

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยมะพร้าวโดยวิธีการฉายรังสีแกมมาเพื่อใช้เป็น
สารเสริมแรงในคอมพอสิต



นายจตุจักร
นายณัฐวุฒิ

ศรีอุบล
วาทีมงคลกาล

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 33503

วัน, เดือน, ปี 13 ส.ค. 2542

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
แม้ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Surface Modification of Coir for Polymer Composites by
Gamma Irradiation



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

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut ' s Institute of Technology Ladkrabang

1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยมะพร้าวโดยวิธีการฉายรังสีแกมมาเพื่อใช้เป็นสารเสริมแรงในคอมพอสิต
นักศึกษา	นายจุลฉัตร ศรีอุบล นายณัฐวุฒิ วาที่มงคลกาล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. อธิพิพล แจ่มชัด
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2541

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยมะพร้าว (Coir) เพื่อนำไปใช้เป็นสารเสริมแรงในคอมพอสิตกับอะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน-สไตรีน (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene, ABS) โดยทำการต่อกิ่ง (Grafting) กับเมทิลเมทาไครเลท (Methylmethacrylate, MMA)) ด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมาแบบขั้นตอนเดียว และทำการศึกษานผลของการเติมสารเติมแต่ง (Additives) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการต่อกิ่ง ใช้วิธีการเตรียมตัวอย่างคอมพอสิตโดยการใช้เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้งและขึ้นรูปขึ้นงานด้วยเครื่องฉีดพลาสติก จากนั้นทำการศึกษสมบัติเชิงกลโดยเครื่องทดสอบแรงดึง เครื่องทดสอบแรงกระแทก เครื่องทดสอบความแข็ง และศึกษาสัณฐานวิทยาของคอมพอสิตด้วย เทคนิค SEM และ AFM นอกจากนี้ยังทำการศึกษสมบัติการเสียรูปทางความร้อนด้วยเครื่อง HDT จากการทดลองพบว่าคอมพอสิตของเส้นใยที่ได้รับการปรับปรุงจะมีสมบัติเชิงกล เช่นค่าความแข็งแรงดึง ความแข็งแรงกระแทก และสมบัติการเสียรูปทางความร้อน ดีกว่าเมื่อเทียบกับคอมพอสิตของเส้นใยที่ไม่ได้รับการปรับปรุง พบว่าคอมพอสิตมีสมบัติที่ดีที่สุดเมื่อมีปริมาณการฉายรังสีรวม 20 kGy และปริมาณเส้นใยในคอมพอสิต 3% และจากการศึกษาสัณฐานวิทยาของคอมพอสิตพบว่าคอมพอสิตที่ได้รับการปรับปรุงจะมีการยึดติดกันของเส้นใยมะพร้าวและพอลิเมอร์เมตริกซ์ที่ดีกว่าคอมพอสิตที่ไม่ได้รับการปรับปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Surface Modification of Coir for Polymer Composites by Gamma Irradiation
Name Mr. Chulashut Sriubol
Mr. Natawut Wateemongkonkan
Special Project Advisor Dr. Ittipol Jangchud
Department Chemistry
Academic Year 1998

Abstract

Surface modification of coir fibers was studied in order to improve properties of natural fiber composites with ABS. It was carried out by grafting with methylmethacrylate (MMA) using simultaneous Gamma-ray irradiation technique. Some additives (eg. Urea and styrene) were used in the system to improve % grafting. The composites were mixed by two-roll mill and shaped by injection molding machine. The composite samples were characterized for mechanical (i.e., tensile, impact, hardness, etc.), thermal, morphological and physical properties. It was found that the grafted fiber composites had better mechanical properties than the untreated ones. The optimum grafting irradiation dose was 20 kGy. The fiber loading of 3% yielded the optimum mechanical properties. By SEM results, it was revealed that the grafted fiber composites had better interfacial bonding between the fibers and the matrix than the untreated ones.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการพิเศษนี้สำเร็จได้เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือ ความร่วมมือ ตลอดจนคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์แก่คณะผู้จัดทำจากบุคคลและองค์กรต่างๆ

ขอขอบพระคุณ ดร.อิทธิพล แจ่มชัด ที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์ และ ดร.ต้องจิต คิตชอบ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษที่ช่วยกรุณาตรวจทานและแก้ไขโครงการพิเศษฉบับนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่จากสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่กรุณาช่วยเหลือและให้ความสะดวกในการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ คุณเฉลิมสุข ธีรนิตเศรษฐ ผู้ช่วยผู้จัดการ บริษัทอุตสาหกรรมใยมะพร้าวไทย จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เส้นใยมะพร้าวในการดำเนินการทำโครงการพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอขอบพระคุณบิดา มารดา และขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้อง เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมีทุกท่านที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด

นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลืออีกมากซึ่งมิได้กล่าวถึง ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นาย จุลฉัตร ศรีอุปบล

นาย ณัฐวุฒิ วาที่มงคลกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการทำงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 คอมพอสิต	4
2.2 เมตริกซ์	4
2.3 เส้นใยธรรมชาติ	7
2.4 การปรับปรุงสภาพผิว	11
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้	25
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	26
3.3 การทดสอบ	28
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 การศึกษาถึงผลของปริมาณการฉายรังสีที่มีต่อการตอกกิ่ง	30
4.2 การศึกษาสมบัติเชิงกลของคอมพอสิตที่ปรับปรุงเส้นใยด้วยการฉายรังสี เทียบกับคอมพอสิตที่ไม่ได้รับการปรับปรุง	31
4.3 การศึกษาผลของปริมาณการฉายรังสีที่มีต่อสมบัติเชิงกลของคอมพอสิต จากเส้นใยมะพร้าว	41
4.4 การศึกษาฐานฐานวิทยาของเส้นใยมะพร้าวและคอมพอสิต	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	57
5.2 ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารอ้างอิง	58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆในไม้บางชนิด	8
ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบราคาและสมบัติบางประการของเส้นใยธรรมชาติ	10
ตารางที่ 2.3 แสดงผลกระทบที่มีต่อพอลิเมอร์จากการฉายรังสี	12
ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของการนำวิธีการฉายรังสีไปใช้ในอุตสาหกรรม	13
ตารางที่ 2.5 ผลของตัวกลางที่ใช้ในการต่อกิ่งที่มีต่อ Cell III	18
ตารางที่ 2.6 แสดงค่าสมบัติเชิงกลที่เปอร์เซ็นต์เส้นใยต่างๆ	19
ตารางที่ 2.7 แสดงแสดงค่าสมบัติเชิงกลที่ความยาวเส้นใยต่างๆ	20
ตารางที่ 2.8 แสดงส่วนผสมของคอมพอสิต	21
ตารางที่ 2.9 แสดงเปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งของ MMA โดยการฉายรังสี UV	24
ตารางที่ 2.9 แสดงเปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งของ MMA โดยการฉายรังสีแกมมา	24
ตารางที่ 4.1 แสดงค่า%Grafting และ %Homopolymer ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1a) แสดงรูปแบบการจัดตัวของเทอร์โมพลาสติก	5
รูปที่ 2.1b) แสดงรูปแบบการจัดตัวของเทอร์โมเซต	5
รูปที่ 2.2 แสดงสูตรโครงสร้างของ ABS	7
รูปที่ 2.3 แสดงสูตรโครงสร้างของเซลลูโลส	8
รูปที่ 2.4 ผลของเวลาที่มอดนอเมอร์สัมผัสกับเส้นใยที่มีต่อปฏิกิริยาการตอกลง	18
รูปที่ 2.5 แสดงค่า Tensile strength ของคอมพอสิต	22
รูปที่ 2.5 แสดงค่า Tear strength ของคอมพอสิต	22
รูปที่ 4.1 แสดงค่า Tensile strength ของคอมพอสิตที่ปริมาณเส้นใยต่างกัน	31
รูปที่ 4.2 แสดงค่า % Elongation at break ของคอมพอสิตที่ปริมาณเส้นใยต่างๆ	32
รูปที่ 4.3 แสดงค่า Work done ของคอมพอสิตที่ปริมาณเส้นใยต่างๆ	33
รูปที่ 4.4 แสดงค่า Impact strength ที่ปริมาณเส้นใยต่างๆ	34
รูปที่ 4.5 แสดงค่า Rockwell hardness ที่ปริมาณเส้นใยต่างๆ	35
รูปที่ 4.6 แสดงค่า Modulus ที่ปริมาณเส้นใยต่างๆ	36
รูปที่ 4.7 แสดงค่า Flexural strength ที่ปริมาณเส้นใยต่างๆ	37
รูปที่ 4.8 แสดงค่า HDT ของคอมพอสิตจากเส้นใยมะพร้าวที่ปริมาณเส้นใยต่างๆ	38
รูปที่ 4.9 แสดงค่า % Water absorption ของคอมพอสิตที่ปริมาณเส้นใยต่างๆ	39
รูปที่ 4.10 แสดงค่า % Moisture content ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ	40
รูปที่ 4.11 แสดงค่า Tensile strength ของคอมพอสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ	41
รูปที่ 4.12 แสดงค่า % Elongation at break ของคอมพอสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ	42
รูปที่ 4.13 แสดงค่า Work done ของคอมพอสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ	42
รูปที่ 4.14 แสดงค่า Modulus ของคอมพอสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ	43
รูปที่ 4.15 แสดงค่า Impact strength ของคอมพอสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.16	แสดงค่า Rockwell hardness ของคอมพอลสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ	45
รูปที่ 4.17	แสดงค่า Flexural strength ของคอมพอลสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ	46
รูปที่ 4.18	แสดงค่า Heat distortion ของคอมพอลสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ	47
รูปที่ 4.19	แสดงค่า Water absorption ของคอมพอลสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ	48
รูปที่ 4.20	แสดงค่า Water absorption ของคอมพอลสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ	49
รูปที่ 4.21	แสดงภาพถ่าย AFM ของเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการฉายรังสี	50
รูปที่ 4.22	แสดงภาพถ่าย AFM ของเส้นใยมะพร้าวที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการฉายรังสี	50
รูปที่ 4.23	แสดงภาพถ่าย AFM ของเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการฉายรังสี	51
รูปที่ 4.24	แสดงภาพถ่าย AFM ของเส้นใยมะพร้าวที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการฉายรังสี	51
รูปที่ 4.25	แสดงภาพถ่าย SEM ของเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการฉายรังสี	52
รูปที่ 4.26	แสดงภาพถ่าย SEM ของเส้นใยมะพร้าวที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการฉายรังสี	53
รูปที่ 4.27	แสดงภาพถ่าย SEM ของคอมพอลสิตที่ไม่ได้ปรับปรุง	54
รูปที่ 4.28	แสดงภาพถ่าย SEM ของคอมพอลสิตที่มีการปรับปรุงโดยวิธีการฉายรังสีที่ 15 kGy	54
รูปที่ 4.29	แสดงภาพถ่าย SEM ของคอมพอลสิตที่มีการปรับปรุงโดยวิธีการฉายรังสีที่ 20 kGy	55
รูปที่ 4.30	แสดงภาพถ่าย SEM ของคอมพอลสิตที่มีการปรับปรุงโดยวิธีการฉายรังสีที่ 25 kGy	55
รูปที่ 4.31	แสดงภาพถ่าย SEM ของคอมพอลสิตที่มีการปรับปรุงโดยวิธีการฉายรังสีที่ 30 kGy	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

ในปัจจุบันได้มีความต้องการในการใช้พลาสติกมากขึ้นในชีวิตประจำวันเช่นใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหาร อุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น อีกทั้งอุตสาหกรรมพลาสติกได้เพิ่มปริมาณการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคซึ่งมีความต้องการใช้มากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพพลาสติกให้ดียิ่งขึ้น ได้มีความพยายามที่จะนำพลาสติกมาใช้ทดแทนวัสดุชนิดอื่น ๆ เช่น ไม้ โลหะ ฯลฯ เนื่องจากสมบัติที่ดีหลายประการของพลาสติก ที่มีความสามารถในการทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีกว่าวัสดุจากธรรมชาติ แม้จะมีลักษณะบางประการที่ด้อยกว่าวัสดุจากธรรมชาติ เช่น ความแข็งแรงน้อยกว่า จึงต้องมีการปรับปรุงสมบัติของพลาสติกเพื่อให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงหรือดีกว่าวัสดุอื่น ๆ การปรับปรุงสมบัติมีด้วยกันหลายวิธี พอลิเมอร์คอมพอสิต (Polymer composite) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ในการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์

เป็นที่ทราบกันดีว่าในปัจจุบันพอลิเมอร์คอมพอสิตมีความสำคัญและประโยชน์ใช้สอยอย่างมาก เนื่องจากพอลิเมอร์คอมพอสิตมีน้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ ความแข็งแรง ค่ามอดูลัสสูง และขึ้นรูปง่าย สามารถใช้แทนโลหะได้ในหลายการใช้งาน พอลิเมอร์คอมพอสิตเกิดจากของผสมระหว่างพอลิเมอร์เมทริกซ์ (Polymer matrices) กับวัสดุเสริมแรงจำพวกเส้นใย (Fibers) พอลิเมอร์เมทริกซ์สามารถใช้ได้ทั้งเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics) และเทอร์โมเซต (Thermoset) เช่น พอลิเอสเตอร์ (Polyester) อีพอกซี (Epoxy) พอลิอิมิด (Polyimide) ฯลฯ วัสดุเสริมแรงที่ใช้กันก็มีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันคือเส้นใยสังเคราะห์ เช่น เส้นใยแอสเบสตอส (Asbestos) เส้นใยคาร์บอน (Carbon fibers) เส้นใยแก้ว (Glass fibers) ฯลฯ เนื่องจากมีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรงสูง อย่างไรก็ตามเนื่องจากเส้นใยสังเคราะห์มีราคาแพง ทำให้ต้นทุนการผลิตพอลิเมอร์คอมพอสิตสูง จึงพยายามหาวัสดุจากธรรมชาติจำพวกเส้นใยมาใช้ทดแทน จากการศึกษาพบว่าเส้นใยธรรมชาติให้สมบัติต่างๆ เทียบเท่าหรือดีกว่าคอมพอสิตจากเส้นใยสังเคราะห์และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า ทำให้มีผู้สนใจนำการศึกษาเส้นใยธรรมชาติเพื่อนำมาใช้แทนเส้นใยสังเคราะห์ดังกล่าว

งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของเส้นใยธรรมชาติคือ หาง่าย มีมากในธรรมชาติ ราคาถูก แข็งแรง น้ำหนักเบาและย่อยสลายได้ แต่มีข้อจำกัดคือมีสมบัติดูดซับน้ำและมีการยึดติดกับพอลิเมอร์ต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอที่จะศึกษาพอลิเมอร์คอมพอสิตจากเส้นใยธรรมชาติได้แก่ “ เส้นใยมะพร้าว ” โดยทำการปรับปรุงสมบัติโดยการต่อกิ่ง (Grafting) ด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมา เพื่อปรับปรุงข้อจำกัดของคอมพอสิตจากเส้นใยธรรมชาติ

1.2 วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาการใช้ประโยชน์จากเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยมะพร้าว ในการผลิตพอลิเมอร์คอมพอสิต ซึ่งปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยโดยการต่อกิ่ง (Grafting) ด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมาแบบขั้นตอนเดียว (Simultaneous Method)
2. ศึกษาผลของปริมาณเส้นใยและปริมาณการฉายรังสีที่มีผลต่อสมบัติต่างๆของคอมพอสิต เช่นการดูดซับน้ำ (Water Absorption) ค่าการดูดความชื้น (Moisture Content) และสมบัติเชิงกล (Mechanical Propertie) ของพอลิเมอร์คอมพอสิต
3. ศึกษาสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์คอมพอสิตโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกวาด (Scanning Electron Microscope, SEM) และ Atomic Force Microscope (AFM)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ศึกษาผลของปริมาณเส้นใยที่ใช้และวิธีการขึ้นรูปที่มีต่อสมบัติของพอลิเมอร์คอมพอสิต ซึ่งมีการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใย โดยใช้เมทิลเมทาอะคริเลต (Methyl Methacrylate, MMA) เป็นมอนอเมอร์ต่อกิ่ง (Grafting) ลงบนเส้นใยด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมาแบบขั้นตอนเดียว (Simultaneous Methods) แล้วผสมกับอะคริโลไนไตรบิวทาไดอีนสไตรีน (Acrylonitrile-butadiene-styrene, ABS) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์เมตริกซ์และศึกษาสมบัติการดูดซับน้ำ ค่าการดูดความชื้น สมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาด้วยเทคนิคสแกนนิ่งอิเล็กตรอนไมโครสโคปี (SEM) และ Atomic Force Microscope (AFM) โดยศึกษาในแนวทางเปรียบเทียบคอมพอสิตจากเส้นใยที่มีการปรับปรุง กับคอมพอสิตจากเส้นใยที่ไม่ได้รับการปรับปรุงสภาพผิว เพื่อให้ได้สภาวะการฉายรังสีที่เหมาะสม ได้คอมพอสิตจากเส้นใยมะพร้าวที่มีสมบัติสูงสุด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. สามารถผลิตคอมพอสิตจากเส้นใยมะพร้าวที่มีการยึดติดระหว่างเส้นใยกับเมตริกซ์ได้ดีขึ้นโดยการต่อกิ่ง
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำให้ทราบปริมาณของเส้นใยที่ใช้ และปริมาณการฉายรังสีที่เหมาะสมในการผลิตพอลิเมอร์คอมพอสิตจากเส้นใยมะพร้าวที่มีสมบัติเชิงกลที่ดี
3. สามารถผลิตคอมพอสิตจากเส้นใยธรรมชาติโดยใช้ต้นทุนต่ำ สามารถแข่งขันกับคอมพอสิตจากเส้นใยสังเคราะห์และพัฒนาให้เป็นอุตสาหกรรมในอนาคตต่อไป
4. สามารถใช้ประโยชน์จากชิ้นส่วนที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเส้นใยมะพร้าว (เศษของเส้นใยมะพร้าว) ทำให้มีขยะลดน้อยลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 คอมพอสิต (Composites)

คอมพอสิต คือของผสมระหว่างวัสดุ 2 ชนิดหรือมากกว่าเข้าด้วยกัน ซึ่งการนำมาผสมกันนั้นก็เพื่อที่จะทำให้สมบัติของพอลิเมอร์เมตริกซ์ดีขึ้นเหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น หรือลดต้นทุนการผลิตโดยได้สมบัติที่ใกล้เคียงกับวัสดุเดิม คอมพอสิตสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ดังนี้

1. Laminar composites

เป็นคอมพอสิตที่เกิดจากการยึดติดระหว่างแผ่นวัสดุกับพอลิเมอร์เมตริกซ์ โดยอัดกันเป็นชั้นๆ ด้วยความดันสูง ตัวอย่างของคอมพอสิตประเภทนี้ได้แก่ กระดาษ หรือ फिल्म เป็นต้น

2. Particulate Composites

เป็นคอมพอสิตที่เกิดจากอนุภาคกระจายตัวในพอลิเมอร์เมตริกซ์ ซึ่งอนุภาคนั้นก็จะมีรูปร่าง การจัดเรียงตัวและขนาดแตกต่างกันไปเช่นอาจเป็นเม็ด ผลึกหรือผง คอมพอสิตประเภทนี้ได้แก่ คอนกรีต และ Particleboard ฯลฯ

3. Fibrous composites

เป็นคอมพอสิตที่เกิดจากนำเส้นใยมาเสริมแรงในพอลิเมอร์เมตริกซ์ โดยเส้นใยที่นำมาใช้นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายประเภทเช่นเส้นใยคาร์บอน (Carbon fibers) เส้นใยแก้ว (Glass fibers) หรือเส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers)

ในปัจจุบันพบว่าคอมพอสิตสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ได้ในงานหลายๆอย่างเช่นในอุตสาหกรรมรถยนต์หรือใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งก่อสร้าง โดยกระบวนการผลิตคอมพอสิตนั้นสามารถที่จะทำได้หลายวิธีเช่น Compression molding หรือ Resin-transfer molding เป็นต้น

2.2 เมตริกซ์ (Matrices)

เมตริกซ์เป็นวัสดุที่เป็นโครงสร้างหลักที่ทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวสารเสริมแรงในคอมพอสิตส่วนมากมีค่าความแข็งแรงน้อยกว่าสารที่นำมาเสริมแรง ซึ่งในคอมพอสิตของเส้นใยเสริมแรง เมตริกซ์จะทำหน้าที่ถ่ายเทแรงไปยังเส้นใย นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ป้องกันการสึกหรือเสียหายของเส้นใยจากแรงที่มากกระทำ เมตริกซ์มีหลายชนิด

