ได้ลงบนเส้นใยอ้อย 100 กรัม ที่ฉายรังสีแล้ว

3.3.5 การเตรียมพอลิเมอร์คอมพอลสิต

ในทุกสูตรมีขั้นตอนการผสมและขึ้นรูปดังนี้

1. ทำการผสมพลาสติกและขึ้นรูปขึ้นงานตัวอย่างโดยนำพอลิเอทิลีน พอลิพรอพิลีนและพอลิเมลนด์ของพอลิเอทิลีนกับพอลิพรอพิลีนผสมเส้นใยอ้อยในสูตรต่างๆดังตารางที่ 1 ใช้เครื่อง High speed mixer ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที

ตารางที่ 1 ตารางแสดงสูตรผสมพลาสติกที่ใช้ในการศึกษา

| สูตร | PE (g) | PP (g) | Fiber (g) | TMPTM (%ของน้ำหนักเส้นใย) |
|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------------------|
| PE | 1000 | - | - | - |
| PE/F | 1000 | - | 100 | - |
| PE/IF/M1% | 1000 | - | 100 | 1 |
| PP | - | 1000 | - | - |
| PP/M1% | - | 1000 | - | - |
| PP/F | - | 1000 | 100 | - |
| PP/IF/M1% | - | 1000 | 100 | 1 |
| PE/PP | 500 | 500 | - | - |
| PE/PP/F | 500 | 500 | 100 | - |
| PIF/M1% | 500 | 500 | 100 | 1 |
| PIF/M3% | 500 | 500 | 100 | 3 |
| PIF/M5% | 500 | 500 | 100 | 5 |
| PIF/M10% | 500 | 500 | 100 | 10 |

| | | |
|----------|-------|--|
| หมายเหตุ | PE | พอลิเอทิลีน |
| | PP | พอลิพรอพิลีน |
| | PE/PP | พอลิเอทิลีนผสมพอลิพรอพิลีน |
| | F | ชานอ้อยที่ไม่ฉายรังสี |
| | IF | ชานอ้อยที่ฉายรังสี |
| | M | TMP/TM |
| | PIF | พอลิเอทิลีนผสมพอลิพรอพิลีนผสมกับชานอ้อยที่ฉายรังสี |

2. นำพลาสติกที่ผสมจากเครื่อง High speed mixer มาทำการผสมในเครื่องผสม Single screw extruder โดยสภาวะที่ใช้มีดังนี้

- อุณหภูมิที่ใช้ในการผสมเป็น 140, 150, 160 และ 170 °C
- ความเร็วรอบในการผสม 60 รอบ/นาที

3. นำพลาสติกที่ผ่านการผสมแล้วไปเข้าเครื่องบดตัดพลาสติก

4. นำเม็ดพลาสติกที่ผ่านการบดตัดแล้วมาเข้าเครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติกในแม่พิมพ์รูป ดัมเบลล์และ Izod โดยสภาวะที่ใช้แสดงในภาคผนวก ก.

3.4 การทดสอบ

3.4.1 สมบัติเชิงกล

1. สมบัติที่ทำการศึกษได้แก่ ความแข็งแรงดึง ร้อยละการยืด ณ จุดขาด และ มอดุลัส โดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล และโปรแกรม WINDAP ในการคำนวณ ตามมาตรฐาน ASTM D 638¹⁰ เตรียมชิ้นงานโดยการฉีดขึ้นรูป ใช้ชิ้นงานจำนวน 8 ชิ้น และสภาวะที่ใช้ในการทดลองคือ

| | |
|--------------|----------------------|
| Load speed | 30 kN |
| Test speed | 25 mm/min |
| Grammage | 1.0 g/m ² |
| Cell class | 0.5 |
| Guage length | 70 mm |

2. ความทนทานต่อแรงกระแทก (Impact resistance)

ทำการทดสอบด้วยเครื่อง Yazuda 199311 ตาม ASTM D 256¹¹ Method A (Izod type) เตรียมชิ้นงานโดยวิธีฉีดขึ้นรูป ใช้ชิ้นงานจำนวน 8 ชิ้น คำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

3. ค่าความแข็ง (Hardness)

ทำการทดสอบด้วยเครื่อง Hardness Tester ของ SOCIETA PER AZIONI รุ่น alsfaar ตาม ASTM D 2240¹² Procedure A วัดโดยใช้ Shore D ลักษณะพื้นผิวของวัสดุที่นำมาทดสอบต้องเรียบ มีความหนาไม่ต่ำกว่า 6 mm โดยทำการทดสอบ 3 ครั้งต่อหนึ่งตัวอย่าง

4. สมบัติในการดูดซับน้ำ (Water absorption)

นำชิ้นงานตัวอย่างละ 4 ชิ้นมาชั่งน้ำหนักโดยละเอียด แล้วนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 5 วัน โดยในแต่ละวันจะต้องทำการชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาเดียวกัน และนำมาคำนวณหา % absorption จากสูตร

$$\% \text{ absorption} = \left(\frac{\text{น้ำหนักหลังจากแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ}} \right) \times 100$$

3.4.2 สมบัติทางความร้อน

1. Differential scanning calorimeter (DSC)

ชั่งพลาสติกใส่ pan จำนวน 5-10 mg ให้ทราบปริมาณสารที่แน่นอน แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC โดยใช้อัตราการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่อนาที อุณหภูมิสูงสุด 200 °C ศึกษาอุณหภูมิตกผลึก (T_c) อุณหภูมิหลอมเหลว (T_m) และพื้นที่ใต้กราฟ การคำนวณหา Heat of crystallization (ΔH_c) และ Heat of melting (ΔH_m) ต่อน้ำหนักสารตัวอย่างดังนี้

$$\Delta H = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟ (mJ)}}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่าง (mg)}}$$

2. Thermogravimetric analysis (TGA)

ซึ่งตัวอย่างพอลิเมอร์ใส่ pan จำนวน 20-30 mg ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง TGA โดยใช้อัตราการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่อนาที อุณหภูมิสูงสุด 700 องศาเซลเซียส จากกราฟที่ได้หาค่าอุณหภูมิ T on set

3.4.3 สัณฐานวิทยา (Morphology)

ศึกษาโดยใช้เครื่องสแกนิงอิเล็กตรอนไมโครสโคป รุ่น JSM-6400 ศึกษาจากภาพตัดขวางและลักษณะพื้นผิวของพอลิเมอร์ที่เกิดจากการแตกหักด้วยการกระแทก เตรียมตัวอย่างโดยนำพอลิเมอร์ที่ได้จากการแตกหักมาเคลือบด้วยทองคำ



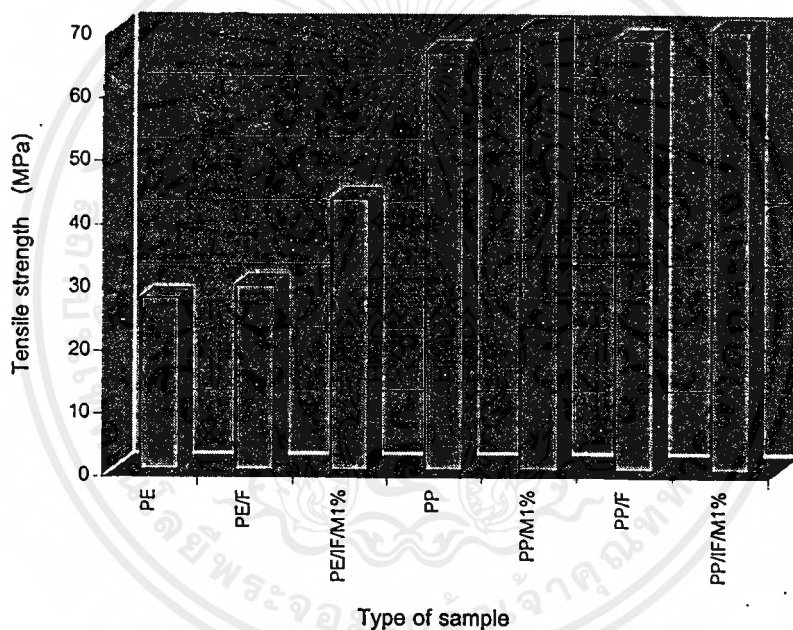
บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

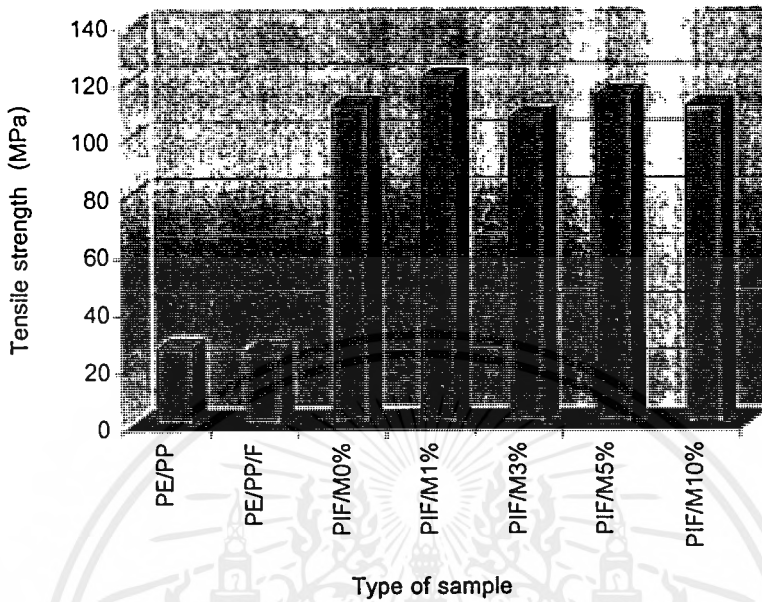
4.1 การศึกษาสมบัติเชิงกล

4.1.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งแรงดึงที่จุดขาด

ค่าความแข็งแรงดึงที่จุดขาด แสดงถึงความแข็งแรงของวัสดุที่สามารถทนทานต่อการได้รับแรงก่อนที่จะเกิดการแตกหัก จากงานวิจัยที่ได้ทำการทดสอบสมบัติภายหลังจากการเติมชานอ้อยและชานอ้อยที่ปรับสภาพผิวโดยผลการวิจัยแสดงไว้ในภาคผนวก ข. ตารางที่ 2