1. คาร์บอน (Carbon) มีความจุความร้อนต่อมวลสูง ใช้ทำ ครีซ ,หรือผ้าเบรคในเครื่องบิน
2. โลหะ (Metals) ใช้แทนพอลิเมอร์ได้ในกรณีที่ต้องใช้ในอุณหภูมิสูง โดยโลหะที่ใช้ได้แก่พวก เหล็ก นิกเกิล หรือ ไททาเนียม เป็นต้น นอกจากนี้โลหะที่มีความหนาแน่นต่ำยังนิยมนำมาใช้เพื่อการออกแบบเครื่องบินหรือยานอวกาศอีกด้วย
3. เซรามิกซ์ (Ceramics) เซรามิกซ์คอมพอสิตใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องยนต์ของจรวดหรือใช้ทำแผงป้องกัน (Protective shields)
4. พอลิเมอร์ (Polymers) มีการใช้กันมากเนื่องจากมีสมบัติเชิงกลที่ดีและมีสมบัติเป็นฉนวนนอกจากนี้ ยังมีกระบวนการผลิตที่ง่ายอีกด้วย พอลิเมอร์เมตริกซ์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือเทอร์โมเซตและเทอร์โมพลาสติก
 - 4.1 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) โครงสร้างของโมเลกุลจะมีรูปทรงเชิงเส้น (Linear) และไม่มีพันธะเคมีเชื่อมระหว่างกันดังรูปที่ 2.1(a) เมื่อขึ้นรูปแล้วสามารถนำกลับมาหลอมเพื่อขึ้นรูปใหม่ได้อีกหลายครั้งเช่น พอลิสไตรีน (PS) อะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน-สไตรีน (ABS) เป็นต้น
 - 4.2 เทอร์โมเซต (Thermoset) มีโครงสร้างเป็นสามมิติ ที่ยึดติดกันด้วยพันธะเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลดังรูปที่ 2.1(b) เมื่อขึ้นรูปแล้วจะไม่สามารถนำกลับมาหลอมใหม่ได้ ตัวอย่างของเทอร์โมเซตได้แก่ Epoxy resin, Phenolic resin หรือ Polyurethanes เป็นต้น



รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบการจัดตัวของ (a) เทอร์โมพลาสติก (b) เทอร์โมเซต²¹

การเลือกใช้พอลิเมอร์เมตริกซ์ชนิดใดขึ้นกับสมบัติที่ต้องการเช่น เทอร์โมเซต มีข้อดีคือมีความทนทานต่อสารเคมี และความร้อนมากกว่า เทอร์โมพลาสติกแต่จะมีข้อเสียคือมีค่า Impact เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

strength ต่ำกว่า ส่วนเทอร์โมพลาสติกมีข้อดีคือกระบวนการผลิตง่ายใช้เวลาน้อยกว่าและยังสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ อะคริโลไนไตรล์- บิวทาไดอีน- สไตรีน (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene, ABS) เป็นพอลิเมอร์เมตริกซ์เนื่องจากมีราคาถูก มีสมบัติเชิงกลที่ดี, ขึ้นรูปได้ง่าย, ทนต่อสารเคมีและสามารถผลิตเป็นคอมพอสิตได้ง่าย

ABS เป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่งที่สำคัญประกอบด้วย อะคริโลไนไตรล์, บิวทาไดอีน, และ สไตรีน ABS มีวิธีการผลิตในทางอุตสาหกรรมอยู่ 2 วิธีคือ

1. แบบ Blending โดยนำเอาสไตรีน-อะคริโลไนไตรล์ โคพอลิเมอร์ กับ ยางอะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน มาผสมกัน โดยใช้อัตราส่วนดังนี้

-70 ส่วน (70:30 สไตรีน-อะคริโลไนไตรล์ โคพอลิเมอร์)

-40 ส่วน (35:65 ยางอะคริโลไนไตรล์-บิวทาไดอีน)

2. แบบ Grafting ซึ่งจะดีกว่าวิธีแรก ทำได้โดยเอาอะคริโลไนไตรล์และสไตรีนมาพอลิเมอร์ไรซ์ในพอลิบิวทาไดอีนลาเท็กซ์ ส่วนประกอบที่ใช้โดยทั่วไปคือ

- พอลิบิวทาไดอีนลาเท็กซ์ 34 ส่วนโดยน้ำหนัก

- อะคริโลไนไตรล์ 24 “

- สไตรีน 42 “

- น้ำ 200 “

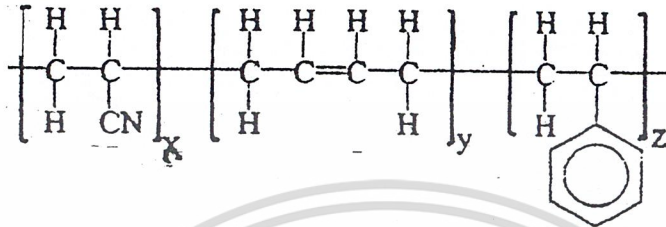
- Surfactant 2 “

- Transfer agent (mercaptans) 1 “

- ตัวริเริ่ม ($K_2S_2O_8$) 0.2 “

อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 50 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นของแข็งชิ้นเล็กๆ สามารถแยกออกมาได้ง่าย โครงสร้างจะเป็นแบบกราฟท์ ถ้าปริมาณบิวทาไดอีนมาก จะเพิ่มความทนต่อแรงกระแทก ถ้ามีอะคริโลไนไตรล์มากจะเพิ่มความทนต่อสารเคมี ความทนต่อแรงดึงมากขึ้น ทนต่อการดัดและด่างอ่อนได้ดี ละลายในสารประกอบพวก แอลดีไฮด์ คีโตน เอสเทอร์ ไม่ละลายในแอลกอฮอล์ สามารถชุบเคลือบผิวโลหะได้ จึงนิยมใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้า หม้อหมุนวิทยุโทรทัศน์ หมวกกันน็อก ชิ้นส่วนพัดลม เครื่องดูดฝุ่น แผงเครื่องปรับอากาศ และส่วนประกอบตู้เย็น เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงสูตรโครงสร้างของ ABS ²²

พฤติกรรมของ ABS ในกระบวนการผลิตมีดังนี้

1. ABS ดูดความชื้นได้ประมาณ 0.3 % ใน 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องทำให้แห้งก่อนการผสมหรือการขึ้นรูป
2. ABS ไม่เสถียรต่อความร้อน อาจมีควันเกิดขึ้นถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 250-260 องศาเซลเซียส และมีฟองอากาศที่เกิดจากสารประกอบที่ระเหยได้ทำให้ชิ้นงานมีตำหนิ
3. สมบัติการไหลขึ้นกับเกรดของ ABS
4. เนื่องจาก ABS มีโครงสร้างเป็นอสัณฐาน จึงมีค่าสัมประสิทธิ์การยืดหดตัวต่ำประมาณ 0.044-0.008 cm³/cm

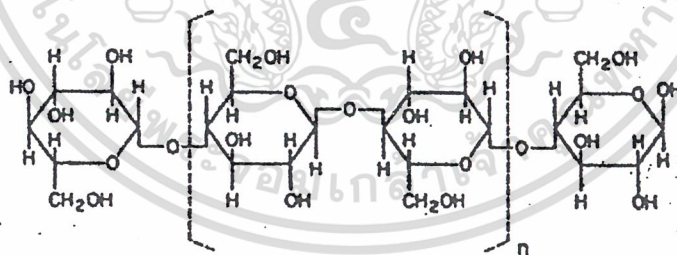
2.3 เส้นใยธรรมชาติ (Natural fibers)

เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติสามารถหาได้ง่ายและราคาถูกบางชนิดเป็นสิ่งเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมเกษตร ในปัจจุบันมีการนำไปใช้งานในด้านต่างๆ เช่น ใช้เป็นเส้นใยเสริมแรง (Reinforcement) สารเติมแต่ง (Additives) หรือสารตัวเติม (Fillers) ฯลฯ โดยนำมาผสมกับพอลิเมอร์เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ให้มีความแข็งแรงทนทานมากขึ้น หรือเพื่อเพิ่มปริมาณโดยถือเป็นการลดต้นทุนการผลิต จากการศึกษาโครงสร้างของเส้นใยธรรมชาติพบว่าส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลส (Cellulose) และมีเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ลิกนิน (Lignin) และส่วนประกอบอื่นๆ อยู่เป็นส่วนน้อย ส่วนประกอบของเส้นใยธรรมชาติบางชนิดสามารถแสดงในตารางที่ 2.1 ได้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Material	% cellulose	% hemicellulose	% lignin
Hardwoods stems	40-55	24-40	18-25
Softwoods stems	45-50	25-35	25-35
Grasses	25-40	25-50	10-30
Leaves	15-20	80-85	~0
Cotton seed hairs	80-95	5-20	~0

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆในไม้บางชนิด ²³

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของเซลลูโลสตามรูปที่ 2.1 พบว่าโมเลกุลมีขนาดใหญ่และเหยียดแบบเส้นจึงมีความแข็ง (rigid) และมีพันธะไฮโดรเจนอยู่ทั้งในโมเลกุลและระหว่างสายโซ่จึงมีความแข็งแรงสูง



รูปที่ 2.3 แสดงสูตรโครงสร้างของเซลลูโลส ²³

น้ำหนักรวมของเซลลูโลสก็เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อคุณสมบัติทางกายภาพอย่างหนึ่ง ดังนั้นการจะปรับปรุงสมบัติสามารถทำได้ด้วยการเพิ่มน้ำหนักรวม โดยที่การกระจายน้ำหนักรวมของเซลลูโลสก็มีความสำคัญเช่นกัน เพราะถ้าการกระจายไม่ดีจะทำให้ส่วนที่มีน้ำหนักรวมต่ำมีสมบัติทางกายภาพไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลส

1. การละลาย

เซลลูโลสไม่ละลายน้ำแต่จะละลายในกรดเข้มข้นเช่น กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloride) กรดซัลฟูริก (Sulfuric) เป็นต้น โดยเซลลูโลสจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็วใน สารละลายกรดที่อุณหภูมิห้อง แต่จะหยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำ เซลลูโลสบวมตัวในสารละลายของเกลือเข้มข้นบางชนิดเช่นสารละลายอัลคาไลไฮดรอกไซด์ (Alkali hydroxide) บางครั้งทำให้เซลลูโลสที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำสามารถละลายได้

2. ความหนืด

ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเซลลูโลสโดยถ้าเราเพิ่มความเข้มข้นของเซลลูโลส ความหนืดก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้มีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น

3. การดูดซับความชื้น

เซลลูโลสส่วนใหญ่จะมีการดูดซับหรือการคายไอน้ำหรือของเหลวอื่นๆในบรรยากาศรอบตัวของมันจนกระทั่งถึงจุดสมดุล โดยสมดุลของความชื้นของเซลลูโลสจะแปรเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศนั้น ปริมาณความชื้นของเซลลูโลสมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพบางประการ เช่นเมื่อความชื้นสูงขึ้นค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น

4. ความหนาแน่น

เซลลูโลสที่เป็นเส้นใยเดี่ยวจะไม่มีค่าความหนาแน่นที่แน่นอน ค่าความหนาแน่นจะแปรเปลี่ยนไปตามแหล่งที่มาหรืออาจเปลี่ยนไปเนื่องจากการปรับปรุงทางเคมี

เส้นใยธรรมชาติที่รู้จักกันและมีการนำมาใช้งานส่วนใหญ่ ได้แก่ เส้นใยชานอ้อย (Bagasse) เส้นใยฝ้าย (Cotton) เส้นใยมะพร้าว (Coir) ปอกระเจา (Jute) ป่านศรนารายณ์(Sisal) เป็นต้น โดยเส้นใยชานอ้อยนั้นเป็นผลพลอยได้ที่มาจากอ้อยสามารถนำมาทำเป็นสารเสริมแรงในพลาสติกได้ เส้นใยฝ้ายเมื่อนำมาผสมกับพลาสติกก็จะช่วยเพิ่มสมบัติความแข็งแรงกระแทก (Impact strength) และการคงรูปให้ดีขึ้นได้ ส่วนเส้นใยมะพร้าวก็นำมาใช้งานได้หลายอย่างเช่นใช้ทำที่นอน หรือทำเบาะนั่งโซฟาได้ เส้นใยปอกระเจามีการใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะมีราคาถูกเช่น นำไปใช้เป็นสารเสริมแรงในพอลิเอสเตอร์เพื่อใช้ในงานก่อสร้าง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เส้นใยมะพร้าวมาเป็นเส้นใยเสริมแรงในคอมพอสิต

มะพร้าวเป็นพืชที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในทุกภาคของประเทศไทยและประเทศอื่นๆในเขตร้อนทั้งนี้เนื่องจากส่วนต่างๆของมะพร้าวนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เช่น ผลมะพร้าวสามารถนำมาเอกลูกเป็นเอกลูกที่สวมใส่สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้ารับประทานได้ (เนื้อข้างในและน้ำมะพร้าว) สามารถนำมาปรุงอาหารได้ กากมะพร้าวสามารถนำมาใช้ไม่ว้ากรณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในงานอุตสาหกรรมเช่นทำที่นอนหรือเป็นวัสดุอัดเบาะ ส่วนของใบสามารถนำมาใช้งานได้เช่นใช้เป็นไม้กวาดหรือเครื่องถักสาน โดยในปัจจุบันได้มีการศึกษาการนำเส้นใยมะพร้าวมาทำเป็นเส้นใยเสริมแรงในพอลิเมอร์เนื่องจากเส้นใยมะพร้าวมีราคาถูกกว่าเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นๆ สมบัติบางประการของเส้นใยธรรมชาติและราคาเปรียบเทียบสามารถแสดงได้ในตารางที่ 2.2

	coir	Banana	Sisal	Pineapple	Jute
Diameter (um)	100-460	80-250	50-200	20-80	-
Density (g cm ⁻³)	1.15	1.35	1.45	1.44	1.45
Microfibrillar angle (°)	30-49	11	10-22	14-18	8.1
Cellulose/Lignin content(%)	43/45	65/5	67/12	81/12	63/12
Elastic modulus (GPa)	4-6	8-20	9-12	43-81	20-22
Tenacity (Mpa)	131-175	529-759	568-640	413-1627	533
Elongation (%)	15-40	1.0-3.5	3-7	0.8-1.6	1-1.2
Cost (relative to coir)	1	3	1.5	1.5	2

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบราคาและสมบัติบางประการของเส้นใยธรรมชาติ²⁴

2.3.2 ลักษณะและองค์ประกอบของเส้นใยมะพร้าว

เส้นใยมะพร้าวมีลักษณะเป็นเส้นยาวประมาณ 10 นิ้ว มีเส้นผ่าศูนย์กลางโดยประมาณ 0.1875 มิลลิเมตร หรือน้อยกว่านั้น ตัวเส้นใยจะเป็นสีน้ำตาล เส้นใยมะพร้าวจะประกอบไปด้วย เซลลูโลส ประมาณ 35-45 % ลิกนินประมาณ 40-45 % ส่วนที่เหลือเป็นเฮมิเซลลูโลส เพกตินและส่วนประกอบอื่นๆ

2.3.3 ประโยชน์ของเส้นใยมะพร้าว

เส้นใยมะพร้าวคือส่วนของกาบมะพร้าวที่มาจากกะลามะพร้าว มีประโยชน์ใน ด้านการอุตสาหกรรมมากโดยนำมาใช้เป็น
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 1. ทำเป็นเชือก
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำเป็นวัสดุสำหรับยึดเบาหรือที่นอน
3. ทำเป็นวัสดุเสริมแรงในยาง
4. ใช้ทำ Particle board
5. พรหมเช็ดเท้า
6. แผ่นฉนวนป้องกันเสียงและความร้อน
7. ของใช้หรือเครื่องตกแต่งต่างๆ

การผลิตเส้นใยมะพร้าวในทางอุตสาหกรรมเรียกว่าการทำ Retting โดยมีขั้นตอนการทำดังนี้ การทำ Retting เป็นวิธีการผลิตเส้นใยมะพร้าวโดยเริ่มจากการนำเอาส่วนของกาบมะพร้าว นำมาแช่ในน้ำเป็นเวลา 1 เดือนถึง 1 ปี ในช่วงนี้ส่วนที่เป็นผิวนอกที่แข็งของกาบมะพร้าวก็จะหลุดออก ทำให้เส้นใยนุ่มขึ้น โดยกาบมะพร้าวจะถูกเก็บไว้ในน้ำ โดยเก็บให้ห่างจากอากาศด้วยการทำให้จมในน้ำ โดยใช้โคลนและใบไม้ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ Retting จะนำเอากาบมะพร้าวมาล้างทำความสะอาด เอาโคลนและสิ่งสกปรกออก จากนั้นนำมาคัดแยกเส้นใย โดยใช้แรงงานคนใช้มือดึงหรือใช้เครื่องจักรในการแยกเส้นใย และเมื่อแยกเสร็จแล้วจะนำเส้นใยที่ได้ไปทำความสะอาดและทำให้แห้ง เส้นใยที่มีคุณภาพดีนั้นจะมีความสะอาด เส้นใยไม่แตกหัก

2.4 การปรับปรุงสภาพผิว (Surface modification)

สมบัติของพอลิเมอร์คอมพอสิตขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สมบัติของพอลิเมอร์ เส้นใย ตำนิน และการยึดเกาะระหว่างพอลิเมอร์กับเส้นใย คอมพอสิตอาจได้ผลไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากเส้นใยกับพอลิเมอร์เมตริกซ์มีการยึดเกาะไม่ดี จึงต้องมีการปรับปรุงพื้นผิวดูด้วยการตอกกิ่ง (Grafting) เสียก่อน ซึ่งสามารถตอกกิ่งบนเส้นใยหรือเมตริกซ์ก็ได้

2.4.1 การฉายรังสี

การปรับปรุงคอมพอสิตสามารถทำได้โดยการฉายรังสีบนพอลิเมอร์ไม่ว่าจะเป็นการฉายรังสีด้วย Ionizing หรือ Nonionizing โดยที่ Ionizing สามารถทำให้อะตอมและโมเลกุลมีความว่องไวต่อปฏิกิริยา สูงขึ้น ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้สามารถปรับปรุงสมบัติทางกายภาพได้ ส่วน Nonionizing จะทำให้เกิดการแตกตัวของโมเลกุลสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงพวงสารยึดติด โดยผลกระทบที่เกิดจากการฉายรังสีบนพอลิเมอร์จะมีดังนี้

1. ความเสียหาย (Damage)

เมื่อพันธะของโมเลกุลเกิดการแตกตัว อาจเกิดการแยกตัวออกจากกัน การแทนที่ของอะตอม หรือทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งมีผลทำให้น้ำหนักโมเลกุลลดลง เกิดการพอลิเมอไรซ์ พันธะเชื่อมโยง ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือการตอกลง พันธะเชื่อมโยงในยางอาจพิจารณาให้เป็นความเสียหายได้หรือรังสีอาจทำความเสียหายแก่สารเพิ่มเนื้อ สารตัวเติมหรือสีที่เติมในพอลิเมอร์ได้ โดยรังสีทุกชนิดจะสามารถทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับพอลิเมอร์ได้โดยขึ้นอยู่กับว่าเป็นพอลิเมอร์ชนิดใดทนทานได้มากกว่ากัน ตัวอย่างผลที่เกิดกับพอลิเมอร์แสดงในตารางที่ 2.3

polymer	Radiation stability	Radiation Dose to damage (Mrads)
ABS	Good	100
Acetals	Poor	1-2
Acrylics		
PMMA	Fair	5
Others	Fair	10
Amides		
Aliphatic	Fair	50-100
Aromatic	Excellent	1000
Cellulose	Fair	20
Fluoroplastics		
PTFE	Poor	1
PCTFE	Fair	10-20
FEP	Fair	20
PFV, PETFE, PECTFE	Good	100
Polycarbonate	Good	100
Polyesters (aromatic)	Good	100
Polyolefins		
Polyethylene	Good	100
Polypropylene	Fair	10
Polymethylpentene	Good	30-50
Copolymers	Good	50
Polystyrene	Excellent	:000
Copolymers	Good	100-500
Polysulfones	Excellent	1000
Polyvinyls		
PVC	Good	50-100
Copolymers	Fair	10-40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 2.3 แสดงผลกระทบที่มีต่อพอลิเมอร์จากการฉายรังสี²⁵ มีใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การปรับปรุงสมบัติ (Property Improvements)