รูปที่ 4.1 แสดงค่าความทนแรงดึงของ PE และ PP

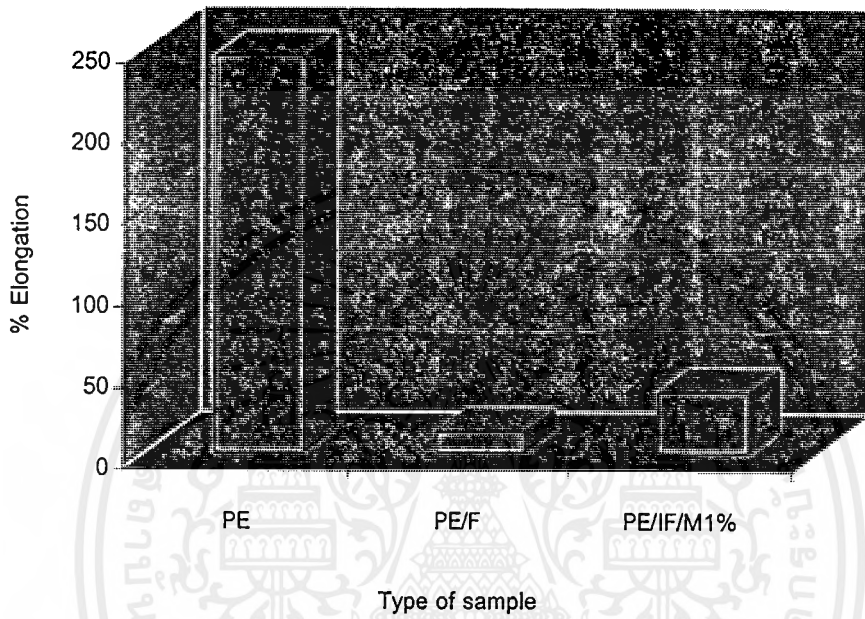


รูปที่ 4.2 แสดงค่าทนแรงดึงของพอลิเมอร์ผสม PE/PP

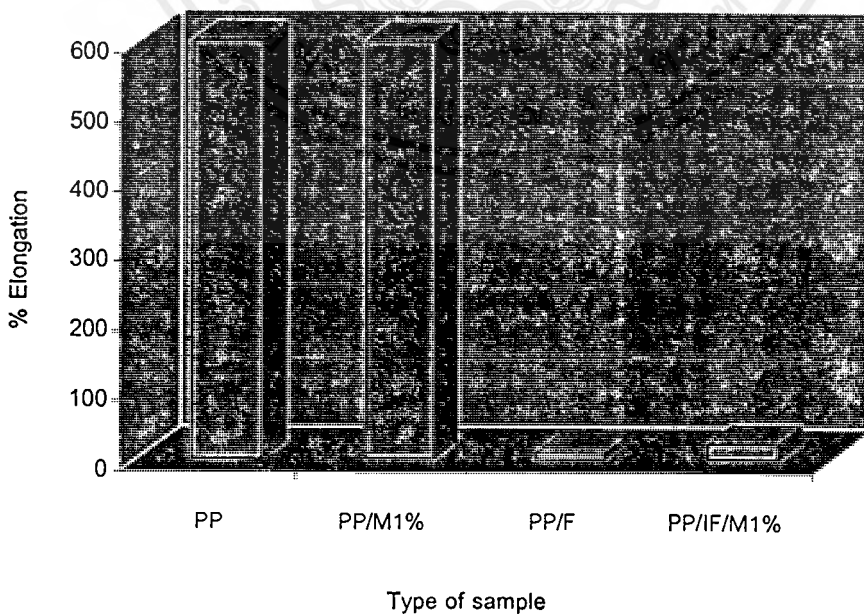
จากรูปที่ 4.1-4.2 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าความทนแรงดึงของตัวอย่างที่ไม่เติมและเติมชานอ้อยลงไปในพอลิเมอร์ ค่าความทนแรงดึงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเติมชานอ้อยที่ฉายรังสีลงไปค่าทนแรงดึงที่ได้จะสูงขึ้นมากกว่า PE/PP เนื่องจาก ชานอ้อยที่ฉายรังสีจะมีอนุภาคอิสระที่สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับ PE/PP ได้จึงเกิดแรงยึดกันมากขึ้น และเมื่อเติม TMPTM ลงไปพร้อมกับชานอ้อยที่ฉายรังสีพบว่า ที่ 1% ของ TMPTM จะมีค่าทนแรงดึงสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากตัว TMPTM มีพันธะคู่อยู่ 3 แชนซึ่งสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์และชานอ้อยได้ ดังนั้นจึงทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างพอลิเมอร์กับชานอ้อยด้วยพันธะเคมี และเมื่อเติม TMPTM มากกว่านี้ค่าที่ได้จะลดลงเล็กน้อยและใกล้เคียงกับที่ไม่ได้เติม TMPTM

4.1.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าร้อยละการยืดออก ณ จุดขาด

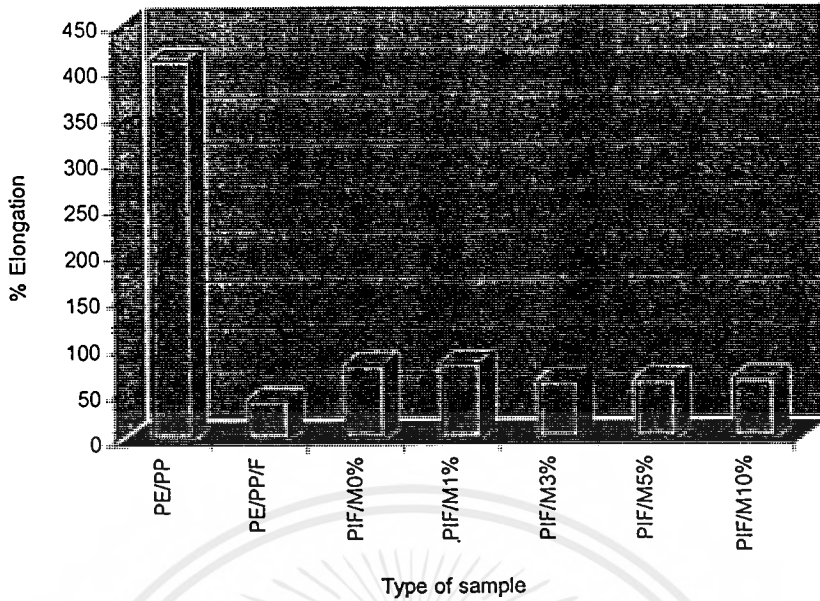
ค่าร้อยละการยืดออก ณ จุดขาดเป็นสมบัติเชิงกลที่แสดงถึง ความสามารถในการยืดก่อนที่จะเกิดการขาดอย่างถาวร ความยาวของสายโซ่โมเลกุลเป็นปัจจัยที่บ่งบอกสมบัติดังกล่าว ผลการวิจัยได้แสดงไว้ดังภาคผนวก ข. ตารางที่ 2



รูปที่ 4.3 แสดงค่าการยืดออก ณ จุดขาดของ PE



รูปที่ 4.4 แสดงค่าการยืดออก ณ จุดขาดของ PP

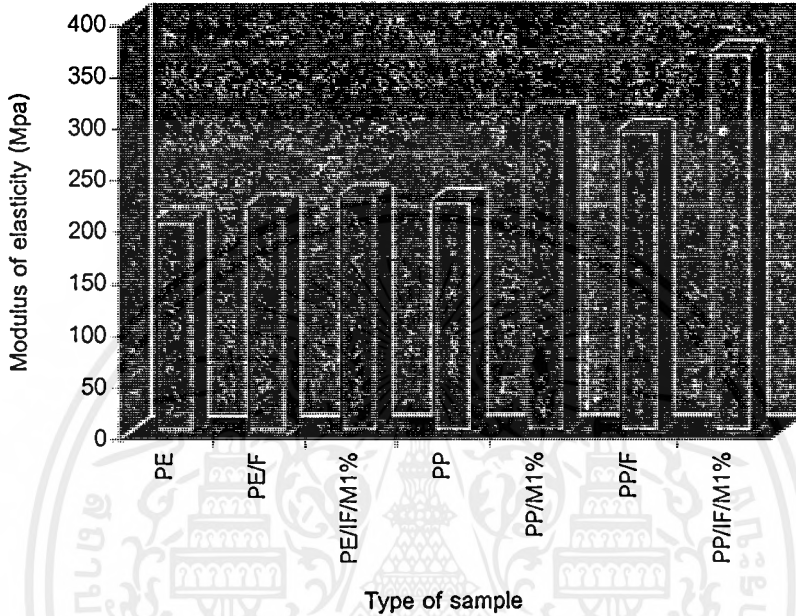


รูปที่ 4.5 แสดงค่าการยืดออก ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ผสม PE/PP

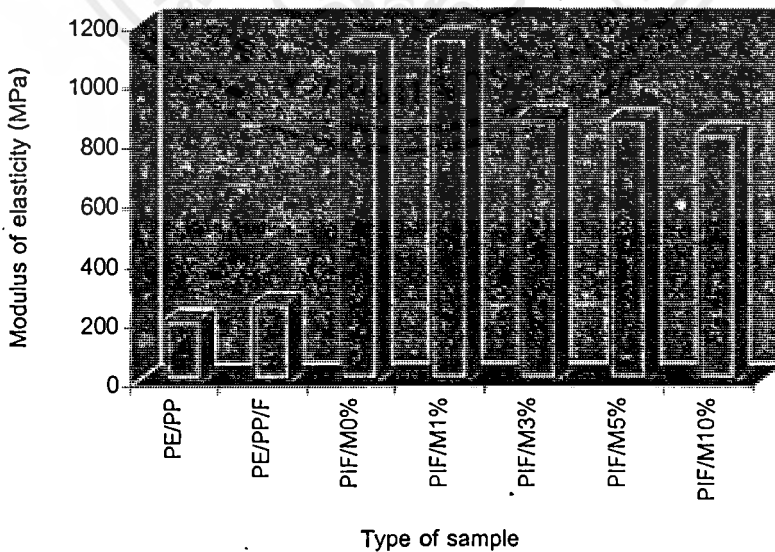
จากรูปที่ 4.3-4.5 พบว่า ชานอ้อยจะมีผลทำให้ค่าการยืดออก ณ จุดขาดของพอลิเมอร์ลดลง แต่เมื่อใส่ชานอ้อยที่ฉายรังสีจะทำให้ค่าการยืดออก ณ จุดขาดสูงกว่าใส่ชานอ้อยที่ไม่ฉายรังสี เพราะ ชานอ้อยที่ฉายรังสีสามารถเกิดการเชื่อมโยงกับ PE/PP ได้ ทำให้เกิดการยืดมากขึ้น และเมื่อเติม TMPTM ลงไป พบว่า ที่ 1% มีค่าสูงสุดและลดลงเล็กน้อยตามปริมาณ TMPTM ที่เพิ่มขึ้น คาดว่า เมื่อเติม TMPTM ลงไปก่อให้เกิดพันธะเชื่อมโยงโครงร่างแหระหว่างพอลิเมอร์กับชานอ้อย ถ้ามีพันธะเชื่อมโยงเหมาะสมจะช่วยในการยืด แต่ถ้าพันธะเชื่อมโยงมากเกินไปทำให้การยืดลดลง อย่างไรก็ตามยังให้ความยาว ณ จุดขาดสูงกว่าเติมชานอ้อยไม่ฉายรังสี

4.1.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าความคงรูปร่าง

ค่าความคงรูปร่างเป็นสมบัติเชิงกลของวัสดุที่แสดงถึง ความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อได้รับแรง ผลการวิจัยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข. ตารางที่ 2



รูปที่ 4.6 แสดงค่าความคงรูปร่างของ PE และ PP



รูปที่ 4.7 แสดงค่าความคงรูปร่างของพอลิเมอร์ผสม PE/PP

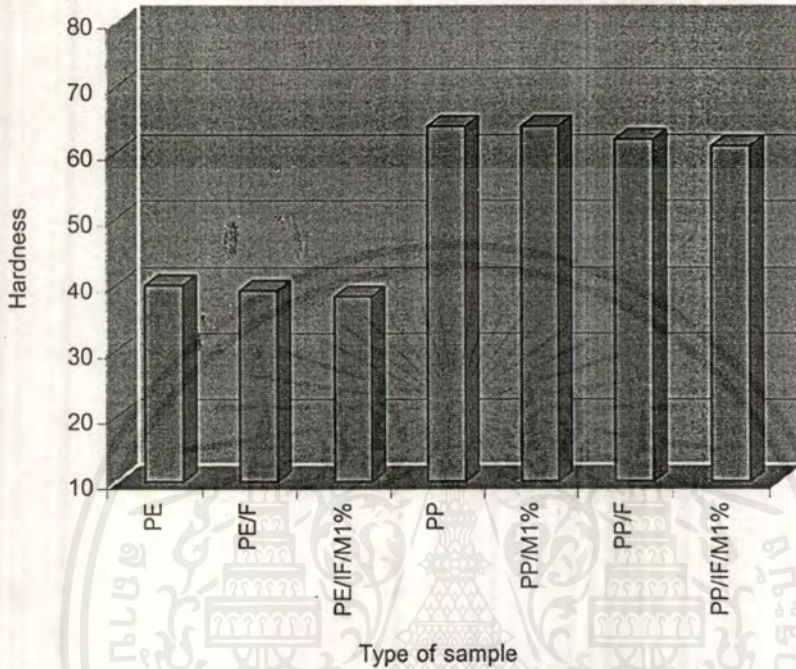
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6-4.7 พบว่า ซานอ้อยทำให้ความสามารถในการคงรูปร่างของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น โดยถ้าใช้ซานอ้อยที่ฉายรังสีจะทำให้ค่ามอดุลัสสูงขึ้นมาก แสดงว่าการใส่ซานอ้อยจะเป็นการเพิ่มความแข็งตึง (stiffness) ให้กับพอลิเมอร์ จึงทำให้ค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นแต่เมื่อเติม TMPTM ลงไปพร้อมกับซานอ้อยที่ฉายรังสี พบว่า ที่ 1% TMPTM จะมีค่ามอดุลัสสูงที่สุด แต่เมื่อปริมาณ TMPTM มากขึ้น ค่ามอดุลัสที่ได้จะต่ำลง แสดงว่า ปริมาณ TMPTM 1% เหมาะสมในการทำให้พอลิเมอร์คงรูปได้ดีที่สุด

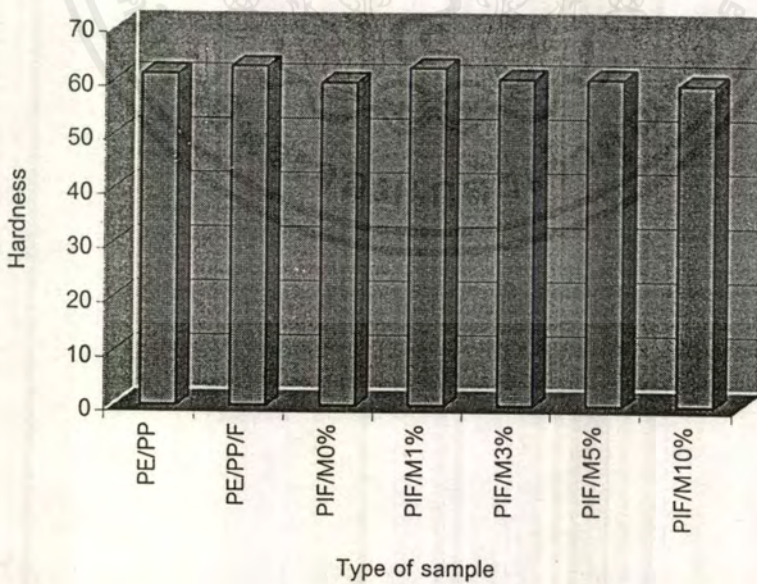


4.1.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งที่พื้นผิว

ค่าความแข็งที่พื้นผิวเป็นสมบัติเชิงกลที่แสดงถึง ความแข็งที่ผิวชั้นงานของวัสดุ ผลการวิจัยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข. ตารางที่ 3



รูปที่ 4.8 แสดงค่าความแข็งของ PE และ PP



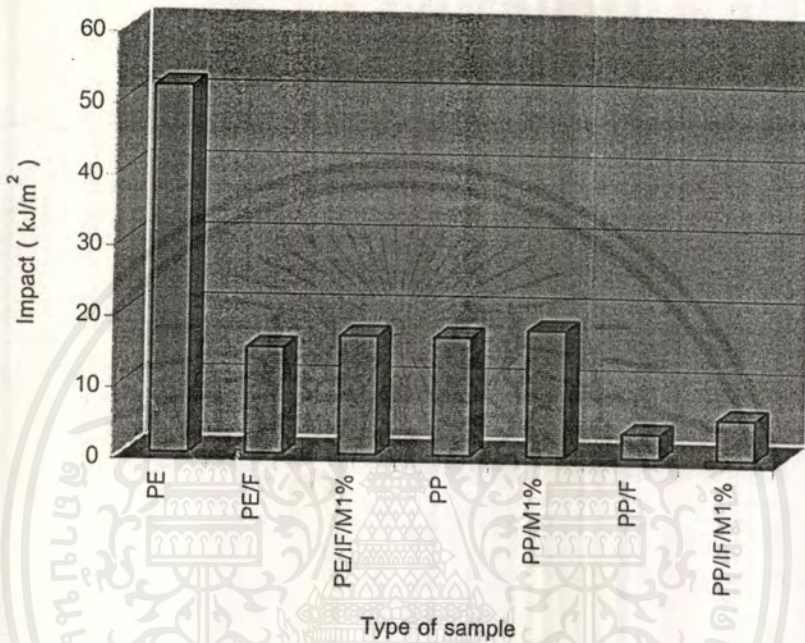
รูปที่ 4.9 แสดงค่าความแข็งของพอลิเมอร์ผสม PE/PP

จากรูปที่ 4.8-4.9 พบว่า ค่าความแข็งที่ได้ของแต่ละสูตรมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าชานอ้อยที่ไม่ฉายรังสี ชานอ้อยที่ฉายรังสี และชานอ้อยที่ฉายรังสีกับ TMPTM ไม่มีผลต่ออัตราการตกผลึกของพอลิเมอร์