ในปริมาณรังสีที่เหมาะสมสามารถช่วยทำให้สมบัติของพอลิเมอร์ดีขึ้น เช่น พันธะเชื่อมโยง การต่อกิ่ง เป็นต้น อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางความร้อนและสมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ให้ดียิ่งขึ้น

3. พอลิเมอไรซ์และการต่อกิ่ง (Polymerization and Grafting)

การเกิดพอลิเมอไรซ์และการต่อกิ่งถือเป็นกระบวนการที่สำคัญในการฉายรังสีที่ใช้ในการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์เช่นการเชื่อมโยงของสารยึดติด หรือสารที่ใช้ในการเคลือบพอลิเมอร์ในปัจจุบันพบว่า การฉายรังสีเพื่อปรับปรุงคอมพอสิตให้มีสมบัติที่ดียิ่งขึ้นมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของการนำวิธีการฉายรังสีไปใช้ในอุตสาหกรรม

Product	Product Improvements and Process Advantages	Process
Wire and cable insulation, plastic insulating tubing, plastic packaging film	Shrinkability; impact strength; cut-through, heat, solvent, stress-cracking resistance; low dielectric losses	Cross-linking, vulcanization
Foamed polyethylene	Compression and tensile strength; reduced elongation	Cross-linking, vulcanization
Natural and synthetic rubber	High-temperature stability; abrasion resistance; cold vulcanization; elimination of vulcanizing agents	Cross-linking, vulcanization
Adhesives Pressure sensitive Flock Laminate	Increased bonding; chemical, chipping, abrasion, weathering resistance; elimination of solvent; 100% convertibility of coating; high-speed cure; flexibility in handling techniques; low energy consumption; room-temperature cure; no limitation on colors	Curing, polymerization
Coatings, paints, and inks on Woods Metals Plastics		Curing, polymerization
Wood and organic impregnates	Mar, scratch, abrasion, warping, swelling, weathering resistance; dimensional stability; surface uniformity; upgrading of softwoods	Curing, polymerization
Cellulose	Enhanced chemical combination	Depolymerization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของการนำวิธีการฉายรังสีไปใช้ในอุตสาหกรรม^{๒๕}ที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันมีการนำรังสีมาใช้ประยุกต์เพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เช่น ในทางการแพทย์มีการนำรังสีใช้รักษาโรค และในทางอุตสาหกรรมก็มีการนำรังสีมาใช้หลายแบบด้วยกัน ได้แก่ การผลิตวัสดุเพื่อใช้แทนอวัยวะเทียม ปรับปรุงสมบัติยา และสมบัติต่างๆของพอลิเมอร์

ข้อดีของการใช้รังสีกระตุ้นวัสดุ

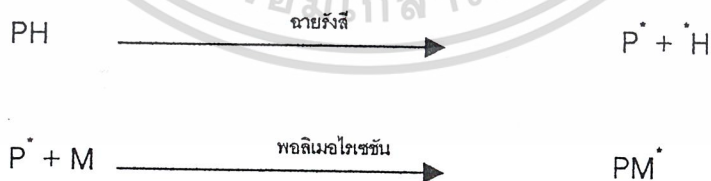
1. สามารถใช้กับวัสดุได้ทุกสถานะ โดยไม่ต้องเปลี่ยนสภาพก่อนทำปฏิกิริยา
2. หลังการฉายรังสีแล้ว จะไม่มีปริมาณรังสีตกค้างในผลิตภัณฑ์
3. ไม่มีสารปนเปื้อนตกค้าง ซึ่งต่างกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) เพราะการใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีการปนเปื้อนของสารเคมีตกค้างอยู่ในพอลิเมอร์

การปรับปรุงสภาพผิวโดยวิธีการตอกึ่งจะทำให้สมบัติของพอลิเมอร์เปลี่ยนไป เช่น ความสามารถในการรวมกับน้ำ การแลกเปลี่ยนประจุ การจับไอออนของพอลิเมอร์ เป็นต้น เทคนิคที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน คือ การใช้รังสีแกมมา (Gamma-ray) จาก ^{60}Co เนื่องจากมีอำนาจทะลุทะลวงสูงกว่ารังสีชนิดอื่น ๆ การตอกึ่งด้วยการฉายรังสีมีหลายวิธีดังนี้²⁶

1. Preirradiation Procedure
2. Peroxidation Procedure
3. Simultaneous Methods

1. Preirradiation Procedure

เป็นการฉายรังสีให้กับพอลิเมอร์หลักในสุญญากาศหรือก๊าซเฉื่อยก่อน เพื่อทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่เสถียรพอที่จะทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ที่อุณหภูมิห้อง โดยกลไกของปฏิกิริยาเป็นดังนี้



โดย PH : พอลิเมอร์หลัก

M : มอนอเมอร์

วิธีนี้อาจแบ่งย่อยออกเป็น 2 ประเภทตามชนิดของ Active Site ดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Peroxide

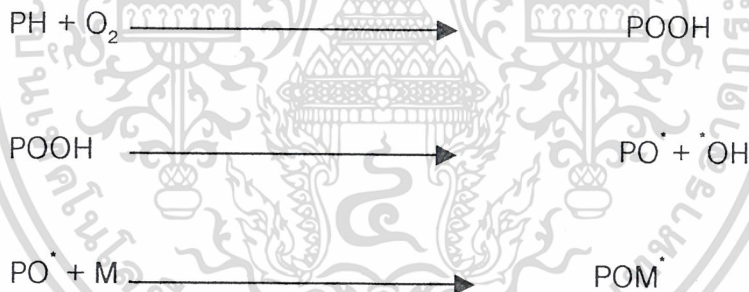
เป็นการฉายรังสีพอลิเมอร์หลักขณะที่มีออกซิเจน มีข้อดีคือสะดวกเพราะไม่ต้องกำจัดออกซิเจน และเปอร์ออกไซด์อยู่ได้นาน

2. Trapped Radical

เป็นการฉายรังสีพอลิเมอร์หลักขณะที่ไม่มีออกซิเจน วิธีนี้ทำให้เกิดไฮโมพอลิเมอร์น้อยแต่อนุมูลอิสระจะคงอยู่ได้ไม่นาน

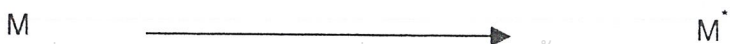
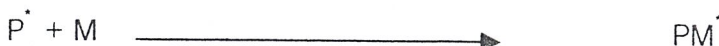
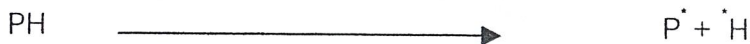
2. Peroxidation Procedure

เป็นการฉายรังสีพอลิเมอร์หลักในอากาศหรือออกซิเจน ทำให้เกิดเปอร์ออกไซด์และควบคุมให้อยู่ในคงสภาพเพื่อที่จะปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ซึ่งละลายในตัวทำละลายหรือเป็นพอลิเมอร์ บริสุทธิ์ ข้อดีของวิธีนี้คือ สามารถเก็บสารมัธยันต์ (Intermediate) ของเปอร์ออกซีพอลิเมอร์ไว้ได้นานก่อนนำไปทำพอลิเมอร์ไรเซชัน โดยกลไกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ



3. Simultaneous Methods

พอลิเมอร์หลักจะถูกฉายรังสีขณะที่อยู่กับมอนอเมอร์โดยการต่อกิ่งจะเกิดผ่านกลไกปฏิกิริยาดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาวิธี Simultaneous พบว่าจะเกิดไฮโมพอลิเมอร์เสมอ แต่วิธีนี้มีข้อดีคือปริมาณของ
รังสีที่ใช้จะต่ำกว่า 2 วิธีแรกเพราะพอลิเมอร์และมอนอเมอร์ถูกฉายรังสีพร้อมๆกันจึงเกิดActive site
ขึ้นทั้ง 2 ส่วน และวิธีนี้จะเหมาะกับพอลิเมอร์หลักที่ไวต่อรังสี

ปัจจัยที่มีผลต่อการตอกิ่ง

1. เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาช่วงแรกนั้นจะมีเปอร์เซ็นต์การตอกิ่งสูงเนื่องจากมีอนุมูลอิสระอยู่
เป็นจำนวนมากจากนั้นเปอร์เซ็นต์การตอกิ่งจะค่อยๆคงที่เพราะจำนวนอนุมูลอิสระที่จะมาทำปฏิกิริยา
กับมอนอเมอร์น้อยลงจึงมีผลทำให้อัตราการตอกิ่งคงที่

2. ความเข้มข้นของมอนอเมอร์

เมื่อความเข้มข้นของมอนอเมอร์เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตอกิ่งเพิ่มขึ้น เนื่องจาก
การที่ความเข้มข้นของมอนอเมอร์มีค่าเพิ่มมีผลทำให้กลไกปฏิกิริยาในขั้นการแผ่ขยายสายโซ่เพิ่มขึ้น
แสดงว่าสายโซ่ของพอลิเมอร์ที่ตอกิ่งบนเส้นใยมีความยาวเพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตอกิ่งสูงขึ้น
โดยถ้าเพิ่มความเข้มข้นของมอนอเมอร์ให้มากขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การตอกิ่งลดลงทั้งนี้ เนื่องจาก
ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ที่สูงขึ้นจะทำให้ระบบมีความหนืดเพิ่มขึ้นเป็นผลให้การกระจายของมอนอ
เมอร์ลดลง

3. ความเข้มของรังสี

รังสีแกมมาเป็นรังสีที่มีพลังงานทะลุทะลวงสูง พลังงานของรังสีจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นที่
เส้นใย โดยถ้าปริมาณความเข้มของรังสีมีค่าเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้เกิดอนุมูลอิสระมากขึ้นซึ่งจะมีแนวโน้ม
ทำให้เปอร์เซ็นต์การตอกิ่งเพิ่มขึ้น

4. ผลของอุณหภูมิ

เมื่ออุณหภูมิในระหว่างการทำปฏิกิริยาสูงขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การตอกิ่งเพิ่มขึ้น เนื่องจาก
ความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การกระจายตัวของมอนอเมอร์ดีขึ้นและลดความหนืดของสารละลายทำให้
มอนอเมอร์แทรกตัวเข้าไปทำปฏิกิริยากับหมู่ที่ว่องไวได้ดีมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตอกิ่งเพิ่มขึ้น

5. ผลของสารตัวเติม

สารตัวเติมจะสามารถไปลดความสามารถในการละลายของมอนอเมอร์ทำให้มอนอเมอร์
แทรกตัวและทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้นและมีผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาของมอนอเมอร์กับตัวเอง(K_p)ลดลง
ทำให้มีมอนอเมอร์เหลืออยู่สำหรับการตอกิ่งมากขึ้น มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตอกิ่งเพิ่มขึ้น ตัวอย่างสาร
ตัวเติมที่ใช้เช่นพวก azobisisobutyronitrile (AIBN), ยูเรีย, หรือ กรด เป็นต้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิธีที่จะนำเส้นใยทางธรรมชาติมาใช้เป็นเส้นใยเสริมแรงกับพลาสติกทั้งนี้ก็เพื่อที่จะปรับปรุงสมบัติต่างๆให้ดียิ่งขึ้นไม่ว่าจะเป็นสมบัติทางกายภาพหรือสมบัติทางเคมี เช่นการนำศึกษาคอมพอลิเมอร์ของเส้นใยปอกระเจา (Jute-plastic composite)¹ ซึ่งเตรียมได้จากเส้นใยปอกระเจา , MMA , และเมทานอลโดยใช้รังสีแกมมา(โคบอลต์ 60) เพื่อทำให้เกิดการตอกิ่ง จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของมอนอเมอร์จะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การตอกิ่งโดยในตอนแรกที่มีความเข้มข้นของมอนอเมอร์เพิ่มขึ้นการตอกิ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นแต่เมื่อถึงค่าๆหนึ่งการตอกิ่งจะมีค่าลดลงทั้งนี้เนื่องมาจากการที่ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ MMA สูงขึ้นมีผลทำให้เกิดการรวมตัวกันของ Radical ทำให้เกิดไฮโมพอลิเมอร์มากกว่าเกิดปฏิกิริยาการตอกิ่งและเมื่อความเข้มข้นของมอนอเมอร์เพิ่มขึ้นจะทำให้การรวมตัวของเส้นใยลดลง โดยค่าเปอร์เซ็นต์การตอกิ่งมีความสัมพันธ์กับค่า Tensile strength และ Elongation คือจะมีค่าลดลงเมื่อมีการตอกิ่งสูงขึ้นและที่การตอกิ่งน้อยๆจะมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย

R. G. Raj และคณะ² ได้ทำการศึกษากำหนดเอาเส้นใย Aspen มาใช้เป็นสารเสริมแรงในLLDPE โดยใช้ Isocyanate เป็น Bonding agent มีการปรับปรุงค่าความแข็งแรงและมอดูลัสของคอมพอลิเมอร์ให้ดีขึ้นได้

K. M. Ali Idriss และคณะ³ ทำการศึกษาการตอกิ่งสายโซ่พอลิเมอร์ร่วม (Graft copolymerization) ของเส้นใยปอกระเจากับ Urethane acrylate โดยใช้การฉายรังสีอัลตราไวโอเล็ต พบว่าการปรับปรุงสามารถทำให้สมบัติการดูดซับน้ำลดลงและเส้นใยมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

S. K. Kundu และคณะ⁴ และ N. C. Nayak และคณะ⁵ ศึกษาการตอกิ่งสายโซ่พอลิเมอร์ปอกระเจาด้วย Acrylonitrile และ Methyl methacrylate (MMA) โดยการใช้ปฏิกิริยาเรดิคัล พบว่าการตอกิ่งจะขึ้นกับระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาและสัดส่วนของมอนอเมอร์ที่ใช้ในการตอกิ่ง จากการศึกษาสัณฐานวิทยาโดยใช้เทคนิค Scanning electron microscope (SEM) พบว่าการตอกิ่งที่มากเกินไปมีผลทำให้พอลิเมอร์ปกคลุมที่พื้นผิวของเส้นใยและทำให้มีรอยแยก (Crack) เกิดขึ้นตามแนวเส้นใย

A. Nagaty และคณะ⁶ ศึกษาสมบัติของพอลิเมอร์คอมพอลิเมอร์จาก Lignocellulose โดยการตอกิ่ง Methyl methacrylate (MMA) บนเส้นใยชานอ้อยและใช้ Sodium bisulphite-sodalime เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยา พบว่าสมบัติของพอลิเมอร์คอมพอลิเมอร์จะขึ้นกับปริมาณและขนาดของเส้นใยชานอ้อย

L.Kessira. และคณะ⁷ ทำการศึกษาพฤติกรรมความร้อนของชานอ้อยที่ทำการตอกิ่งและไม่ได้ทำการตอกิ่งโดยใช้ Thermogravimetric analysis (TGA) และ Differential scanning calorimetry

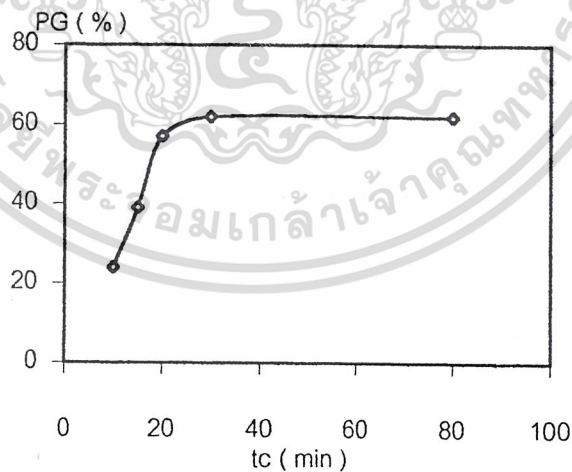
(DSC) โดยทำการศึกษาชานอ้อย 4 ตัวอย่างคือ Cell I (ชานอ้อยประกอบไปด้วย Cellulose 95.8 % , Lignin 2.64 % , Pentosan 0.99 % , NaOH 0.56 % และน้ำ) Cell II (ชานอ้อยที่เติมสารเติมแต่งไม่ทราบชนิดๆ ทั้งสิ้น ออกพหุทางมีเหตุผลแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงเงาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CaCO₃ 5-7 %) Cell III (Eucalyptus) Cell IV (Broad-leaved tree pulp)พบว่าสถานะที่เหมาะสมในการต่อกิ่ง Acrylonitrile ลงบนยูคาลิปตัสคือใช้น้ำเป็นตัวทำละลายโดยดูผลได้จากตารางที่ 2.5

Cellulose	Medium	PG (%)
Cell III	DMSO/PF	32.0
Cell III	H ₂ O	79

ตารางที่ 2.5 ผลของตัวกลางที่ใช้ในการต่อกิ่งที่มีต่อ Cell III ⁷

การหาเวลาที่เหมาะสมในการต่อกิ่งกับเส้นใยต้องพิจารณาถึงเวลาที่มอนอเมอร์สัมผัสกับเส้นใย (Contact time) เพื่อให้ได้เวลาการต่อกิ่งที่สั้นที่สุดที่จะทำให้ได้เปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งที่สูงที่สุด ดัง แสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ผลของเวลาที่มอนอเมอร์สัมผัสกับเส้นใยที่มีต่อปฏิกิริยาการต่อกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิฉะนั้นผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้พบว่า การเติมสารเติมแต่ง CaCO_3 (Cell II) และทำการตอกิ่งด้วย MMA จะมีความเสถียรต่อความร้อนมากกว่าปกติ ส่วนเส้นใยไม้ (Cell IV) ที่มีการตอกิ่งด้วย PMMA ทำให้มีความเสถียรต่อความร้อนมากขึ้น ในขณะที่เส้นใยที่มีการตอกิ่งด้วย PAN จะมีความเสถียรต่อความร้อนน้อยกว่าเส้นใยที่ไม่ได้ทำการตอกิ่ง

J.George และคณะ⁸ ได้ทำการศึกษาสมบัติเชิงกลของคอมพอสิตระหว่างเส้นใยสับปะรดกับ Low Density Polyethylene (LDPE) ซึ่งพบว่าค่า Tensile strength และค่า Tensile Modulus ดีขึ้นเมื่อมีการเติมปริมาณเส้นใยลงในคอมพอสิตมากขึ้นแต่จะมีค่า Elongation at break ลดลง นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาความยาวของเส้นใยที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลโดยเมื่อเส้นใยมีขนาดที่ยาวขึ้นได้ผลว่าเส้นใยที่ยาวขึ้นจะทำให้มีค่า Tensile strength และค่า Tensile Modulus มากขึ้นและทำให้ค่า Elongation at break น้อยลง โดยผลที่ได้แสดงในตารางที่ 2.6 และ 2.7

Fiber loading (wt.%)	Tensile strength (MPa)	Tensile modulus (MPa)	Elongation at break (%)
0	8.5	130	110
10	16.3	610	11
20	19.8	718	5
30	24	1095.4	4

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าสมบัติเชิงกลที่เปอร์เซ็นต์เส้นใยต่างๆ⁸

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fiber length (mm)	Tensile strength (MPa)	Tensile modulus (MPa)	Elongation at break (%)
0	8.5	130	110
2	19.7	932.7	4
6	24	1095.4	4
10	27	1081	7

ตารางที่ 2.7 แสดงแสดงค่าสมบัติเชิงกลที่ความยาวเส้นใยต่างๆ⁹

B.V. Koka⁹ และคณะได้ทำการศึกษาผลของการปรับปรุงคอมพอลิเตอร์หว่างพอลิไวนิล ครอบไรด์ (PVC) กับเส้นใย aspen ด้วยวิธีการปรับปรุงทางเคมีพบว่าเมื่อมีการปรับปรุงคอมพอลิเตอร์ด้วยสารเคมีเช่น Maleic Anhydride, H₂O₂, หรือกรดชนิดต่างๆจะทำให้สมบัติทางกายภาพดีขึ้นเมื่อเทียบกับคอมพอลิเตอร์ที่ไม่ได้รับการปรับปรุง

R. G. Raj และคณะ¹⁰ ทำการศึกษาผลของสภาวะการขึ้นรูปและวัสดุยึดติดที่มีต่อสมบัติเชิงกลของคอมพอลิเตอร์จากชานอ้อย โดยใช้วัสดุยึดติดคือ HDPE พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิของการอัด (Compression molding temperature) จาก 150-210 องศาเซลเซียส ทำให้ค่า Tensile strength เพิ่มขึ้นเนื่องจาก HDPE ที่เป็นวัสดุยึดติดเกิดการไหลได้ดี ทำให้มีการกระจายตัวของเส้นใยฝังสัมผัส (Fiber wetting) มากขึ้นการเกี่ยวพันของเส้นใยชานอ้อยมากขึ้นส่งผลให้คอมพอลิเตอร์มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