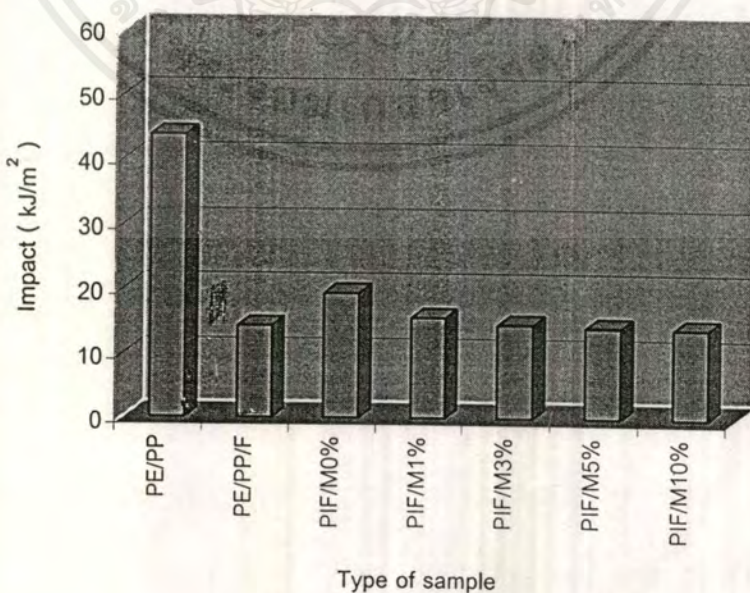


4.1.5 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าความทนแรงกระแทก

ค่าความทนแรงกระแทกเป็นสมบัติเชิงกลที่แสดงถึง ความสามารถในการรับแรงกระแทกโดยฉับพลัน ซึ่งชิ้นงานที่นำมาทดสอบจะมีลักษณะเป็น Izod ผลการวิจัยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข. ตารางที่ 3



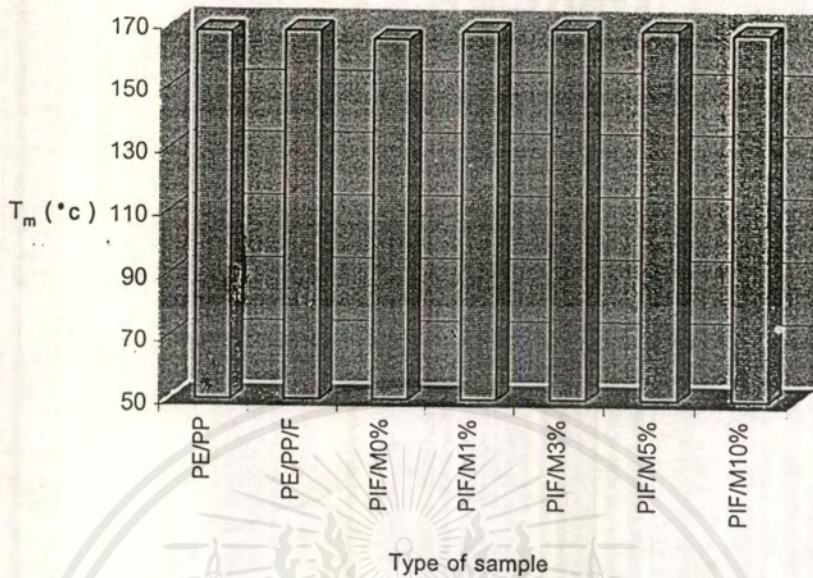
รูปที่ 4.10 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของ PE และ PP



รูปที่ 4.11 แสดงค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ผสม PE/PP

จากรูปที่ 4.10-4.11 พบว่า เมื่อเติมซานอ้อยลงไปจะส่งผลให้ค่าความทนทานต่อแรงกระแทกของพอลิเมอร์ลดลง แสดงว่า ซานอ้อยไม่สามารถรับและกระจายแรงให้พอลิเมอร์ได้ดีเท่าที่ควร และยังเพิ่มความแข็งให้กับพอลิเมอร์ผสม แต่เมื่อใช้ซานอ้อยที่ฉายรังสีค่าความทนทานต่อแรงกระแทกจะสูงขึ้น เพราะซานอ้อยที่ฉายรังสีสามารถเกิดการเชื่อมโยงกับพอลิเมอร์ได้มากกว่าทำให้เกิดการกระจายแรงได้เพิ่มขึ้น และเมื่อเติม TMPTM ลงไปด้วยพบว่า ความทนทานต่อแรงกระแทกลดลงเล็กน้อยตามปริมาณ TMPTM ที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากพันธะเชื่อมโยงโครงร่างแหที่เกิดขึ้นระหว่างพอลิเมอร์ TMPTM และซานอ้อยมีมากจึงทำให้พอลิเมอร์แข็งขึ้น





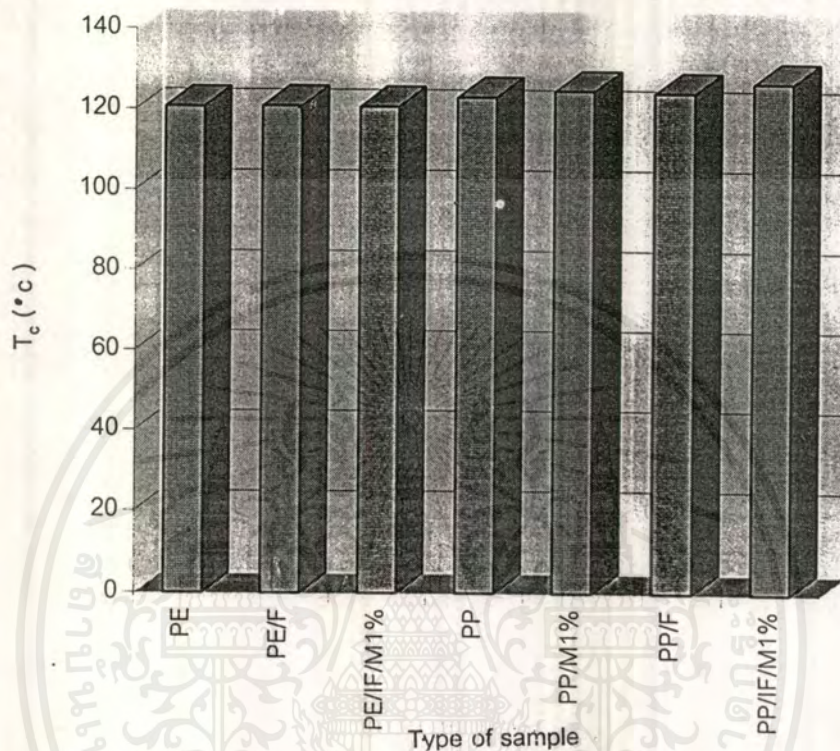
รูปที่ 4.14 แสดงค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของ PP ใน PE/PP

จากรูปที่ 4.12-4.14 พบว่า ซานอ้อยที่ไม่ฉายรังสีจะไม่มีผลต่ออุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิเมอร์ ส่วนซานอ้อยที่ฉายรังสีและซานอ้อยที่ฉายรังสี/TMPTM มีผลทำให้ค่า T_m ของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในทุกสูตร ทั้งนี้เพราะมีพันธะเชื่อมโยงระหว่างพอลิเมอร์กับซานอ้อยด้วย TMPTM เกิดขึ้น

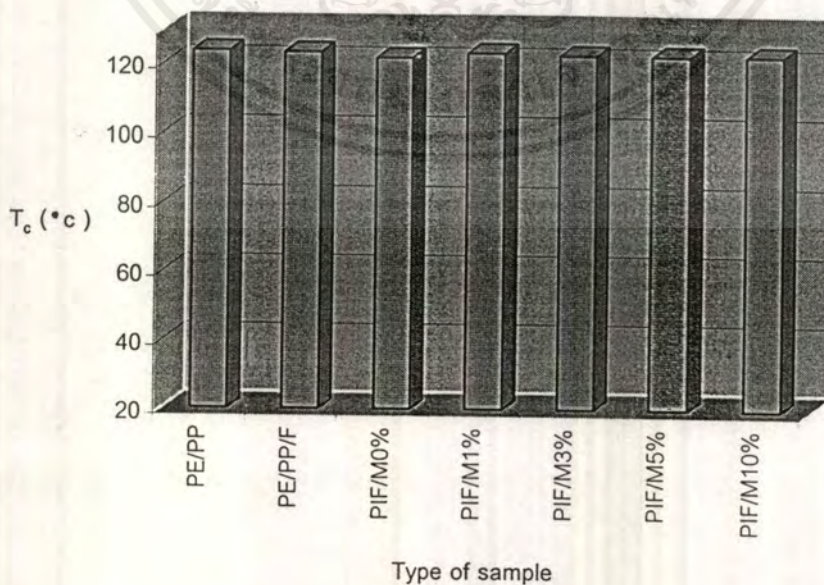
4.2.2 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิการตกผลึก

อุณหภูมิของการตกผลึกสามารถแสดงถึงความยากง่ายในการตกผลึก ซึ่งอาจแตกต่างกันไปตามชนิดและความยาวของสายโซ่โมเลกุล ผลการวิจัยได้แสดงดังภาคผนวก ข.

ตารางที่ 4

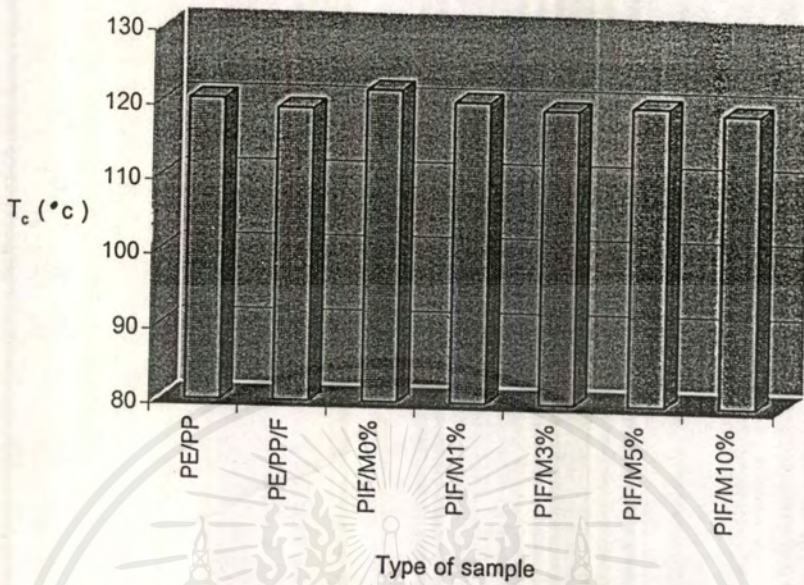


รูปที่ 4.15 แสดงค่าอุณหภูมิการตกผลึกของ PE และ PP



รูปที่ 4.16 แสดงค่าอุณหภูมิการตกผลึกของ PE ใน PE/PP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

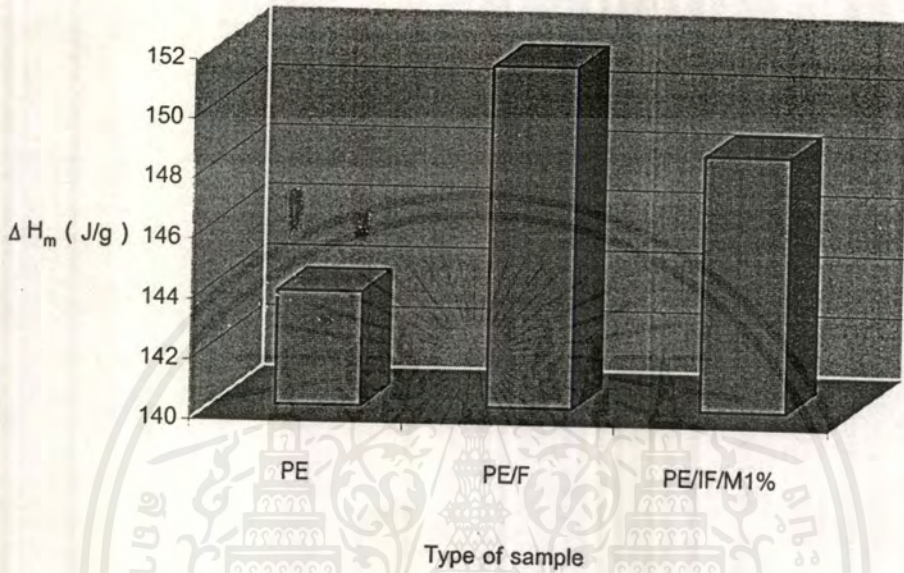


รูปที่ 4.17 แสดงค่าอุณหภูมิการตกผลึกของ PP ใน PE/PP

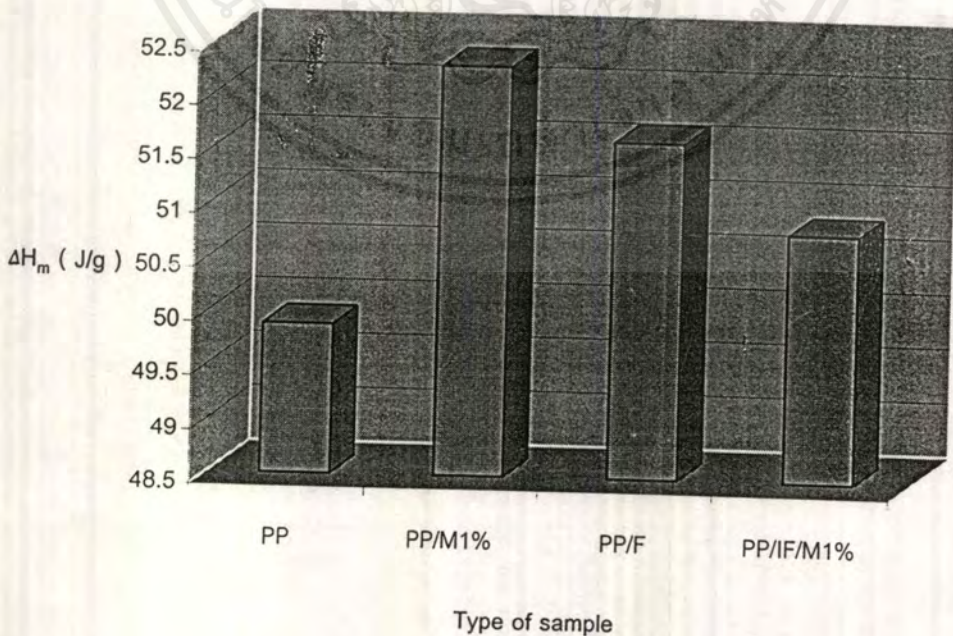
จากรูปที่ 4.15-4.17 พบว่า ชานอ้อยที่ไม่ฉายรังสีและชานอ้อยที่ฉายรังสี/TMPTM จะไม่มีผลต่ออุณหภูมิการตกผลึกของพอลิเมอร์ ส่วนชานอ้อยที่ฉายรังสีจะมีผลทำให้ค่า T_c ของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะมีพันธะเชื่อมโยงระหว่างพอลิเมอร์กับอนุภาคลิสรของชานอ้อย

4.2.3 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพลังงานที่ใช้ในการหลอมเหลวผลึก

ปริมาณที่ใช้ในการหลอมเหลวผลึกสามารถบ่งบอกถึง ปริมาณผลึกที่อยู่ในพอลิเมอร์ ผลการวิจัยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข. ตารางที่ 4

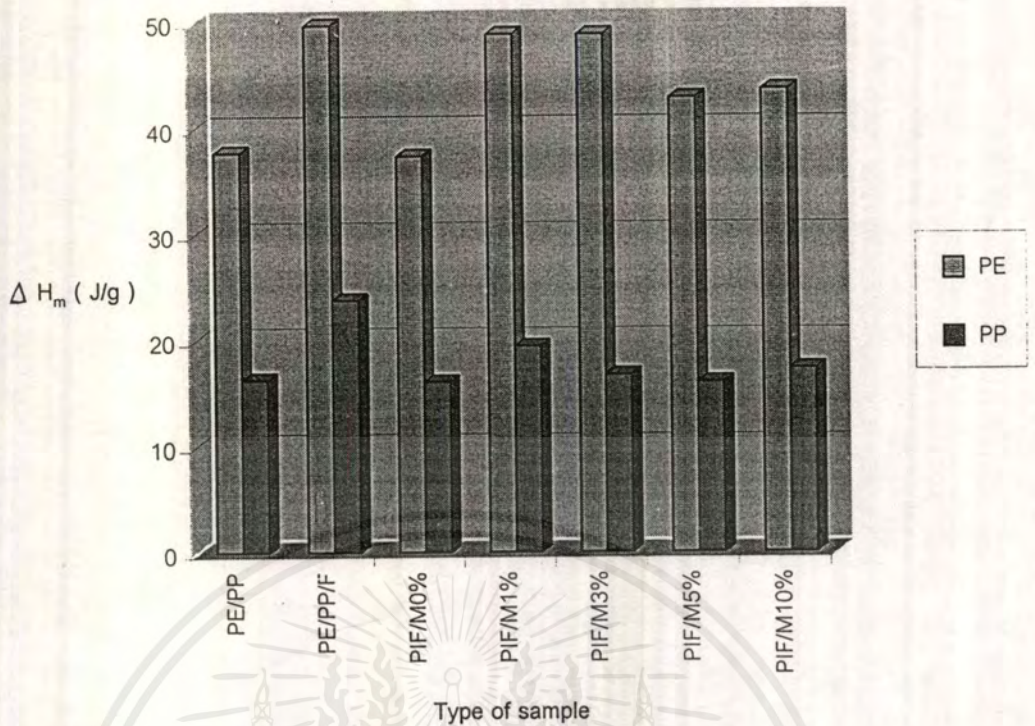


รูปที่ 4.18 แสดงค่าพลังงานความร้อนในการหลอมผลึกของ PE



รูปที่ 4.19 แสดงค่าพลังงานที่ใช้ในการหลอมผลึกของ PP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ และขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและข้อมูลทั้งหมดไว้เป็นของตนเอง ไม่ว่ากรณิใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



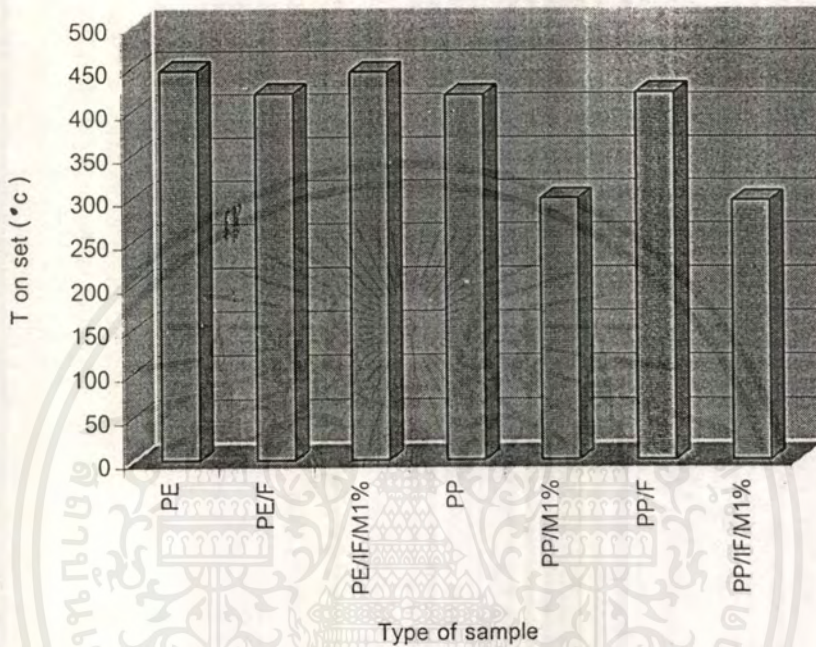
รูปที่ 4.20 แสดงค่าพลังงานที่ใช้ในการหลอมผลึกของ PE และ PP ใน PE/PP