D. Busu , และคณะ.¹¹ และ A. C. Karmaker และคณะ¹² พบว่าพอลิพรอพิลีน (PP) มีการหดตัวเนื่องจากความร้อนทำให้เหลือช่องว่างระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์ การทำให้เส้นใยบวมตัวจะช่วยเติมช่องว่างและทำให้พอลิเมอร์คอมพอลิเตอร์มีสมบัติเชิงกลดีขึ้น

X.J. Xian, และคณะ¹³ ทำการศึกษาเส้นใยไม้ (Bamboo) ,เส้นใยมะพร้าว (Coir) , หญ้า Marsh (Phragmites) โดยนำมาใช้เสริมแรงพอลิเมอร์เมตริกซ์เช่น Epoxy , Urea Formaldehyde(UF) และ Resorcinol Formaldehyde (RF) พบว่าความแข็งแรงในการเสริมแรงเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้คือ เส้นใยไม้จะมีค่ามากที่สุดรองลงมาเป็นเส้นใยมะพร้าวและหญ้า Marsh มีค่าน้อยสุด

✓ V. G. Geethamma และคณะ¹⁴ ทำการศึกษาการปรับปรุงการยึดติดระหว่างพื้นผิวของเส้นใยมะพร้าวกับยางธรรมชาติโดยใช้การปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยมะพร้าวด้วย Sodium hydroxide ซึ่งมีผลทำให้พันธะระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับยางธรรมชาติดีขึ้นส่งผลให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ✓

S. Varghese และคณะ¹⁵ และ S. Varghese และคณะ¹⁶. ทำการศึกษาการนำน้ำมันปาล์มและเส้นใยมะพร้าวมาใช้เป็นวัสดุเสริมแรงในยางธรรมชาติ พบว่าคอมพอลิตที่ได้มีค่าความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

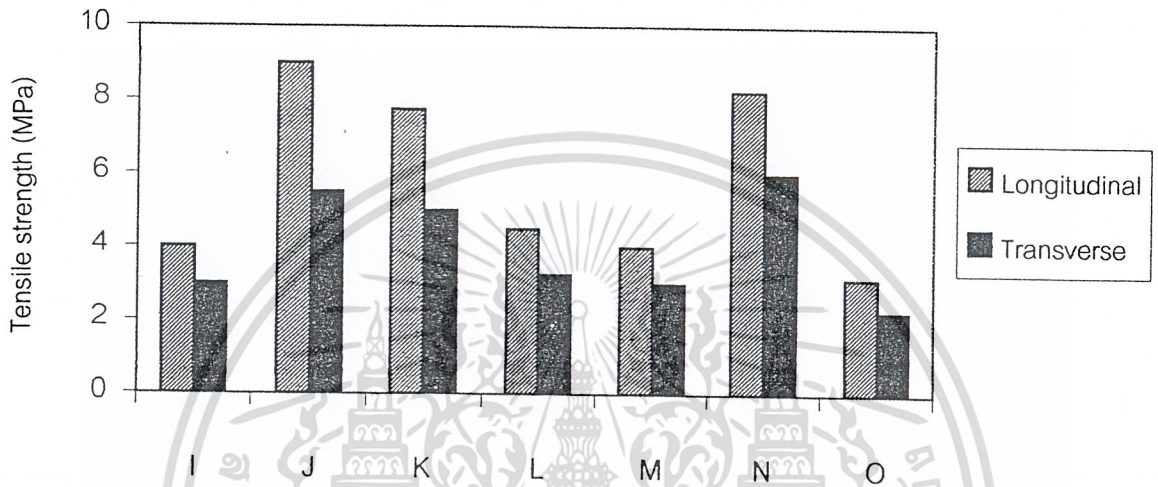
V. G. Geethamma และคณะ¹⁷ ศึกษาผลของการปรับปรุงคอมพอลิตระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับยางธรรมชาติโดยใช้การปรับปรุงทางเคมี

Natural rubber (ISNR 5)	100
Zinc oxide (phr)	5
Stearic acid (phr)	1.5
TDQ (phr)	1
Resorcinol (phr)	7.5
Hexa (phr)	4.8
CBS (phr)	0.6
Sulfur (phr)	2.5
Coir fibre (untreated) (phr)	30
Coir fibre (treated) (phr)	30
Description of mixes	
Mix I –Untreated fibre+NR solution+TDI solution	
Mix J–Sodium hydroxide-treated fibre+NR solution+ TDI solution	
Mix K–Sodium hydroxide-treated fibre+liquid NR solution+ TDI solution	
Mix L– Untreated fibre + resorcinol+hexa	
Mix M-- Untreated fibre + resorcinol+hexa+ 7.5 parts silica	
Mix N–Sodium carbonate+treated fibre+resorcinol+hexa	
Mix O-- Sodium carbonate+treated fibre+resorcinol+hexa+ 7.5 parts silica	

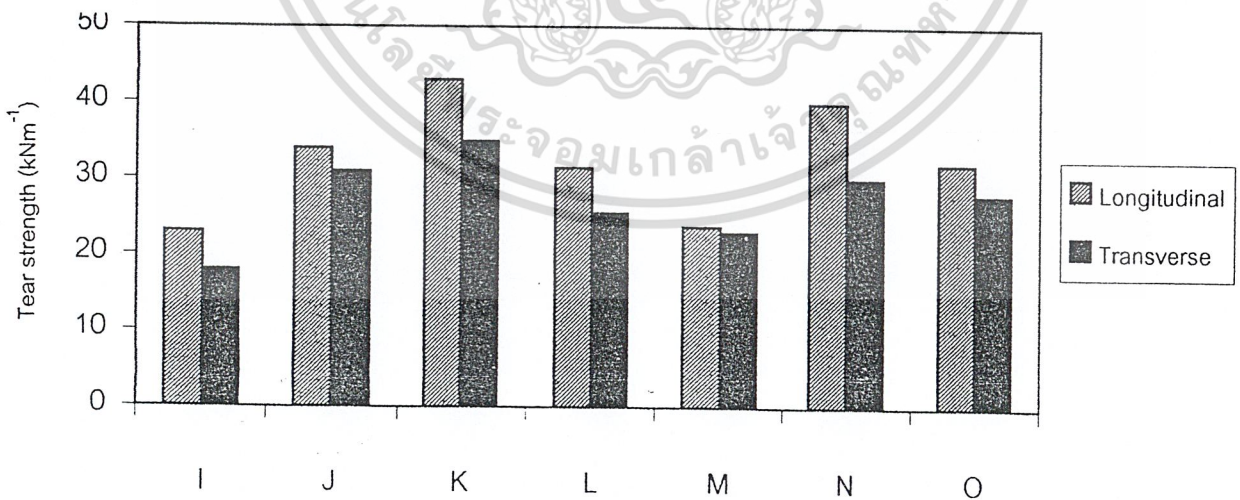
ตารางที่ 2.8 แสดงส่วนผสมของคอมพอลิต¹⁷

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อดูค่า Tensile strength ตามรูปที่ 2.5 พบว่าเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ทำการปรับปรุงแล้วนำมาเป็นวัสดุเสริมแรงกับยางธรรมชาติจะมีค่า Tensile strength ที่ต่ำกว่าเส้นใยมะพร้าวที่ทำการปรับปรุงด้วยสารเคมี โดยจากรูปจะได้ค่า Tensile strength สูงสุดเมื่อนำเส้นใยมาปรับปรุงด้วย Sodium hydroxide (J)



รูปที่ 2.5 แสดงค่า Tensile strength ของคอมพอลสิต¹⁷



รูปที่ 2.6 กราฟแสดงค่า Tear strength ของคอมพอลสิตชนิดต่างๆ¹⁷

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อพิจารณากราฟแสดงค่า Tear strength ดังรูปที่ 2.6 พบว่าเส้นใยที่มีการปรับปรุงด้วยวิธีทางเคมีจะมีค่าสูงกว่าที่ไม่ได้ปรับปรุง

นอกจากนี้ได้มีการนำเอาวิธีฉายรังสีมาใช้ในการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยธรรมชาติซึ่งจะพบว่ามีปัญหาคือการเกิดไฮโดรพอลิเมอร์ของมอนอเมอร์ที่นำมาฉายรังสีทำให้มีเปอร์เซ็นต์การตอกลงต่ำจึงมีการศึกษาการใช้สารตัวเติมบางชนิดเช่น กรด AIBN, TFI และยูเรีย มาใช้ในการลดปริมาณการเกิดไฮโดรพอลิเมอร์ของมอนอเมอร์เช่น

S. Dilli และคณะ¹⁸ กับ B.N. Misra, G.S. Chauhan และคณะ¹⁹ ได้ทำการศึกษาผลของกรดที่มีต่อการฉายรังสีของปฏิกิริยา โคพอลิเมอร์ไรเซชันของมอนอเมอร์กับเส้นใยธรรมชาติ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การตอกลงที่สูงขึ้น

V. Visay และคณะ²⁰ ได้ทำการศึกษาผลของสารตัวเติม (Additives) ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การตอกลงของ Methyl methacrylate (MMA) กับเส้นใยเซลลูโลสโดยการใช้วิธีการฉายรังสี UV และ ไอออนไนซิ่ง (แกมมา) พบว่าการเติมสารตัวเติมลงไปมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตอกลงของ Methyl methacrylate เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงวิธีการนำ Styrene มาใช้เป็นมอนอเมอร์ร่วมกับ MMA เมื่อพิจารณาผลจากตารางที่ 2.9 ซึ่งแสดงเปอร์เซ็นต์การตอกลงของ Methyl methacrylate โดยการใช้การฉายรังสี U V พบว่าเมื่อมีการเติมสารตัวเติมลงไปจะช่วยให้มีเปอร์เซ็นต์การตอกลงเพิ่มขึ้น และเมื่อมีการใช้ Styrene จะทำให้เปอร์เซ็นต์การตอกลงเพิ่มขึ้น ตารางที่ 2.10 เป็นผลของการฉายรังสีแกมมาพบว่าเปอร์เซ็นต์การตอกลงเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Samples	Grafting yield (%)			
	Atmospheric condition		Nitrogen	
	MMA	MMA/STY	MMA	MMA/STY
Control	6.0	0	53	1.4
BEE	49	105	45	177
AIBN	41	132	73	153
TFI	70	86	Excessive	179
H ⁺	2.8	2.5	14	4.0
UREA	0.1	112	25	108
UREA+ H ⁺	0.4	12.4	34	14.9

Control= no additive ; TFI = Irgacure 1700 ; H⁺ = H₂SO₄ (0.2 M) All additive 1% w/w; monomer solution 60% v/v methanol Styrene 20% of total monomer volume in comonomer technique

ตารางที่ 2.9 แสดงเปอร์เซ็นต์การตอกกิ่งของ MMA โดยการฉายรังสี UV²⁰

Samples	Grafting yield (%)			
	Atmospheric condition		Nitrogen	
	MMA	MMA/STY	MMA	MMA/STY
Control	7.2	77	167	120
BEE	50	83	204	143
AIBN	78	87	178	125
TFI	40	79	206	148
H ⁺	30	141	260	Excessive
UREA	8.4	118	203	122
UREA+ H ⁺	101	103	255	97

Control= no additive ; TFI = Irgacure 1700 ; H⁺ = H₂SO₄ (0.2 M) All additive 1% w/w; monomer solution 60% v/v methanol Styrene 20% of total monomer volume in comonomer technique

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ตารางที่ 2.10 แสดงเปอร์เซ็นต์การตอกกิ่งของ MMA โดยการฉายรังสีแกมมา²⁰ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้

3.1.1 สารเคมีและวัสดุที่ใช้

1. Methyl methacrylate (MMA)	J.T.Baker Analyzed Co.,Ltd.
2. Styrene	J.T.Baker Analyzed Co.,Ltd.
3. Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS)	บ. TPI จำกัด
4. Anhydrous calcium chloride	Fluka chemica
5. Urea	Farmitalia Carlo Erba, Inc
6. Methanol	Mallinckrodt Baker, Inc
7. Coir (เส้นใยมะพร้าว)	บ. อุตสาหกรรมใยมะพร้าวไทย จำกัด
8. NaOH	Mallinckrodt Baker, Inc
9. Chloroform Urea	Farmitalia Carlo Erba, Inc

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. เครื่องฉายรังสีแกมมา (Gamma Cell 220) ที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ บางเขน กรุงเทพฯ
2. เครื่องฉีดพลาสติก (Injection molding machine , Cosmo)
3. เครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two roll mill)
4. เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile tester , LLOYD Instruments LR 30K)
5. เครื่องทดสอบความทนทานต่อการกระแทก (Impact tester , Yasuda)
6. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกวาด (Scaning electron microscope , JSM 6400)
7. Atomic force microscope (AFM , Topo Metrix Model: Discoverer)
8. Heat distortion tester (HDT, Yasuda)
9. Rockwell Hardness (Matsuzawa)

10. เครื่องบดพลาสติก (NEMA A600)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในกรณีใดๆ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยและต้องอภัยถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. เครื่องร่อน(Retch)
12. ตะแกรงมาตรฐานขนาด 10 mesh (X 2 mm²)
13. ไมโครมิเตอร์
14. เวอร์เนีย
15. ตู้อบ
16. ไมโครมิเตอร์
17. ชุดสกัด soxhlet
18. หลอดทดลอง

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.2.1 การเตรียมเส้นใยมะพร้าว

นำเส้นใยมะพร้าวมาแยกขนาดด้วยตะแกรงร่อนที่มีความละเอียด 10 mesh (X 2 mm²) แล้วทำความสะอาดเส้นใยมะพร้าวด้วยน้ำกลั่น นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเส้นใยไปเก็บไว้ในเดซีเคเตอร์โดยก่อนนำเส้นใยมะพร้าวไปใช้ ผสมกับเม็ดพลาสติก ให้เส้นใยไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3.2.2 การเตรียม Methyl methacrylate (MMA) และ Styrene (S)

นำ MMA ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาสกัดด้วย NaOH 5% 2 ครั้งๆ ละ 30 ลูกบาศก์เซนติเมตรจนเป็นกลางโดยทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส กำจัดน้ำโดยใช้ Anhydrous calcium chloride ต่อจากนั้นนำมาเก็บใส่ขวดสีชาเพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป โดยสำหรับ Styrene จะใช้วิธีเดียวกันกับการเตรียม MMA

3.2.3 การศึกษาผลของปริมาณการฉายรังสีที่มีต่อการตอกลง

3.2.3.1 การตอกลง

1. เตรียมเส้นใยมะพร้าว, MMA , Styrene , และ Methanol ในอัตราส่วน 1:3:1:5
2. แช่เส้นใยมะพร้าวในเมทานอล โดยใส่ในหลอดทดลองแล้วปิดฝาทิ้งไว้ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จำนวน 4 หลอด
3. เติม MMA , Styrene นำมาพ่นด้วยไนโตรเจนประมาณ 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ใส่ Urea จำนวน 1% โดยปริมาตรของปริมาตรทั้งหมดในแต่ละหลอด ปิดหลอดให้สนิทเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. นำไปฉายรังสีโดยใช้ Gamma-ray ที่ปริมาณการฉายรังสีทั้งหมด (Total Dose) 10,15,20,25,30, และ 35 kGy
6. นำเส้นใยที่ฉายรังสีมาล้างด้วย Methanol หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
7. นำไปสกัดไฮโมพอลิเมอร์และหา % Grafting yield

3.2.3.2 การสกัดไฮโมพอลิเมอร์และการหา % Grafting yield

1. ชั่งเส้นใยในแต่ละหลอด 4 กรัมใส่ในทิมเบิล (Thimble)
2. ใส่ Chloroform 100 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลม
3. ตั้งชุดสกัด Soxhlet เพื่อสกัดไฮโมพอลิเมอร์เป็นเวลา 12 ชั่วโมง
4. นำเส้นใยไปอบที่ 60 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน
5. นำมาคำนวณหา % Grafting yield

$$\% \text{ Grafting yield} = \frac{\text{Final weight} - \text{Initial weight}}{\text{Initial weight}}$$

Final weight = น.น.เส้นใยมะพร้าวที่สกัดไฮโมพอลิเมอร์แล้ว

Initial weight = น.น.เส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ฉายรังสี

3.2.4 การศึกษาผลของปริมาณเส้นใยที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของคอมพอลสิต

3.2.4.1 เส้นใยที่ไม่ได้นำไปฉายรังสี

1. นำเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ฉายรังสีมาทำการผสมกับเม็ดพลาสติกเอบีเอส (ABS) ในอัตราส่วนเส้นใย 1, 3, 5, 7, และ 10 % โดยน้ำหนัก
2. นำมาผสมในเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
3. นำไปบดด้วยเครื่องบดพลาสติก

4. ขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้เครื่องฉีดพลาสติก ที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

5. เก็บชิ้นงานไว้เพื่อนำไปทดสอบต่อไป

ไม่ว่าการนี้ได้แก่... และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4.2 เส้นใยที่นำไปฉายรังสี

1. ทำการทดลองเหมือน 3.2.4.1 โดยใช้เส้นใยที่ฉายรังสีแทนโดยใช้การฉายรังสีที่ 15,20,25,และ30 kGy

3.3 การทดสอบ

3.3.1 การศึกษาสัณฐานวิทยา (Morphology)

ทำได้โดยนำเส้นใยที่ฉายและไม่ได้ฉายรังสีรวมทั้งชิ้นงานมาศึกษาสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกวาด (SEM) และ Atomic force microscope (AFM)

3.3.2 การศึกษาสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties) ของชิ้นงาน

- 3.3.2.1 ทดสอบความแข็งแรงดึง โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile testing machine) ที่ความเร็ว 10 เซนติเมตรต่อนาทีตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 638-87b
- 3.3.2.3 ทดสอบความแข็งแรงกระแทกโดยใช้เครื่องวัดความแข็งแรงกระแทก (Impact tester) ที่สภาวะอุณหภูมิห้อง ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D 256A
- 3.3.2.3 ทดสอบความแข็ง โดยใช้เครื่องวัดความแข็ง (Hardness tester) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D732-58
- 3.3.2.4 ทดสอบสมบัติการโค้งงอโดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติการโค้งงอ (Flexural strength) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D790-90
- 3.3.2.5 ทดสอบสมบัติการบิดตัวทางความร้อนโดยใช้ HDT (Heat Distortion Temperature) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D648-72

3.3.3 การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเส้นใยมะพร้าว

1. นำชิ้นงานตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 60 ± 3 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. ทิ้งให้เย็นในเดซีเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนัก ทำการทดลองซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่
3. นำชิ้นงานใส่ในภาชนะ ทิ้งไว้ในที่มีอากาศถ่ายเทเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกค่าที่ได้แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

3.3.4 การหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (Water absorption)

1. นำชิ้นงานตัวอย่างอบที่อุณหภูมิ 60 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- ไม่ว่าการณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทิ้งให้เย็นในเดซีเคเตอร์แล้วชั่งน้ำหนัก ทำการทดลองซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่
3. นำชิ้นงานตัวอย่างแช่น้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 23 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน
4. หลังจากนั้นนำชิ้นงานมาเช็ดให้แห้ง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักหาผลต่างแล้วคำนวณ เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D570-81



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาถึงผลของปริมาณการฉายรังสีที่มีต่อการตอก

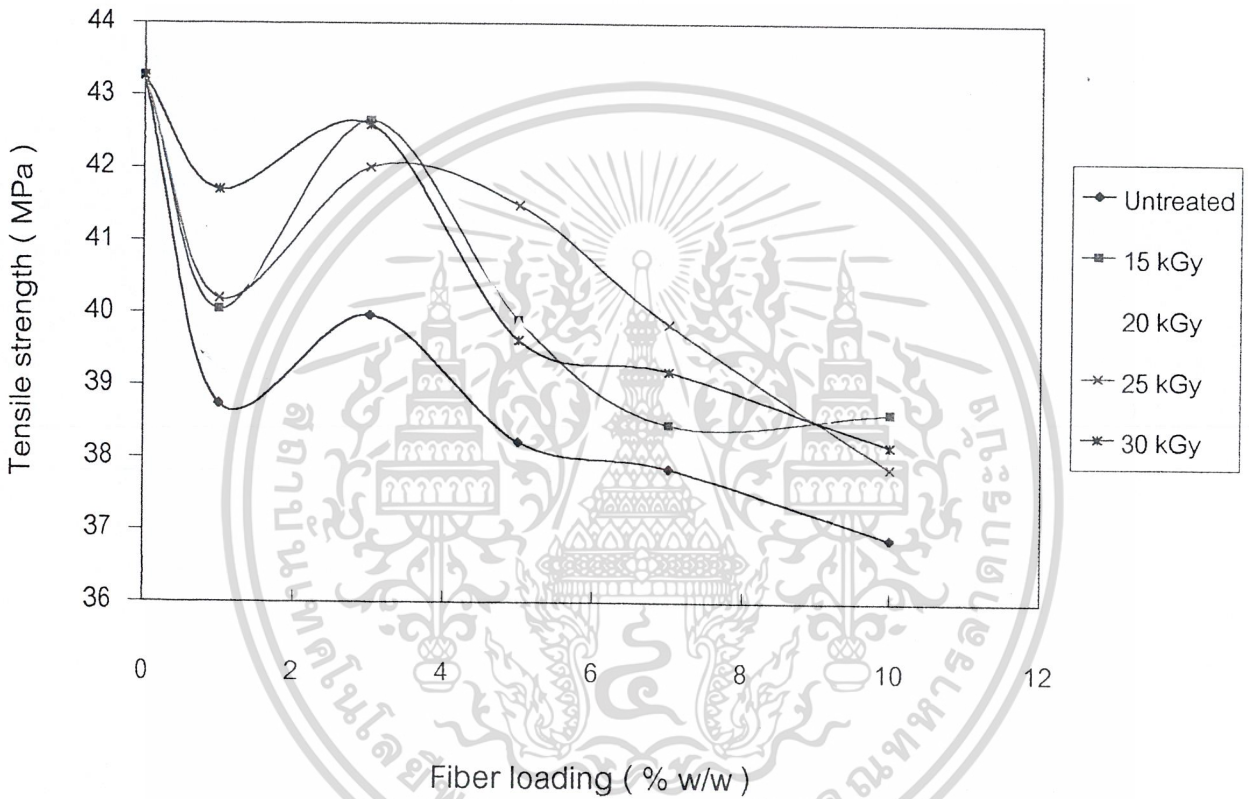
Total dose (kGy)	% Homopolymer	% Grafting
10	12.48	6.28
15	15.29	12.05
20	21.96	32.87
25	25.35	40.20
30	25.29	41.23
35	24.78	42.54

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า% Grafting และ % Homopolymer ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อฉายรังสีที่ ปริมาณฉายรังสีรวม (Total dose) ต่ำๆ (10-15 kGy) เปอร์เซ็นต์การตอกยังมีค่าน้อย เนื่องจากปริมาณของรังสีที่ฉายไปไม่สามารถไปทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่เส้นใยมะพร้าวและแตกตัวมอนอเมอร์ได้ไม่มาก ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การตอกต่ำ เมื่อเพิ่มปริมาณรังสีทำให้เกิดอนุมูลอิสระมากขึ้น เปอร์เซ็นต์การตอกจึงเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่า% Homopolymer ตอนเริ่มต้นยังมีปริมาณน้อยเมื่อปริมาณการฉายรังสีเพิ่มขึ้นค่าที่ได้ก็จะมากขึ้น จากการทดลองพบว่าแม้ปริมาณการฉายรังสีมีค่าเพิ่มขึ้นแต่เปอร์เซ็นต์การตอกจะเพิ่มขึ้นไม่มากและมีแนวโน้มคงที่ เช่นเดียวกับ % การเกิด Homopolymer ทั้งนี้คาดว่าเนื่องมาจากการเติมสารตัวเติม (Additives) ลงไปในระบบ ทำให้ช่วยลดการเกิดปริมาณ Homopolymer เป็นผลให้มีการตอกเพิ่มขึ้น โดยจากการศึกษาทางวิจัยที่ผ่านมา²⁰ พบว่าการเติม styrene ลงในระบบจะไปช่วยลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาในชั้นแผ่นสายโซ่ (K_p) ของ MMA ทำให้มี MMA เหลือเข้าไปทำปฏิกิริยากับเส้นใยได้มากขึ้นทำให้มีเปอร์เซ็นต์การตอกเพิ่มมากขึ้น ส่วนการเติมยูเรีย (Urea) ลงไปจะทำให้มีการตอกเพิ่มขึ้นเนื่องจากยูเรียไปช่วยเป็นสารไม่ว่องไวใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบเชิงซ้อนกับมอนอเมอร์ทำให้มีปริมาณความเข้มข้นของมอนอเมอร์ที่จะไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระได้มากขึ้น

4.2 การศึกษาสมบัติเชิงกลของคอมพอลิเมอร์ที่ปรับปรุงเส้นใยด้วยการฉายรังสีเทียบกับคอมพอลิเมอร์ที่ไม่ได้รับการปรับปรุง

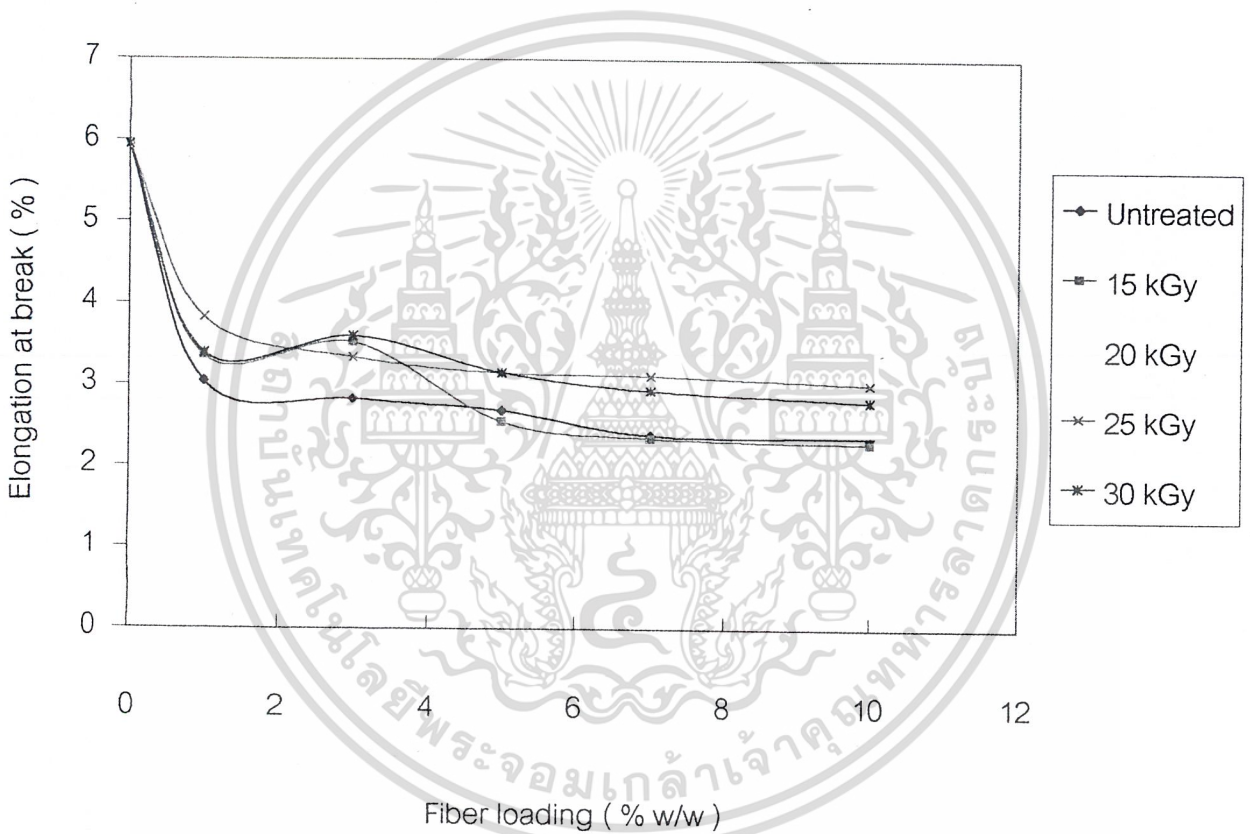


รูปที่ 4.1 แสดงค่า Tensile strength ของคอมพอลิเมอร์ที่ปริมาณเส้นใยต่างกัน

รูปที่ 4.1 เป็นกราฟเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ของคอมพอลิเมอร์ที่มีการเติมเส้นใยมะพร้าวในปริมาณต่างๆ (1, 3, 5, 7 และ 10% โดยน้ำหนัก) พล็อตกับปริมาณของเส้นใยมะพร้าว พบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคอมพอลิเมอร์ของเส้นใยที่ฉายรังสี กับเส้นใยที่ไม่ฉายรังสีจะเห็นว่าค่า Tensile strength คอมพอลิเมอร์ของเส้นใยที่ฉายรังสีจะมีความแข็งแรงดึงสูงกว่า ที่เป็นดังนี้เนื่องมาจาก การที่เส้นใยมะพร้าวไปฉายรังสีทำให้มีการต่อกิ่งของ MMA เป็นการช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับ ABS เป็นผลให้ความแข็งแรงของคอมพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น สามารถรับแรงได้มากขึ้น พบว่าการเติมปริมาณเส้นใยที่ 3% คอมพอลิเมอร์จะมีค่า Tensile strength สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับที่ปริมาณการเติมไม่ว่าการเติมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยอื่นๆ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากที่ปริมาณเส้นใย 3% เป็นปริมาณเส้นใยที่พอเหมาะในการผสมกับพอลิเมอร์ เส้นใยมีการกระจายตัวดี และมีการยึดติดที่ดีกับ ABS เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยอาจทำให้การกระจายตัวของเส้นใยในคอมพอสิตไม่ดี อาจเกิดตำหนิ ช่องว่างในคอมพอสิตทำให้ความแข็งแรงของคอมพอสิตลดลง

จากการเปรียบเทียบความแข็งแรงของคอมพอสิตที่มีการฉายรังสีเส้นใยในปริมาณต่างๆ (15, 20, 25 และ 30 kGy) พบว่า ค่าความแข็งแรงดึงของคอมพอสิตมีค่าใกล้เคียงกัน การฉายรังสีที่ 20 kGy ให้คอมพอสิตที่มีความแข็งแรงสูงสุด

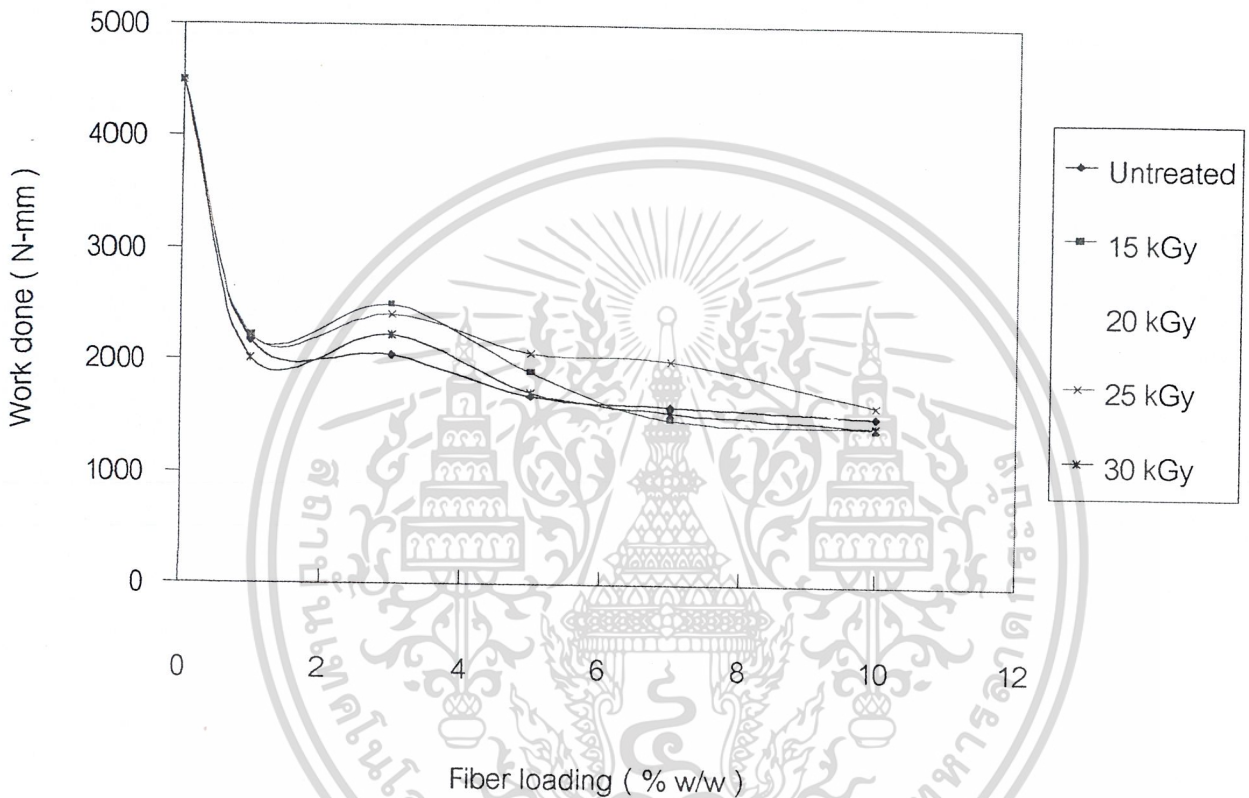


รูปที่ 4.2 แสดงค่า % Elongation at break ของคอมพอสิตที่ปริมาณเส้นใยต่างๆ

จากรูปที่ 4.2 พบว่าเมื่อมีการเติมเส้นใยมะพร้าวลงใน ABS ค่า % Elongation at break ของคอมพอสิตจะมีแนวโน้มลดลงโดยสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อมีการเติมเส้นใยลงไปจะเป็นการทำลายความต่อเนื่องของพอลิเมอร์เมตริกซ์ (ABS) คอมพอสิตเกิดการเสื่อมสภาพในบริเวณที่มีความแข็งแรงน้อย ได้แก่บริเวณรอยต่อของเส้นใยกับพอลิเมอร์ หรือ Interfaces ถ้ามีการผสมที่

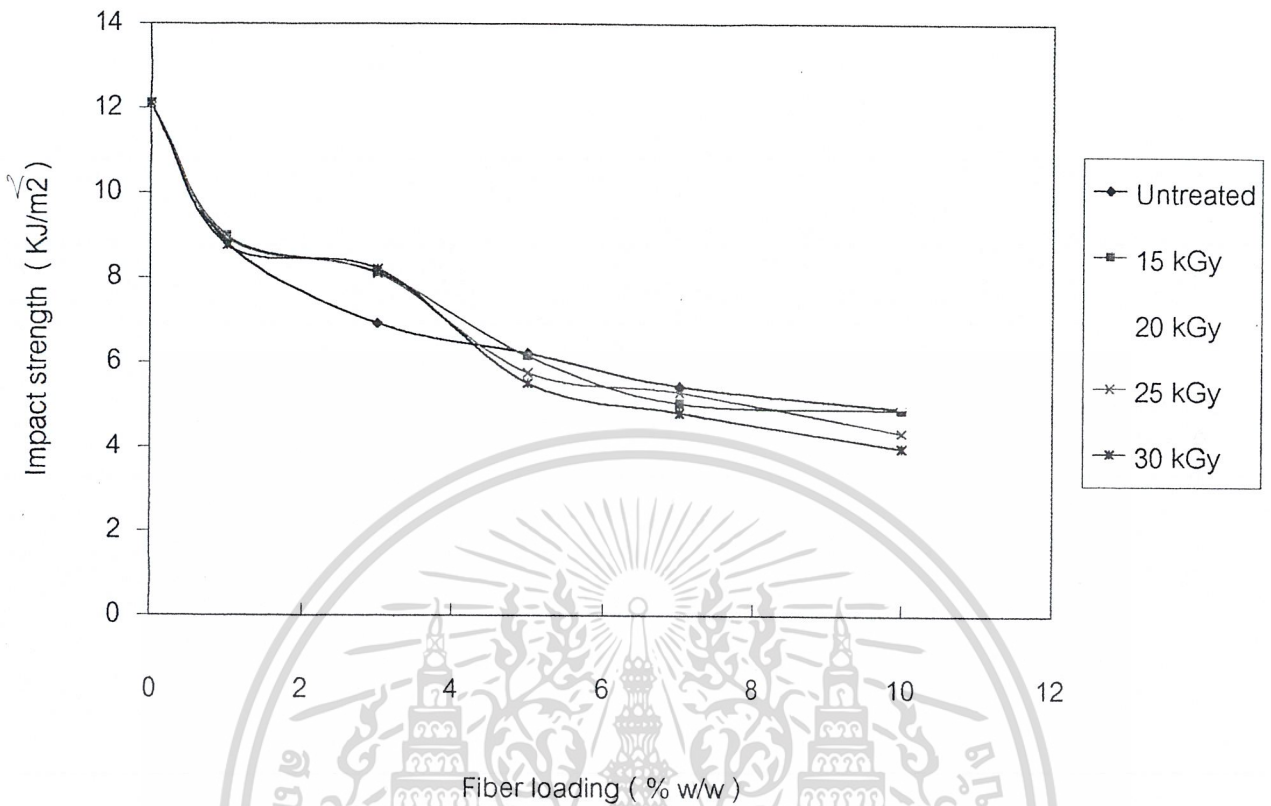
ไม่ดีอาจเกิดช่องว่างระหว่างเส้นใยกับ ABS ทำให้มีการยึดติดระหว่างกันไม่ดีซึ่งส่งผลให้คอมพอสิตสามารถรับแรงได้น้อยและยึดได้น้อย เมื่อเปรียบเทียบการยึดตัวของคอมพอสิตผสมเส้นใยที่

ฉายรังสีกับเส้นใยที่ไม่ได้ฉายรังสีพบว่าค่า % Elongation at break ของคอมพอลิตที่เติมเส้นใยที่ฉายรังสีมีแนวโน้มสูงกว่า เนื่องจากเส้นใยที่ปรับปรุงด้วยการฉายรังสีจะมีการตอกกิ่งของ MMA เมื่อนำมาผสมกับ ABS จึงช่วยทำให้การยึดติดมากขึ้นสามารถที่จะรับแรงได้มากขึ้นจึงยึดได้มากกว่าคอมพอลิตของเส้นใยที่ไม่ได้ฉายรังสี