จากรูปที่ 4.18-4.20 พบว่า เมื่อเติมขานอ้อยที่ไม่ฉายรังสี ปริมาณความเป็นผลึกของ PE และ PP จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากขานอ้อยเป็นสารก่อผลึก แต่เมื่อใช้ขานอ้อยที่ฉายรังสี ปริมาณความเป็นผลึกจะลดลง เนื่องจากความไม่เป็นระเบียบเพิ่มขึ้น เมื่อเติม TMPTM พร้อมกับขานอ้อยที่ฉายรังสี ปริมาณความเป็นผลึกของทั้ง PE และ PP จะเพิ่มขึ้นจาก พอลิเมอร์ที่ผสมกับขานอ้อยที่ฉายรังสี เพราะเกิดแรงดึงดูดระหว่างสายโซ่ขึ้น แต่เมื่อปริมาณ TMPTM เพิ่มมากขึ้น ปริมาณความเป็นผลึกจะลดลง เนื่องจากความไม่เป็นระเบียบเพิ่มขึ้น ดังนั้นปริมาณ TMPTM ที่เหมาะสมคือ 1%

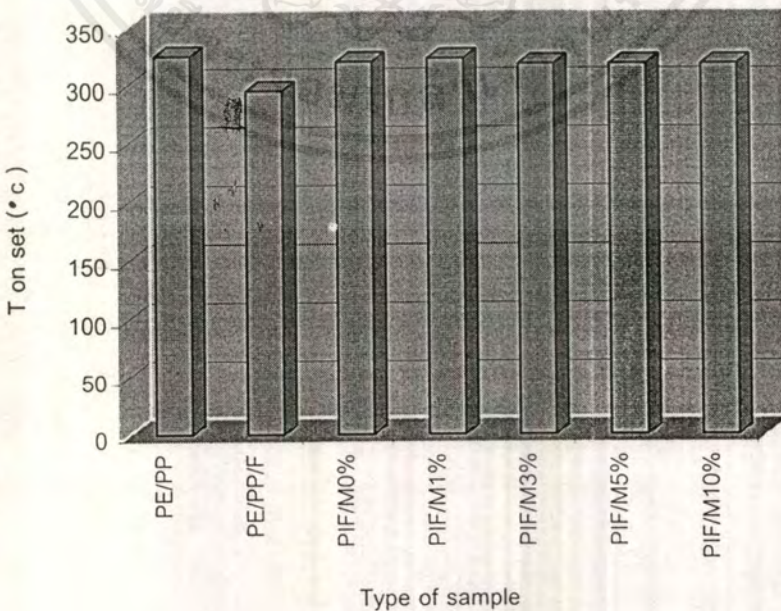
4.2.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าอุณหภูมิสูงสุดก่อนการสลายตัวด้วยเครื่อง TGA

อุณหภูมิสูงสุดก่อนการสลายตัวแสดงถึง ความเสถียรทางความร้อนของพอลิเมอร์คอมพอลิไทต์เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มมากขึ้น ผลการวิจัยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.

ตารางที่ 4



รูปที่ 4.21 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดก่อนสลายตัวของ PE และ PP



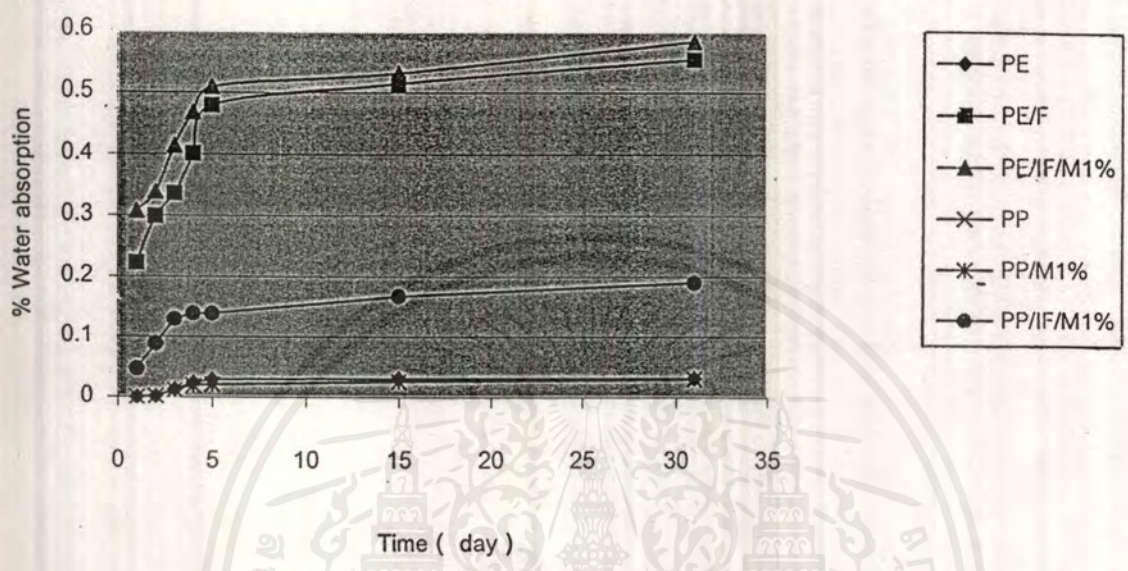
รูปที่ 4.22 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดก่อนสลายตัวของพอลิเมอร์ผสม PE/PP

จากรูปที่ 4.21-4.22 เมื่อวัดอุณหภูมิสูงสุดที่พอลิเมอร์สามารถทนความร้อนได้ด้วยเครื่อง TGA พบว่า ซานอ้อยที่ไม่ฉายรังสีจะมีผลทำให้ความเสถียรทางความร้อนของพอลิเมอร์ลดลง เมื่อใช้ซานอ้อยที่ฉายรังสี และซานอ้อยที่ฉายรังสี/TMP/PM จะมีค่าสูงกว่า พอลิเมอร์ที่ผสมกับซานอ้อยแสดงว่ามีพันธะเชื่อมโยงเกิดขึ้น

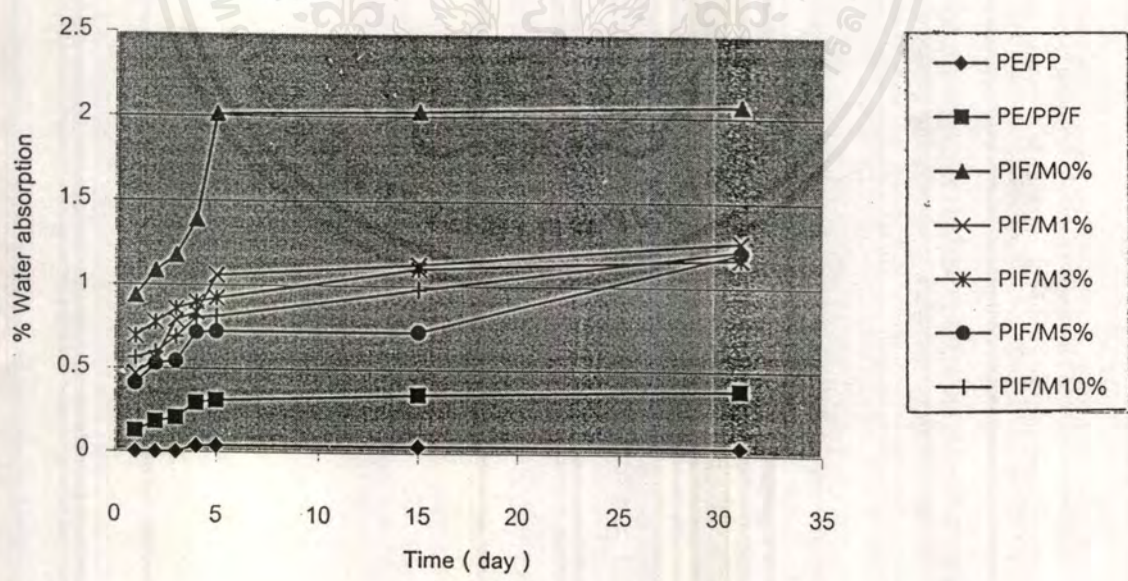


4.3 การศึกษาสมบัติการดูดซึมน้ำ

สมบัติการดูดซึมน้ำแสดงถึง ความสามารถของคอมพอลิทีที่สามารถดูดซึมน้ำเข้าไปในตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งแสดงว่ามีหมู่ที่ชอบน้ำ โดยผลการวิจัยแสดงไว้ในภาคผนวก ข. ตารางที่ 5



รูปที่ 4.23 แสดงค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของ PE และ PP



รูปที่ 4.24 แสดงค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของพอลิเมอร์ผสม PE/PP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.23-4.24 พบว่า เมื่อเติมขานอ้อยลงไป ร้อยละการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากขานอ้อยเป็นเซลลูโลสซึ่งสามารถดูดซับน้ำได้ เมื่อเติมขานอ้อยที่ฉายรังสี ร้อยละการดูดซับน้ำจะสูงขึ้นมาก เพราะขานอ้อยที่ฉายรังสีจะมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นและกลายเป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ทำให้ดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อเติมขานอ้อยที่ฉายรังสีกับ TMPTM จะได้ร้อยละการดูดซับน้ำที่ต่ำกว่า พอลิเมอร์ที่ผสมกับขานอ้อยที่ฉายรังสี เนื่องจาก TMPTM ที่เติมลงไปจะทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างพอลิเมอร์ผสมกับขานอ้อย ซึ่งเป็นการลดจำนวนหมู่ชอบน้ำลง และในทุกๆ สูตรเมื่อเวลาผ่านไปค่าร้อยละการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงจุดสมดุลร้อยละการดูดซับน้ำจะเริ่มคงที่