รูปที่ 4.3 แสดงค่า Work done ของคอมพอลิตที่ปริมาณเส้นใยต่างๆกัน

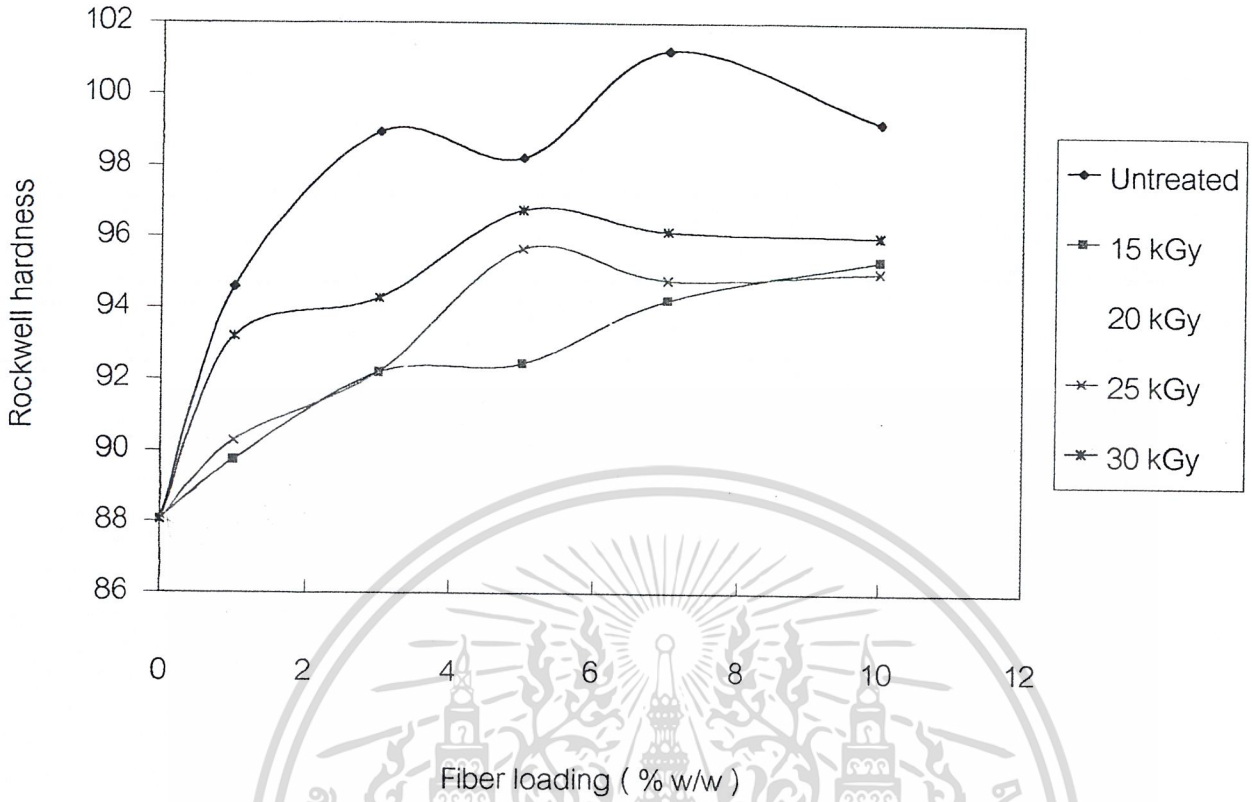
ค่า Work done บอกให้ทราบถึง ค่าพลังงานที่ใช้ในการทำให้วัสดุเกิดการเสียหาย จากรูปที่ 4.3 พบว่าค่า Work done มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยมะพร้าวในคอมพอลิต สามารถอธิบายในลักษณะคล้ายกับค่า % Elongation at break เมื่อเติมเส้นใยในคอมพอลิตจะทำให้เกิดช่องว่างขึ้นทำให้การยึดติดไม่ดี เมื่อยิ่งเติมเส้นใยลงไปจึงทำให้มีช่องว่างมากยิ่งขึ้นอีกทั้งการกระจายตัวของเส้นใยจะไม่ดี จึงใช้แรงในการดึงทดสอบน้อยลง และเมื่อพิจารณาระหว่างคอมพอลิตของเส้นใยที่ฉายรังสีเทียบกับไม่ฉายรังสีพบว่าคอมพอลิตที่ผสมเส้นใยที่ฉายรังสีจะมีค่า Work done สูงกว่าแบบไม่ฉายรังสี โดยที่ 3% เส้นใยที่ฉายรังสีแล้วจะมีค่าสูงที่สุดซึ่งเนื่องมาจากที่ปริมาณ 3% คาดว่ามีการกระจายตัวของเส้นใยที่ดี มีการยึดติดระหว่างเส้นใยกับ ABS ที่ดีที่สุดส่งผลให้มีการใช้แรงมากขึ้นในการดึงทดสอบ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงค่า Impact strength ที่ปริมาณเส้นใยต่างๆกัน

รูปที่ 4.4 เป็นกราฟเปรียบเทียบค่า Impact strength กับปริมาณเส้นใยมะพร้าวที่เติมในคอมพอลสิตพบว่าค่า Impact strength มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยลงในคอมพอลสิตทำให้มีช่องว่างเกิดขึ้นในคอมพอลสิต การยึดเกาะไม่ดีเมื่อนำไปทดสอบจึงได้ค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคอมพอลสิตที่ผสมเส้นใยฉายรังสีกับไม่ฉายรังสีพบว่าคอมพอลสิตที่ผสมเส้นใยที่ฉายรังสีมีค่า Impact strength ที่สูงกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่เส้นใยที่ฉายรังสีมีการต่อกิ่งด้วย MMA ทำให้ช่วยในการยึดติดกับ ABS ได้ดียิ่งขึ้นแต่เนื่องจากการที่ MMA เป็น Glassy polymer ซึ่งมีสมบัติแข็งแต่เปราะเมื่อนำมาผสมกับ ABS ทำให้ค่า Impact strength ลดลง

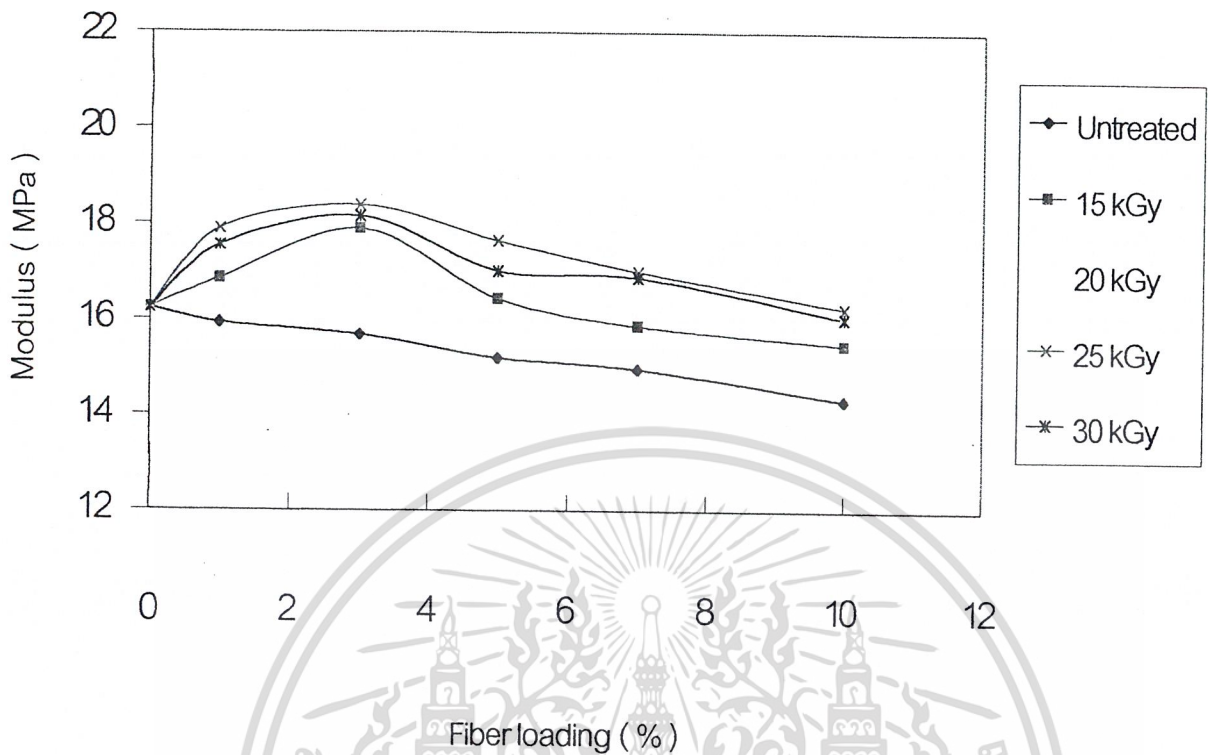
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงค่า Rockwell hardness ที่ปริมาณเส้นใยต่างๆกัน

รูปที่ 4.5 แสดงกราฟระหว่างค่า Hardness กับปริมาณเส้นใยที่ใช้ พบว่าค่าที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบไม่คงที่ ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่เส้นใยมะพร้าวกระจายอยู่ในคอมพอลสิตไม่มีตำแหน่งแน่นอน ดังนั้นเมื่อใช้เครื่อง Hardness tester เป็นหัวกดขนาดเล็กทดสอบที่ตำแหน่งหนึ่งๆ ค่าที่ได้จะขึ้นกับตำแหน่งที่กด ในการทดสอบวัดความแข็งอาจวัดถูกเส้นใยหรือบางครั้งอาจวัดถูกพอลิเมอร์เมตริกซ์ทำให้ค่า Hardness ที่ได้ไม่แน่นอน เมื่อพิจารณากราฟพบว่าเมื่อมีการเติมเส้นใยลงในคอมพอลสิตจะทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น แสดงว่าเส้นใยที่ใส่ทำให้คอมพอลสิตมีความแข็งเพิ่มขึ้น การที่คอมพอลสิตของเส้นใยที่ไม่ได้ฉายรังสีมีค่า Hardness สูงกว่าคอมพอลสิตของเส้นใยที่ฉายรังสีอาจเนื่องมาจากการนำเส้นใยไปแช่ใน Methanol ก่อนนำไปฉายรังสีซึ่งอาจมีการหลุดออกของลิกนินออกจากเส้นใยทำให้มีความแข็งลดลง

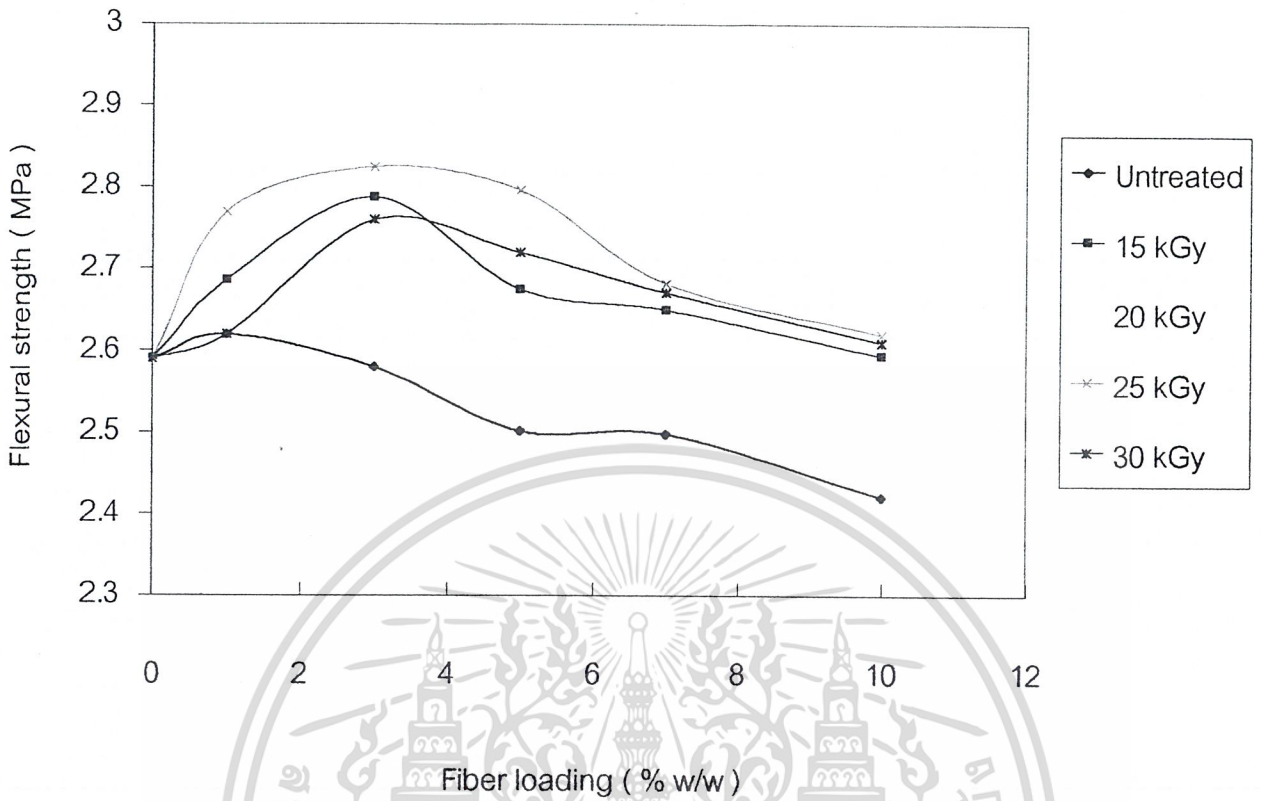
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงค่า Modulus ที่ปริมาณเส้นใยต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.6 พบว่าคอมพอสิตที่มีการผสมเส้นใยที่ฉายรังสีจะให้ค่า Modulus สูงกว่าคอมพอสิตของเส้นใยที่ไม่ได้ฉายรังสี ที่เป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับการวัดความแข็งแรงดึงของคอมพอสิต เนื่องจากการที่เส้นใยที่มีการฉายรังสีจะมีการยึดติดที่ตึกกว่าทำให้สามารถรับแรงได้มากกว่าจึงมีค่า Modulus สูงกว่า

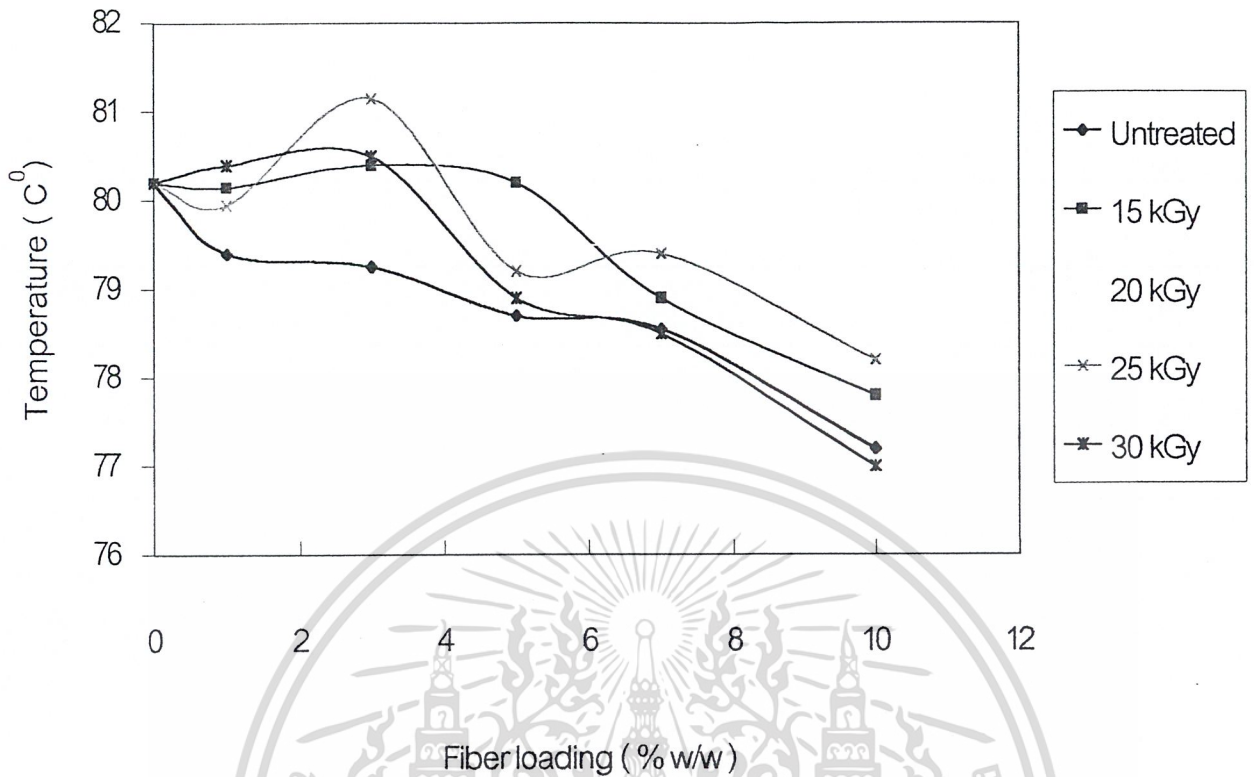
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงค่า Flexural strength ที่ปริมาณเส้นใยต่างๆกัน

ความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength) เป็นสมบัติเชิงกลที่แสดงให้เห็นถึง ความสามารถของวัสดุในการต้านทานต่อแรงภายนอกที่ทำให้วัสดุเกิดการโค้งงอ ค่า Flexural strength ของคอมพอสิตจะสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงที่รอยต่อระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์เมตริกซ์ หรือ Interfacial bonding จากรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าค่าความแข็งแรงโค้งงอของคอมพอสิตของเส้นใยที่มีการฉายรังสีมีค่าสูงกว่าคอมพอสิตของเส้นใยที่ไม่ได้ฉายรังสี ซึ่งมีแนวโน้มที่จะลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใย เมื่อทำการฉายรังสีเส้นใยที่ปริมาณต่างๆ พบว่าการฉายรังสีที่ 20 kGy ให้คอมพอสิตที่มีความแข็งแรงโค้งงอสูงสุด การเติมเส้นใยที่ 3 % ให้คอมพอสิตที่มีความแข็งแรงสูงสุด

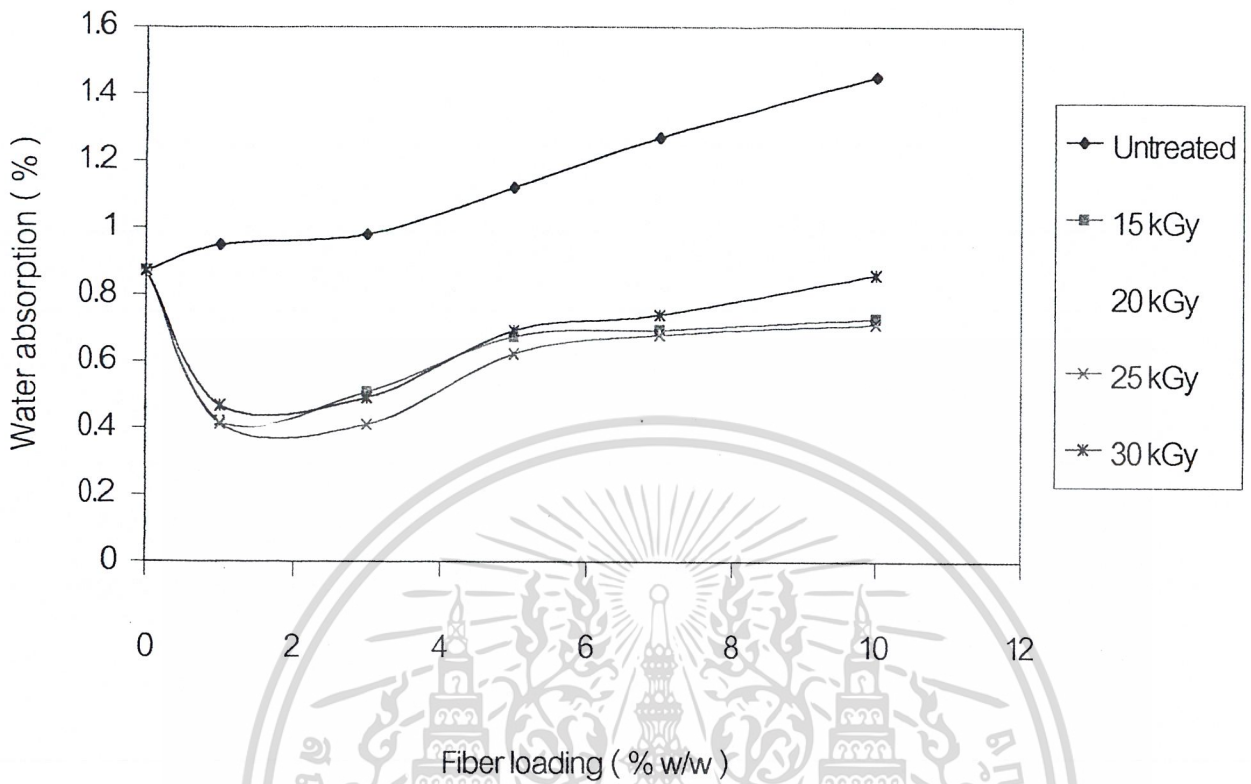
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงค่า HDT ของคอมพอสิตจากเส้นใยมะพร้าวที่ปริมาณเส้นใยต่างๆกัน

รูปที่ 4.8 พบว่าเมื่อมีการเติมเส้นใยที่ไม่ได้ฉายรังสีค่าอุณหภูมิการเสียรูปจากความร้อน (Heat distortion temperature) จะมีแนวโน้มลดลง ส่วนคอมพอสิตของเส้นใยที่ฉายรังสีนั้น ที่ปริมาณเส้นใย 1-3 % จะมีค่า HDT สูงขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยมากขึ้นค่าอุณหภูมิการเสียรูปจากความร้อนจะค่อยๆลดลงซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อมีการเติมเส้นใยที่ไม่ฉายรังสีในคอมพอสิตเส้นใยมีการยึดเกาะที่ไม่ดี จะมีช่องว่างเกิดขึ้นในคอมพอสิตส่งผลให้คอมพอสิตมีความแข็งแรงลดลง ในขณะที่เส้นใยที่มีการฉายรังสีจะมีการยึดติดที่ดีกว่าเนื่องจากมีการตอกกิ่งของ MMA ทำให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยขึ้นอาจทำให้การกระจายตัวของเส้นใยในคอมพอสิตไม่ดีและการยึดติดจะน้อยลงทำให้ค่าลดลง