∴ ความสามารถในการดูดซับน้ำ

ขานอ้อยฉายรังสี > ขานอ้อยฉายรังสี/TMPTM > ขานอ้อย

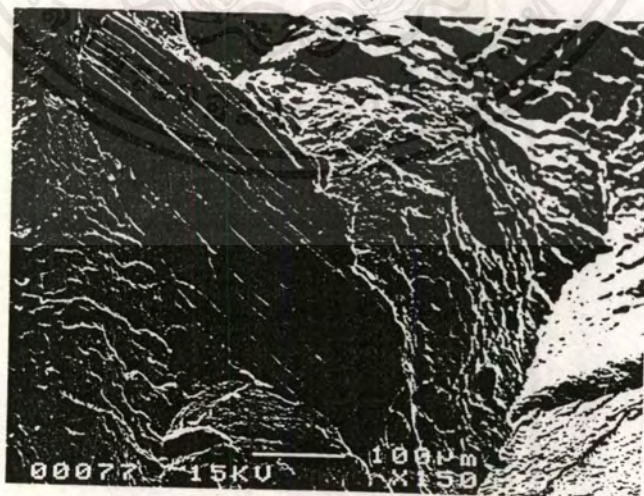


4.4 การศึกษาสัณฐานวิทยา

การศึกษาลักษณะพื้นผิวของพอลิเมอร์คอมพอลสิตด้วย SEM (กำลังขยาย 150 เท่า) SEM เป็นการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของวัสดุเพื่อดูพื้นผิวของชิ้นงานที่ได้จากการแตกหัก



รูปที่ 4.25 แสดงลักษณะพื้นผิวของพอลิเมอร์คอมพอลสิต (1% TMPTM)



รูปที่ 4.26 แสดงลักษณะพื้นผิวของพอลิเมอร์คอมพอลสิต (10 % TMPTM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.25-4.26 พบว่า ช่องว่างระหว่างพอลิเมอร์กับขานอ้อยจะน้อยลงเมื่อเติม TMPTM ในปริมาณมากขึ้น แสดงว่า TMPTM จะเข้าไปเชื่อมระหว่างขานอ้อยกับพอลิเมอร์



บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาผลการทดลองทั้งหมดแล้วสามารถสรุปผลโดยรวมได้ดังนี้คือ

5.1.1 สมบัติเชิงกล

สมบัติเชิงกลโดยรวมของคอมพอลิทีที่ใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพผิวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย กล่าวคือค่าความแข็งแรงดึงลดลง การยืดออก ณ จุดขาดลดลง และคอมพอลิทีแข็งขึ้น โดยพิจารณาจากค่ามอดูลัสของการยืดหยุ่น เนื่องจากชานอ้อยช่วยให้พอลิเมอร์ตกผลึกได้ง่ายขึ้น

สมบัติเชิงกลโดยรวมของคอมพอลิทีที่ใช้ชานอ้อยที่ปรับสภาพผิวโดยการฉายรังสีและต่อกิ่งด้วย TMPTM ได้แก่ ค่าความแข็งแรงดึง การยืดออก ณ จุดขาด และค่ามอดูลัสของการยืดหยุ่นสูงขึ้นกว่าคอมพอลิทีที่ใช้ชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพผิว ทั้งนี้เกิดจากชานอ้อยที่ปรับสภาพผิวนั้นยึดเหนี่ยวกับพอลิเมอร์ด้วยพันธะเคมี โดยมี TMPTM ซึ่งมีพันธะคู่ช่วยยึดเกี่ยวพันธะระหว่างพอลิเมอร์และชานอ้อย ดังแสดงในรูปที่ 5.1 โดย TMPTM 1% โดยน้ำหนักให้ผลของสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด

5.1.3 สมบัติการดูดซับน้ำ

ชานอ้อยที่ปรับและไม่ปรับสภาพผิวมีผลทำให้ร้อยละการดูดซับน้ำของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น โดยชานอ้อยที่ปรับสภาพผิวมีร้อยละการดูดซับน้ำมากกว่าชานอ้อยที่ไม่ปรับสภาพผิว ทั้งนี้เพราะชานอ้อยที่ปรับสภาพผิวโดยการฉายรังสีมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นและกลายเป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์ทำให้สามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น แต่เมื่อเติม TMPTM ลงไปทำให้เกิดการเชื่อมโยง ซึ่งเป็นการลดจำนวนกลุ่มที่ชอบน้ำลง จึงส่งผลทำให้ค่าร้อยละการดูดซับน้ำของ PE/PP/ชานอ้อยที่ฉายรังสีกับ TMPTM 1% น้อยกว่าของ PE/PP/ชานอ้อยที่ฉายรังสี

5.1.4 สันฐานวิทยา

ปริมาณ TMPTM ที่เพิ่มขึ้นทำให้พันธะเชื่อมโยงระหว่างพอลิเมอร์กับชานอ้อยมากขึ้น

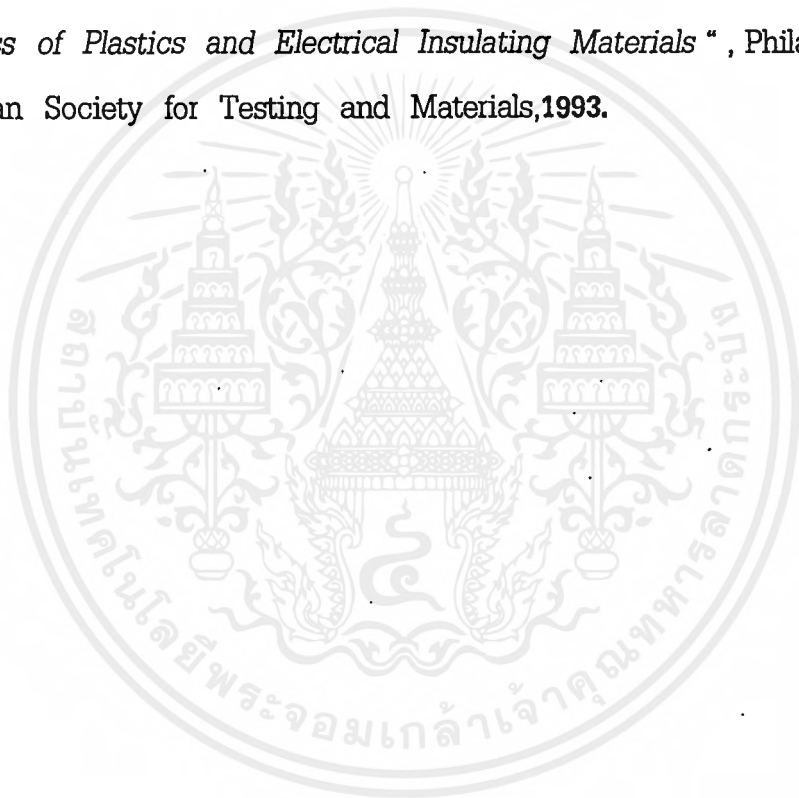
5.2 ข้อเสนอแนะ

1. อาจนำคอมพอลสิตนี้ไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
2. คอมพอลสิตที่ได้มีสมบัติทางความร้อน และสมบัติเชิงกลดีขึ้น ซึ่งอาจนำไปประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์อื่นที่มีประโยชน์ได้
3. ถ้านำไปใช้งานด้านความร้อน สามารถเลือกใช้ชานอ้อยที่ไม่ปรับสภาพผิวได้ซึ่งช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย
4. ถ้านำไปใช้งานด้านที่เกี่ยวกับน้ำควรเลือกใช้คอมพอลสิตที่ปรับสภาพผิวชานอ้อย
5. ในการนำไปใช้งานเพื่อลดต้นทุนปริมาณมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ที่เหมาะสมคือ 1 %
6. ในการทำงานวิจัยครั้งต่อไปอาจเปลี่ยนชนิดของเส้นใย หรือ ชนิดของมัลติฟังก์ชันนัลมอนอเมอร์ เพื่อให้สมบัติต่างๆของพอลิเมอร์ดีขึ้น
7. ในการทำงานวิจัยครั้งต่อไปอาจทำการฉายรังสีที่พอลิเมอร์แทนการฉายรังสีที่ชานอ้อย เพื่อทำการเปรียบเทียบกับกระบวนการเดิม

เอกสารอ้างอิง

1. Rodney J. Simpson; Susan E. Selke. "Composite Materials from Recycled Multilayer Polypropylene Bottles and Wood Fibers" in *Emerg. Technol. Plas. Recycl.* 1996, pp. 232-237.
2. Mubarrak, A.; Khan, Idriss Ali, K.M. *Polym. Plast. Technol. Eng.* 1997, 36(1), pp. 89-104.
3. นันทพร พันธุ์ภักดี และ เรวัตี สกกุลอาริยะ "วัสดุคอมพอสิตจากพอลิพรอพิลีนและเส้นใยอ้อย" โครงการงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2540
4. พีรพล บุญยีน และนายภูพัฒน์ ตภรณ์สุวรรณ " การศึกษาพฤติกรรมการดึงยึดของเส้นใยเดี่ยว PE "โครงการงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2538
5. ครินทร์ อินญาญาณยศ อรรถวุฒิ คุ่มครอง และอมรพันธุ์ จันทร์มังคละกุล " การปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างของพอลิเมอร์ผสมโดยรังสีพลังงานสูง "โครงการงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2538
6. จิราพร เมฆบริสุทธิ์ นรินทร์ สารภีภิมย์ และศศิวิมล เรืองสา " การใช้สารช่วยผสมในการปรับปรุงแรงยึดติดระหว่างผิวของพอลิเมอร์ผสม "โครงการงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2539
7. ณะภัทรพงษ์ สุวรรณชัย และ ณัฐพร เต๋นนินนาท "การใช้ประโยชน์จากเส้นใยสลาบลวงเป็นสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีน" โครงการงานพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2538
8. Banks, w.B; Lawther, J.M. "Derivatization of Wood in Composites" in *Cellulosic Polymers, Blends and Composites.* (Gillbert, R.D.ed.), Hanser Publishers, New York, 1994, pp. 131-153
9. Kirth-othmer, " *Encyclopedia of Polymer Science and Technology.*, VOL 2, pp 291-299

10. ASTM Committee on Standard “ *Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastics (Metric)* ”, Philadelphia : American Society for Testing and Materials,1993.
11. ASTM Committee on Standard “ *Standard Test Methods for Impact Resistance of Plastics and Electrical Insulating Materials* ” , Philadelphia : American Society for Testing and Materials,1993.
12. ASTM Committee on Standard “ *Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Plastics and Electrical Insulating Materials* ” , Philadelphia : American Society for Testing and Materials,1993.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. สภาวะที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่อง Injection molding machine

ภาคผนวก ข ตารางแสดงสมบัติต่างๆของพอลิเมอร์



ภาคผนวก ก. สภาวะที่ใช้ในการฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่อง Injection molding machine

TIME PROGRAMMING

| | | | |
|-------------------|------|----------------|-------|
| DIECLS/OPN TIME | : 60 | MELTING TIME | : 120 |
| SID ACT TIME | : 0 | DECOMPRS TIME | : 2 |
| 1 ST STG INJ TIME | : 20 | COOLING TIME | : 200 |
| 2 ST STG INJ TIME | : 15 | EJECTOR COUNT | : 1 |
| 3 ST STG INJ TIME | : 10 | SCW FWD COUNT | : 0 |
| EJECT FWD DELAY | : 0 | SCW BWD COUNT1 | : 0 |
| MELTING DELAY | : 0 | SCW BWD COUNT2 | : 0 |
| EJECT BWD DELAY | : 0 | ALARM TIME | : 300 |

PRESSURE PROGRAMMING

| | | | |
|---------------|-------|--------------|------|
| DIE CLS PRES | : 40 | DECOMP PRESR | : 25 |
| CLS LOW PRES | : 60 | PLUNGER PRES | : 30 |
| CLS III PRES | : 100 | EJECTOR PRES | : 50 |
| DIE OPN PRES | : 80 | SCW-IN PRES | : 0 |
| 1 ST INJ PRES | : 80 | DIE ADJ PRES | : 80 |
| 2 ND INJ PRES | : 70 | | |
| 3 RD INJ PRES | : 60 | | |
| MELTING PRES | : 70 | | |

PROGRAMMING FLOW SPEED

| | | | |
|---------------|------|------------------|------|
| RAPID CLS SPD | : 30 | 1 ST STG INJ SPD | : 30 |
| HIGH CLS SPD | : 25 | 2 ND STG INJ SPD | : 20 |
| CLAMPING SPD | : 15 | 3 RD STG INJ SPD | : 25 |
| DIE OPN SPD | : 10 | MELTING SPD | : 60 |
| RAPID OPN SPD | : 25 | DECOMP SPD | : 20 |
| DIE OPN SPD | : 15 | EJECTOR SPD | : 20 |
| PLUNGER SPD | : 20 | SCREW-IN | : 0 |
| DIE ADJ SPD | : 25 | DIE SPD | : 50 |

PROGRAMMING TEMPERATURE

| PROGRAMED TEMP | CURRENT | TEMP |
|----------------|---------|------|
| NOZZLE | : | 180 |
| ZONE 1 | : | 170 |
| ZONE 2 | : | 160 |
| ZONE 3 | : | 0 |
| ZONE 4 | : | 0 |
| ZONE 5 | : | 0 |
| ZONE 6 | : | 0 |

PROGRAMME OPTIONS

| | | | | |
|-------------|-----|------------|--------------|-------------|
| DIE CLS SPD | : 1 | 1 = HI SPD | 2 = FAST SPD | |
| PLUNGER SPD | : 2 | 1 = USE | 2 = NO USE | |
| ROBOTS | : 2 | 1 = USE | 2 = NO USE | |
| SCRW | : 2 | 1 = USE | 2 = NO USE | 3 = SID-COR |
| EJECTOR | : 1 | 1 = STAL | 2 = MULTI | 3 = FIXD NB |
| SID-COR | : 2 | 1 = TIME | 2 = TRAVEL | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข ตารางแสดงสมบัติต่างๆของพอลิเมอร์

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบเชิงกลจากเครื่อง Tensile

| Type of sample | Tensile strength (MPa) | Elongation (%) | Modulus (MPa) |
|----------------|-----------------------------|---------------------|--------------------|
| PE | 27.35 | 243.83 | 203.92 |
| PE/F | 29.44 | 12.40 | 217.40 |
| PE/IF/M1% | 43.12 | 37.35 | 226.86 |
| PP | 66.44 | 600.00 | 222.67 |
| PP/M1% | 70.13 | 600.00 | 305.73 |
| PP/F | 68.45 | 7.33 | 290.00 |
| PP/IF/M1% | 72.36 | 21.52 | 366.18 |
| PE/PP | 26.12 | 409.18 | 199.28 |
| PE/PP/F | 25.21 | 40.86 | 255.90 |
| PIF/M0% | 110.74 | 78.37 | 1112.26 |
| PIF/M1% | 120.23 | 79.29 | 1143.42 |
| PIF/M3% | 106.40 | 60.09 | 874.68 |
| PIF/M5% | 114.33 | 61.40 | 865.86 |
| PIF/M10% | 110.51 | 63.13 | 821.63 |

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบสมบัติเชิงกลอื่นๆ

| Type of sample | Hardness | Impact (kJ/m ²) |
|----------------|----------|------------------------------|
| PE | 40.00 | 51.69 |
| PE/F | 38.30 | 16.70 |
| PP | 64.00 | 16.63 |
| PP/M1% | 64.00 | 17.78 |
| PP/F | 62.00 | 3.44 |
| PP/IF/M1% | 61.00 | 5.63 |
| PE/PP | 60.00 | 43.80 |
| PE/PP/F | 62.67 | 14.41 |
| PIF/M0% | 59.67 | 19.42 |
| PIF/M1% | 62.33 | 15.69 |
| PIF/M3% | 60.33 | 14.66 |
| PIF/M5% | 60.33 | 14.25 |
| PIF/M10% | 59.33 | 14.10 |

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบสมบัติทางความร้อน

| Type of sample | T_m (°C)* | | T_c (°C)* | | ΔH_m (J/g)* | | T on set (°C)# |
|----------------|-------------|-------|-------------|-------|---------------------|------|----------------|
| | PE | PP | PE | PP | PE | PP | |
| PE | 137.0 | - | 120.7 | - | 143.8 | - | 446.9 |
| PE/F | 137.2 | - | 120.9 | - | 151.4 | - | 420.6 |
| PE/IF/M1% | 138.0 | - | 120.7 | - | 148.5 | - | 445.3 |
| PP | - | 170.5 | - | 123.1 | - | 49.9 | 418.8 |
| PP/M1% | - | 171.6 | - | 124.7 | - | 52.3 | 298.4 |
| PP/F | - | 171.6 | - | 124.3 | - | 51.6 | 421.0 |
| PP/IF/M1% | - | 170.4 | - | 126.9 | - | 50.8 | 295.9 |
| PE/PP | 132.3 | 167.6 | 120.3 | 123.6 | 37.7 | 16.2 | 325.0 |
| PE/PP/F | 132.3 | 168.0 | 119.2 | 123.3 | 49.6 | 23.8 | 295.2 |
| PIF/M0% | 135.2 | 165.4 | 121.8 | 121.8 | 37.4 | 16.0 | 320.0 |
| PIF/M1% | 134.2 | 168.0 | 120.3 | 123.2 | 48.8 | 19.4 | 322.6 |
| PIF/M3% | 133.2 | 168.9 | 119.4 | 122.6 | 48.8 | 16.7 | 318.0 |
| PIF/M5% | 133.7 | 168.5 | 120.0 | 123.5 | 42.8 | 16.0 | 318.0 |
| PIF/M10% | 134.5 | 167.5 | 119.3 | 122.7 | 43.6 | 17.3 | 318.0 |

หมายเหตุ * วัดด้วยเทคนิค Differential Scanning Calorimeter

วัดด้วยเทคนิค Thermogravimetric Analysis

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบสมบัติการดูดซับน้ำ

| Type of sample | Time (day) | | | | | | |
|----------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 15 | 31 |
| PE | 0.0000 | 0.0016 | 0.0131 | 0.0241 | 0.0295 | 0.0311 | 0.0315 |
| PE/F | 0.2223 | 0.2991 | 0.3365 | 0.4012 | 0.4793 | 0.5139 | 0.5537 |
| PE/F/M1% | 0.3073 | 0.3392 | 0.4142 | 0.4678 | 0.5090 | 0.5309 | 0.5823 |
| PP | 0.0000 | 0.0015 | 0.0116 | 0.0185 | 0.0203 | 0.0255 | 0.0302 |
| PP/M1% | 0.0000 | 0.0016 | 0.0119 | 0.0193 | 0.0216 | 0.0261 | 0.0318 |
| PP/F/M1% | 0.0466 | 0.0881 | 0.1294 | 0.1389 | 0.1391 | 0.1678 | 0.1904 |
| PE/PP | 0.0000 | 0.0000 | 0.0026 | 0.0359 | 0.0411 | 0.0411 | 0.0413 |
| PE/PP/F | 0.1282 | 0.1836 | 0.2088 | 0.2970 | 0.3121 | 0.3522 | 0.3864 |
| PIF/M0% | 0.9364 | 1.0843 | 1.1785 | 1.3889 | 2.0107 | 2.0291 | 2.0700 |
| PIF/M1% | 0.4690 | 0.5559 | 0.7921 | 0.8357 | 1.0604 | 1.1269 | 1.2655 |
| PIF/M3% | 0.6927 | 0.7768 | 0.8593 | 0.8991 | 0.9250 | 1.1028 | 1.1678 |
| PIF/M5% | 0.4112 | 0.5291 | 0.5463 | 0.7188 | 0.7239 | 0.7263 | 1.2023 |
| PIF/M10% | 0.5628 | 0.5989 | 0.6904 | 0.8050 | 0.8148 | 0.9783 | 1.2186 |