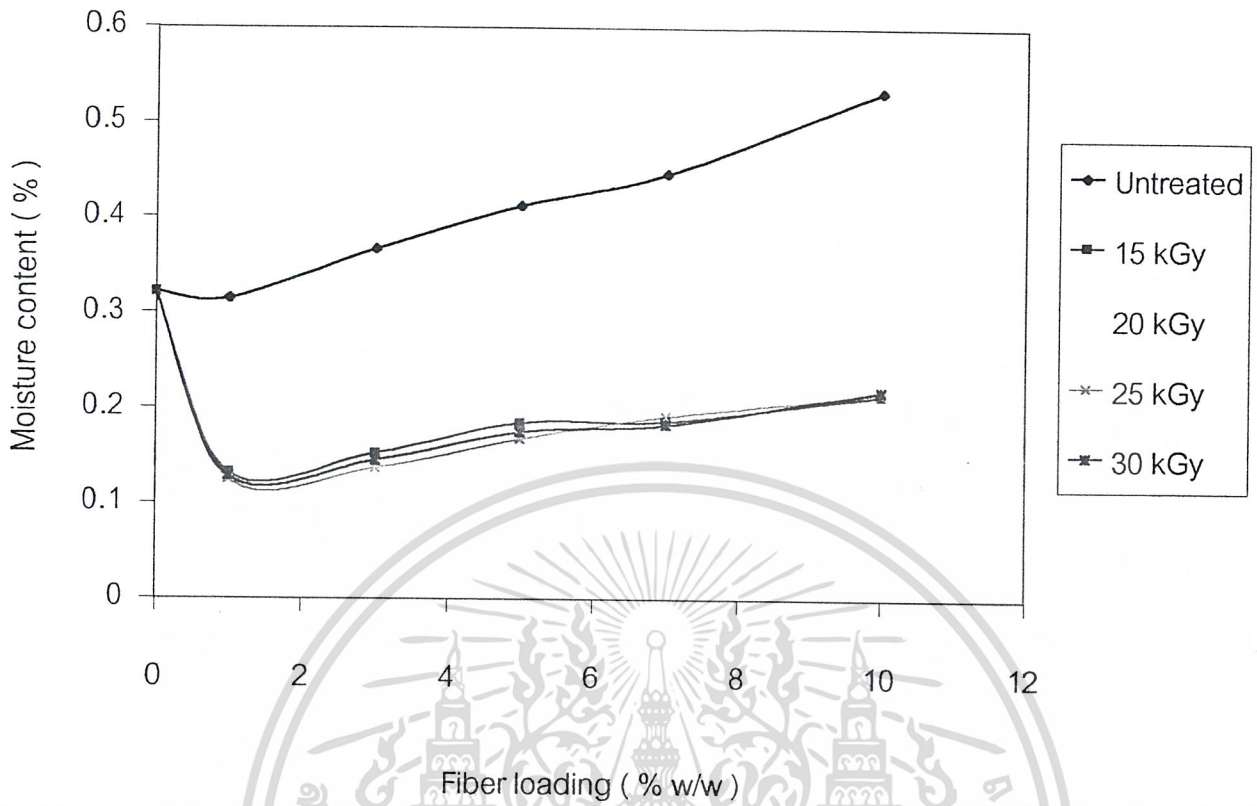
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงค่า % Water absorption ของคอมพอลิเมอร์ที่ปริมาณเส้นใยต่างกัน

รูปที่ 4.9 เป็นกราฟระหว่าง % Water absorption เทียบกับปริมาณเส้นใยที่ใช้ในคอมพอลิเมอร์ พบว่าคอมพอลิเมอร์ที่มีการปรับปรุงด้วยการฉายรังสีบนเส้นใยมะพร้าวแล้วจะมีค่า % Water absorption น้อยกว่าที่ไม่ได้รับการปรับปรุงโดยสามารถอธิบายได้ว่า เส้นใยที่มีการฉายรังสีจะมีการต่อกิ่งด้วยหมู่ MMA ทำให้มีการยึดติดกับคอมพอลิเมอร์ที่ดีขึ้นทำให้มีช่องว่างที่โมเลกุลของน้ำเข้าไปน้อยลง นอกจากนี้ PMMA เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic polymer) ทำให้การดูดน้ำของเส้นใยและคอมพอลิเมอร์ลดลง ส่วนเส้นใยที่ไม่ได้รับการปรับปรุงจะมีการยึดติดในคอมพอลิเมอร์น้อยกว่าทำให้เกิดมีช่องว่างให้โมเลกุลของน้ำเข้าไปได้มากขึ้น และเมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของปริมาณเส้นใยพบว่าค่า % Water absorption จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเส้นใยเพิ่มขึ้นซึ่งเนื่องมาจากการที่เส้นใยมะพร้าวจัดเป็นเส้นใยเซลลูโลสซึ่งมีสมบัติการดูดน้ำและอาจเกิดจากการกระจายตัวของเส้นใยในคอมพอลิเมอร์ไม่ได้ดีอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



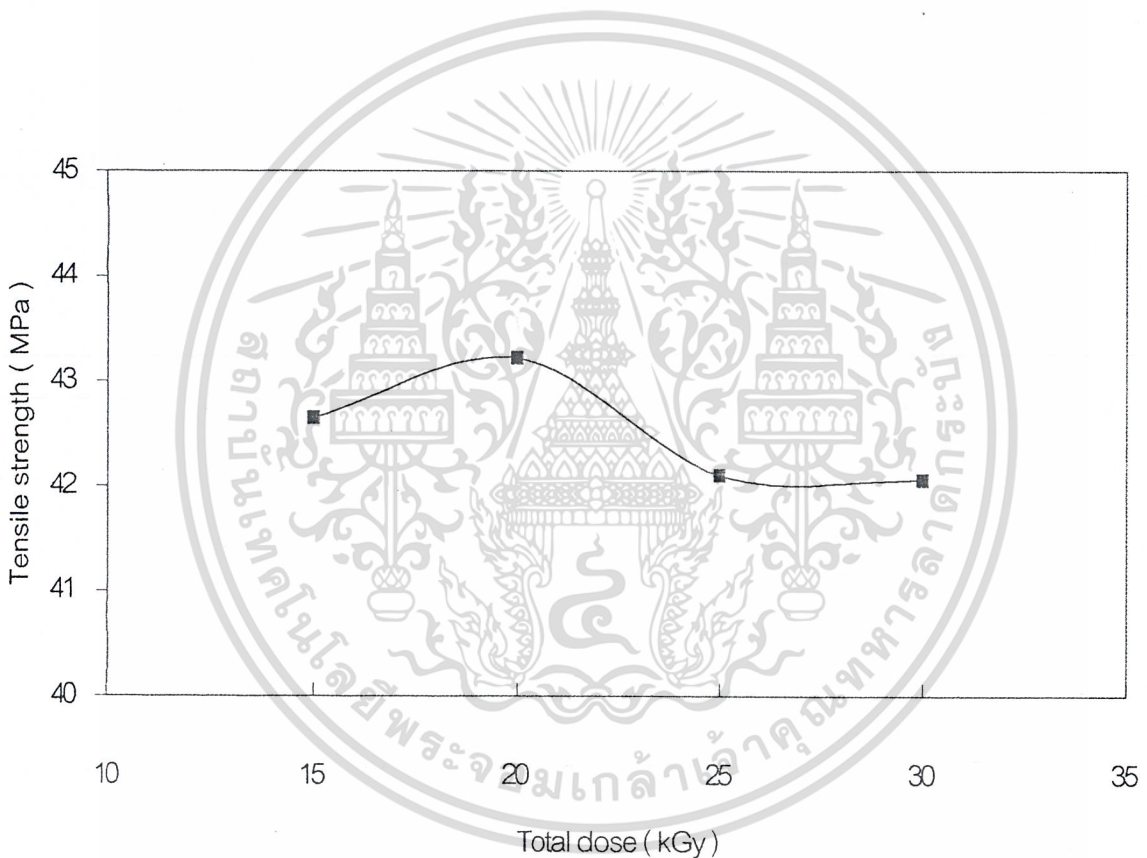
รูปที่ 4.10 แสดงค่า % Moisture content ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.10 พบว่าค่า % Moisture content ของคอมพอสิตมีแนวโน้มเป็นไปตามค่า % Water absorption ซึ่งสามารถอธิบายได้ในลักษณะเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

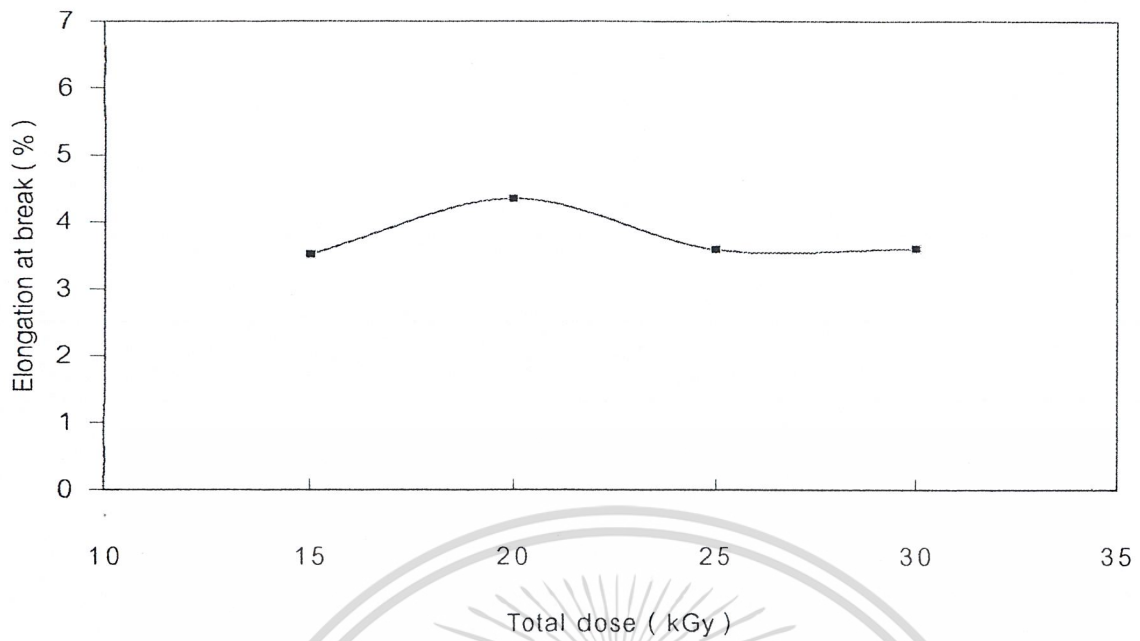
4.3 การศึกษาผลของปริมาณการฉายรังสีที่มีต่อสมบัติเชิงกลของคอมพอลิเมอร์จากเส้นใยมะพร้าว

จากการทดลอง เมื่อทำการฉายรังสีเส้นใยมะพร้าวที่ปริมาณการฉายรังสีรวมต่างๆ ได้แก่ 15, 20, 25 และ 30 kGy แล้วนำมาผสมกับพอลิเมอร์ ABS ที่ปริมาณคงที่หนึ่งๆ เพื่อศึกษาผลของปริมาณการฉายรังสีรวม (Total dose) โดยเลือกที่จะนำเสนอผลการทดลองของคอมพอลิเมอร์ที่มีการเติมเส้นใยมะพร้าว 3% โดยน้ำหนัก เนื่องจากให้ค่าสมบัติเชิงกลของคอมพอลิเมอร์สูงสุดจากการทดลองผสมเส้นใยในอัตราส่วนต่างๆ (0-10%) ดังที่ได้แสดงในผลการทดลองก่อนหน้านี

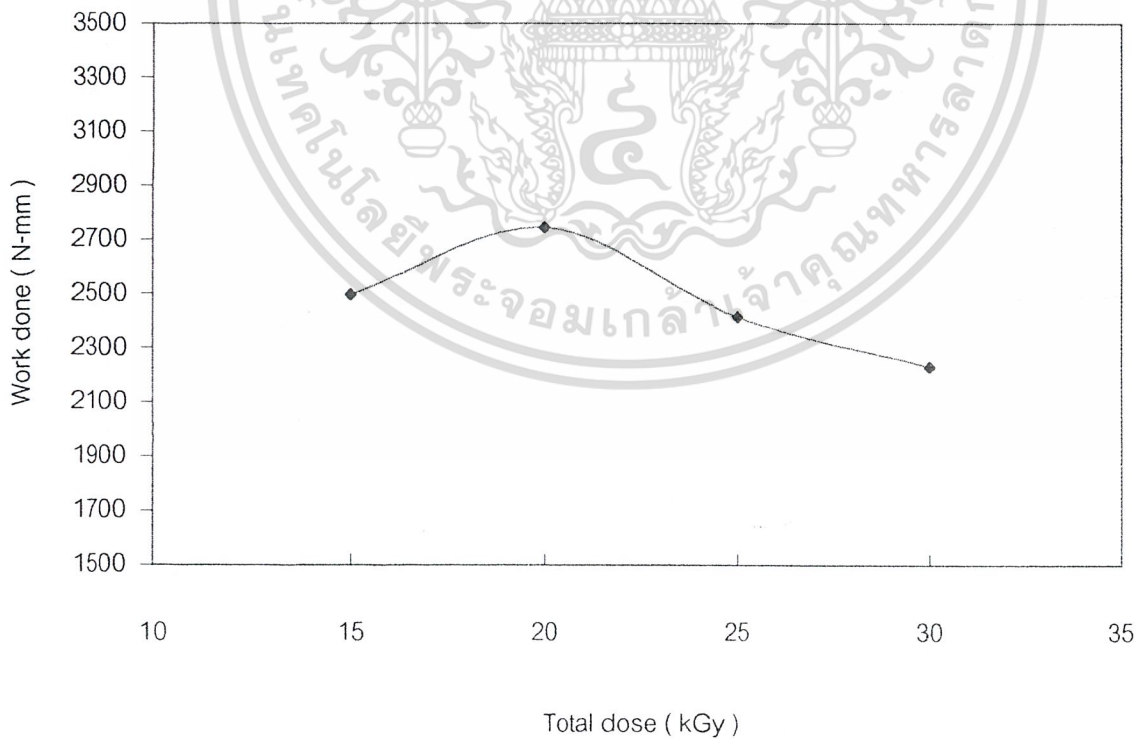


รูปที่ 4.11 แสดงค่า Tensile strength ของคอมพอลิเมอร์ (3% fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ

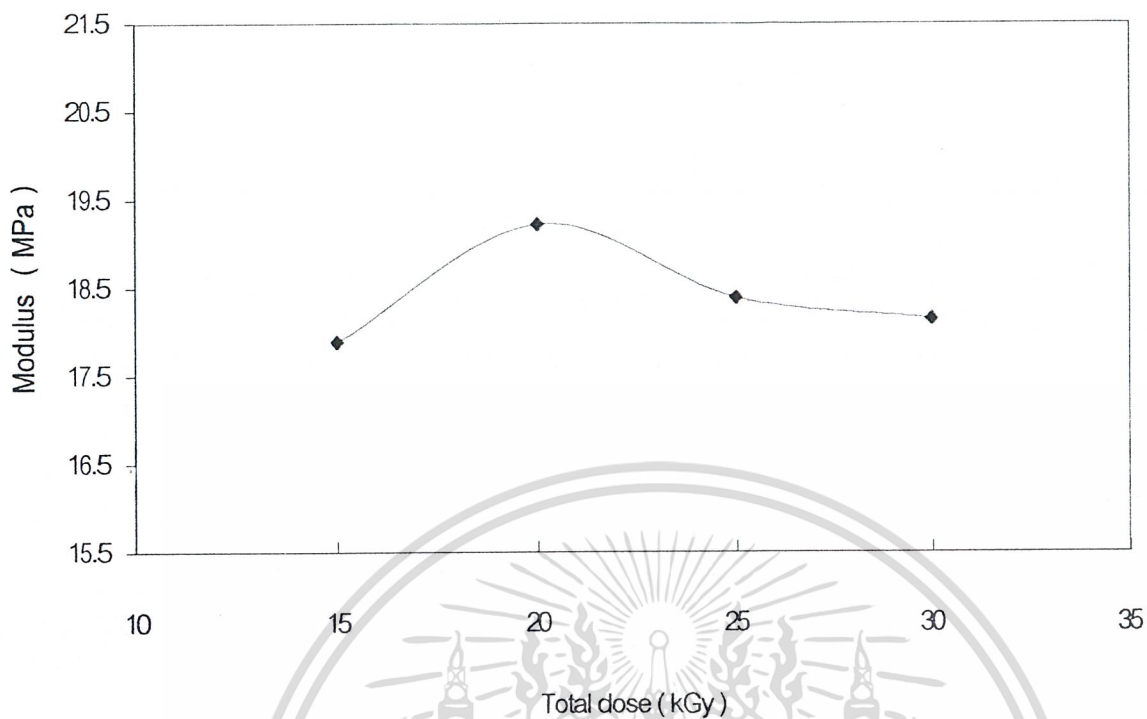
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงค่า % Elongation at break ของคอมพอลสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ



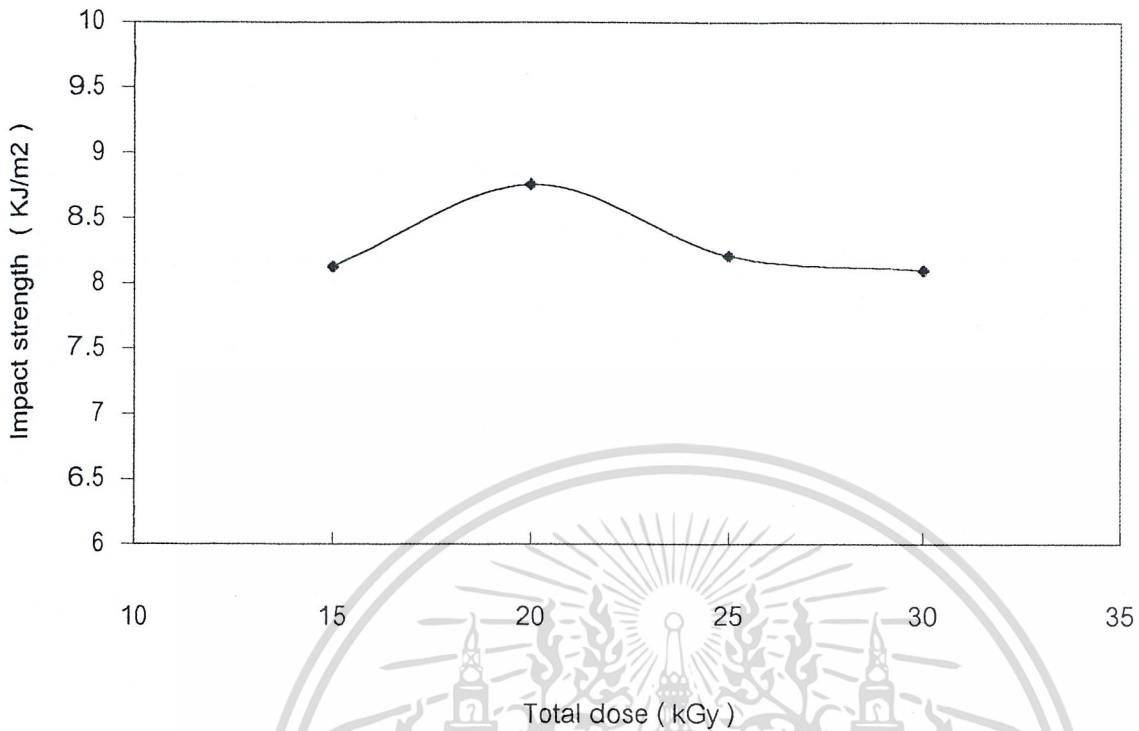
รูปที่ 4.13 แสดงค่า Work done ของคอมพอลสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงค่า Modulus ของคอมพอสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ

จากการศึกษาผลของปริมาณการฉายรังสีที่มีต่อสมบัติเชิงกลได้แก่ ค่า Tensile strength, ค่า Work done, ค่า % Elongation at break และค่า Modulus จากรูปที่ 4.11-4.14 พบว่าค่าต่างๆของคอมพอสิตมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณการฉายรังสีรวมในช่วงแรก (15-20 kGy) แต่เมื่อเพิ่มปริมาณรังสีสูงขึ้นอีก (20-25 kGy) ค่าต่างๆที่ได้จะมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการที่ปริมาณการฉายรังสีสามารถทำให้เกิดการต่อกิ่งของ MMA ทำให้มีการยึดติดกับ ABS ดีขึ้นมีการกระจายแรงภายในคอมพอสิตดีจึงสามารถรับแรงได้มากขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณการฉายรังสีให้มากขึ้นอาจทำให้เส้นใยเกิดการเสียหาย ทำให้เส้นใยสูญเสียความแข็งแรง การยึดติดลดลง ซึ่งที่ปริมาณการฉายรังสีรวมที่ 20 kGy จะให้ค่าสูงที่สุด

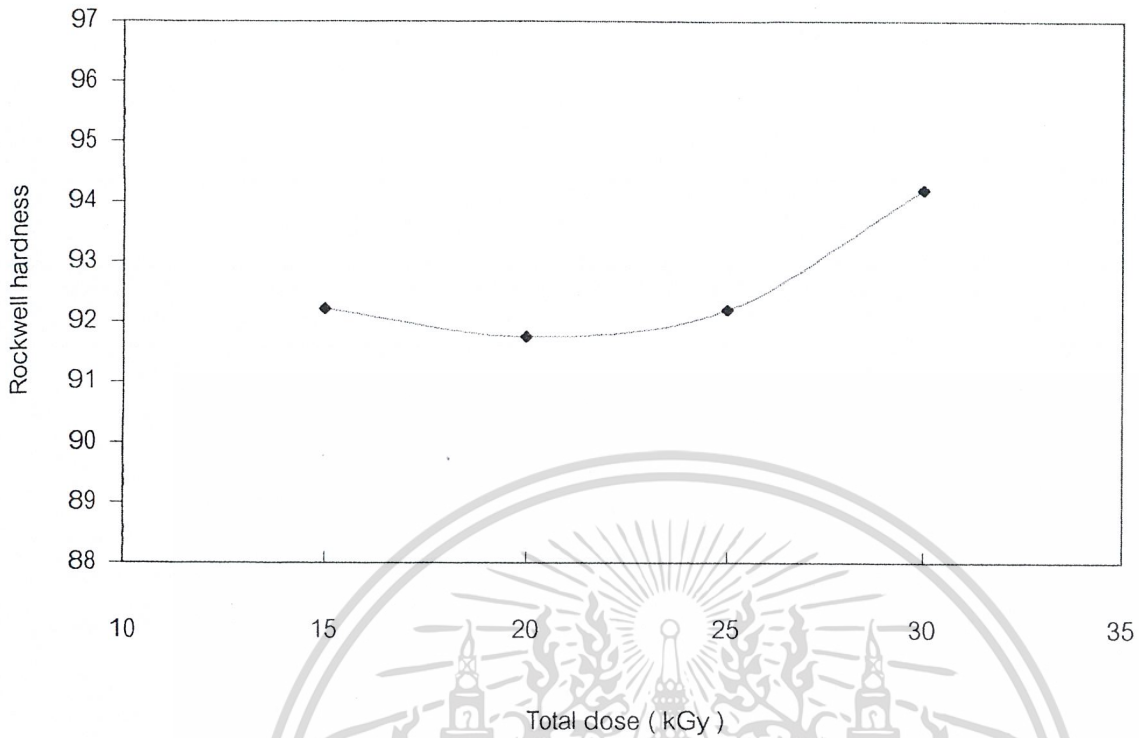
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงค่า Impact strength ของคอมพอสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ

รูปที่ 4.15 เป็นกราฟระหว่างค่า Impact strength กับปริมาณการฉายรังสีรวมพบว่าที่ปริมาณรังสี 20 kGy จะมีค่ามากที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อมีการฉายรังสีมากขึ้นจะทำให้เส้นใยมีการต่อกิ่งของ MMA มากยิ่งขึ้นส่งผลให้มีการยึดติดดีขึ้นคอมพอสิตจึงสามารถรับแรงได้มากขึ้นแต่เนื่องจาก MMA เป็น Glassy polymer ซึ่งมีสมบัติแข็งแต่เปราะที่ปริมาณการฉายรังสีที่มากขึ้นจึงอาจจะเกิดการต่อกิ่งกับ MMA มากขึ้นทำให้มีค่า Impact strength ลดลง

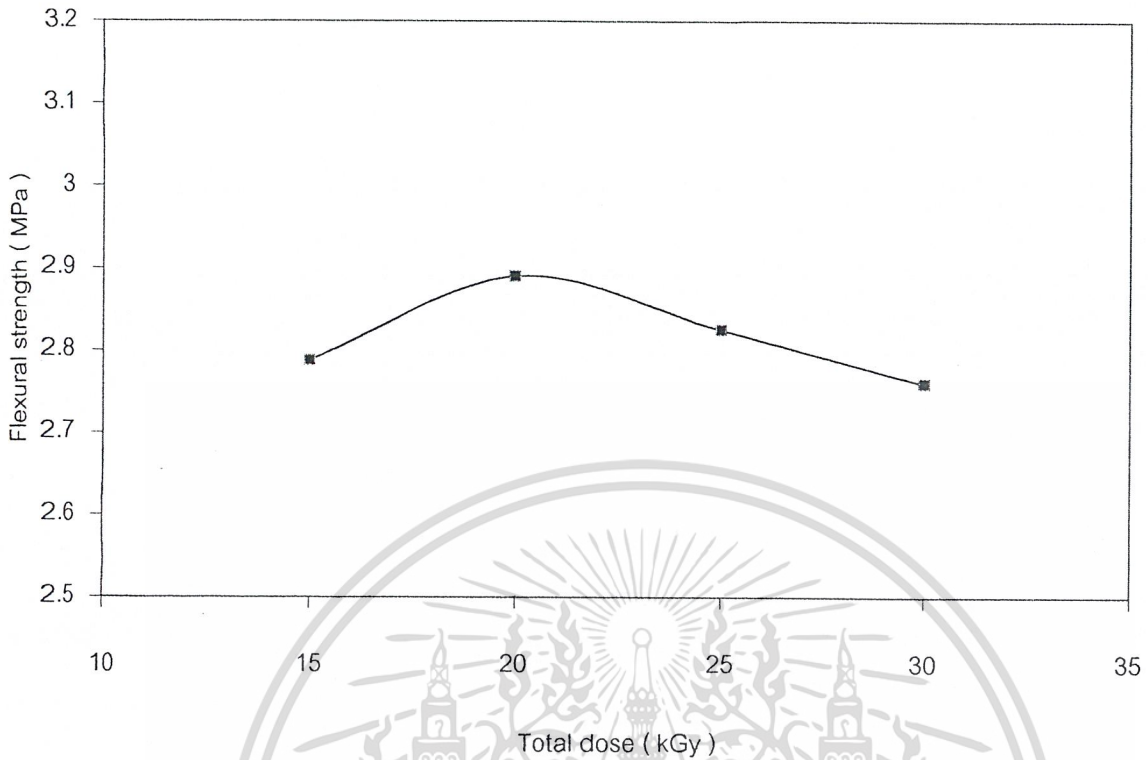
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงค่า Rockwell hardness ของคอมพอลิเมอร์ (3% fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ

จากรูปที่ 4.16 พบว่าค่า Hardness จะมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นที่ปริมาณรังสีรวมสูงๆ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการฉายรังสีทำให้เกิดการตอกกิ่งของ MMA บนเส้นใยและ Homopolymer ได้แก่ PMMA ซึ่งเป็นพอลิเมอร์อสัณฐาน (Amorphous polymer) ซึ่งมีความแข็งแรงสูงแต่เปราะ คัดลายแก้ว ปริมาณการฉายรังสีจะแปรผันโดยตรงกับ PMMA ที่เกิด ซึ่งเป็นผลให้ความแข็งแรงของคอมพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณรังสีรวมเพิ่มขึ้น

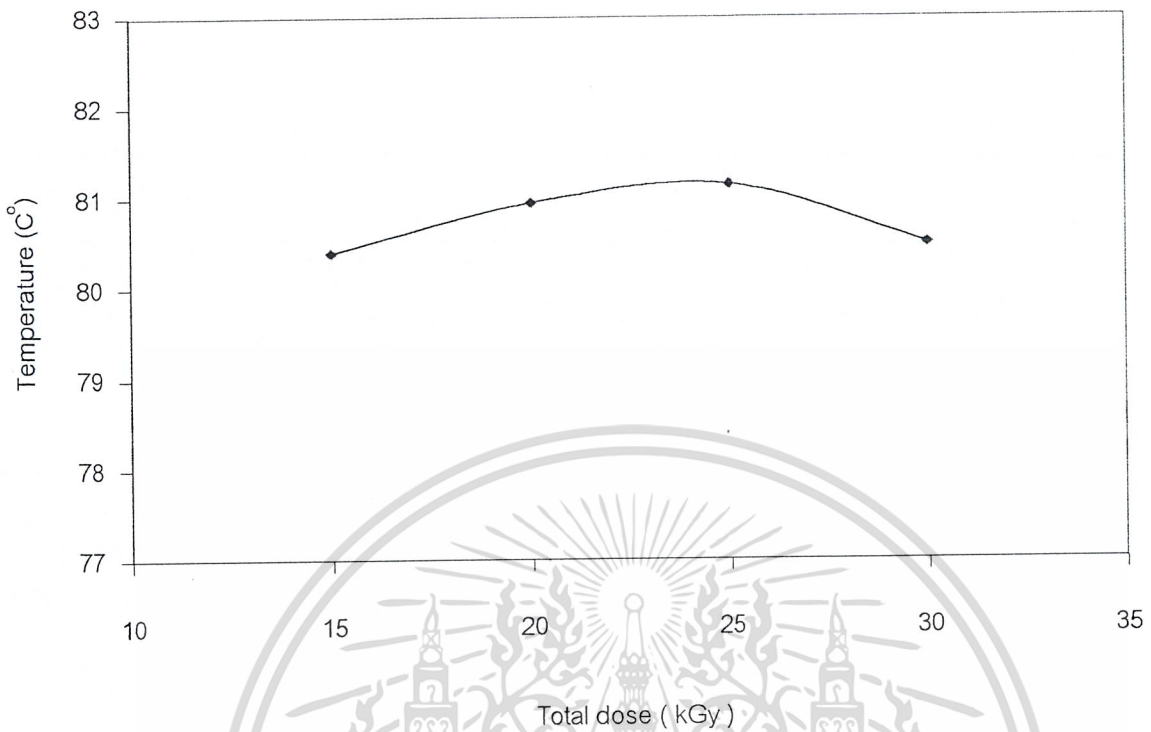
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แสดงค่า Flexural strength ของคอมพอลสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ

จากรูปที่ 4.17พบว่าค่า Flexural strength มีค่าสูงสุดที่ปริมาณการฉายรังสี 20kGy ซึ่งอาจเกิดจากการที่ปริมาณการฉายรังสีที่ 20kGy เส้นใยจะมีการยึดติดกับคอมพอลสิตมากที่สุดทำให้สามารถรับแรงที่มากกระทำได้มากขึ้น

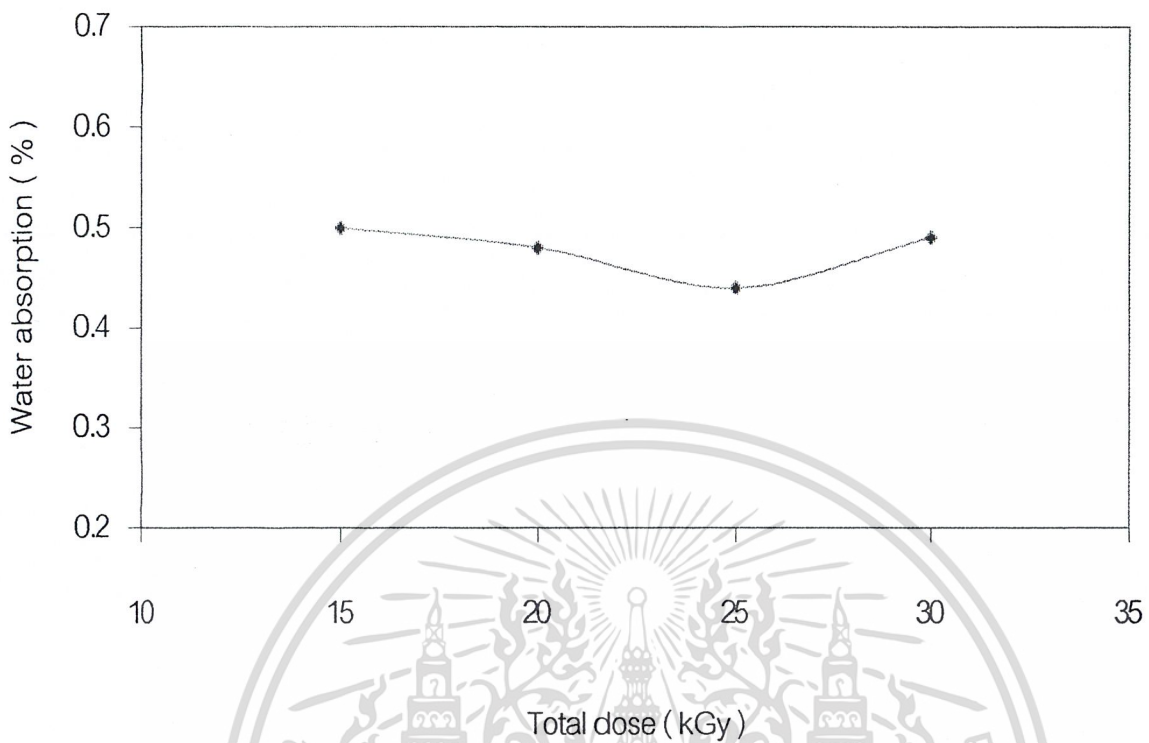
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงค่า Heat distortion Temperature ของคอมพอสิต (3% fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ

จากรูปที่ 4.18 พบว่าค่า Heat distortion Temperature มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณการฉายรังสีเพิ่มมากขึ้นโดยจะสูงสุดที่ปริมาณการฉายรังสี 25 kGy แล้วจะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นซึ่งอธิบายได้ว่า ที่ปริมาณการฉายรังสีมากขึ้นจะมีการตอกของเส้นใยด้วย MMA มากขึ้นทำให้มีการยึดติดที่ดีขึ้นแต่เมื่อมีการฉายรังสีในปริมาณที่สูงมากขึ้นอาจทำให้เส้นใยเกิดการเสถียรภาพได้ทำให้การยึดติดลดลง ซึ่งส่งผลให้ความแข็งแรงของคอมพอสิตลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



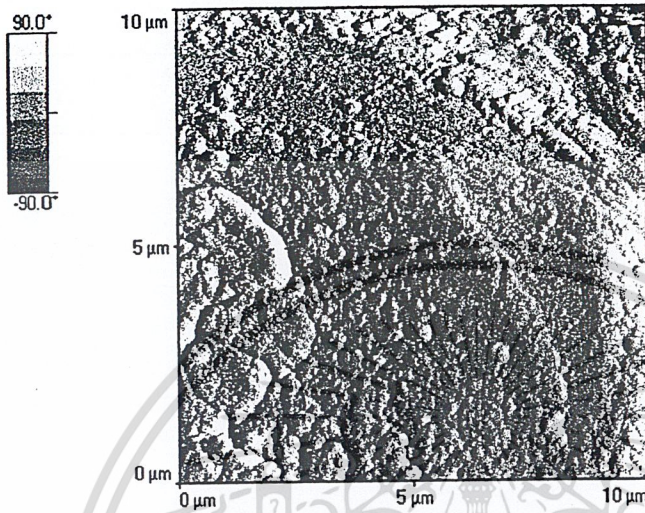
รูปที่ 4.19 แสดงค่า Water absorption ของคอมพอสิต (3%fiber loading) ที่ปริมาณการฉายรังสีต่างๆ

จากรูปที่ 4.19 พบว่าค่า % Water absorption ของคอมพอสิตจากเส้นใยมะพร้าวที่มีการฉายรังสีต่างๆ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณการฉายรังสีสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อมีปริมาณการฉายรังสีเพิ่มขึ้นทำให้มีการต่อกิ่งมากขึ้น เนื่องจาก PMMA เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic polymer) การต่อกิ่งเช่นเส้นใยเซลลูโลสเป็นการแทนที่หมู่ไฮดรอกซี (-OH) ด้วย PMMA จะทำให้การดูดน้ำของเส้นใยและคอมพอสิตลดลง การยึดติดระหว่างเส้นใยกับ ABS ดีขึ้นทำให้โอกาสที่จะเกิดที่ว่างในคอมพอสิตก็จะมึน้อยลงทำให้โมเลกุลของน้ำเข้ามาจับได้น้อยลงเป็นผลให้ค่า % Water absorption ลดลงอย่างไรก็ดีที่ปริมาณการฉายรังสี 30kGy % Water absorption มีค่ามากขึ้นซึ่งอาจเนื่องมาจากการเสียสภาพของเส้นใยที่ปริมาณการฉายรังสีสูงๆทำให้การยึดติดน้อยลงส่งผลให้โมเลกุลของน้ำเข้าไปได้มากขึ้น

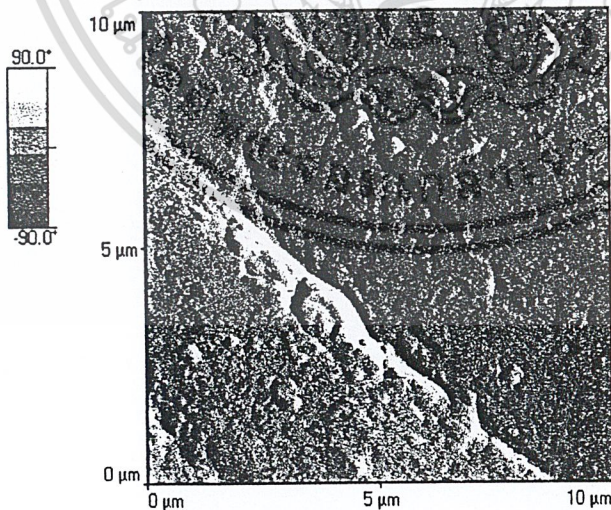
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยมะพร้าวและคอมพอสิต

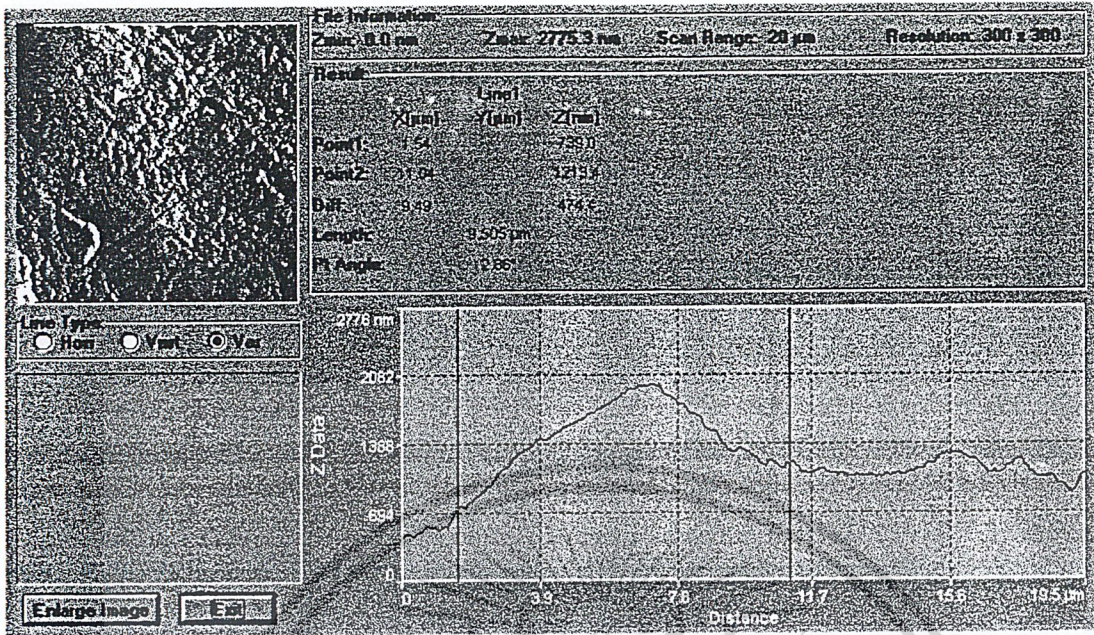
4.4.1 การศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยมะพร้าวด้วย AFM



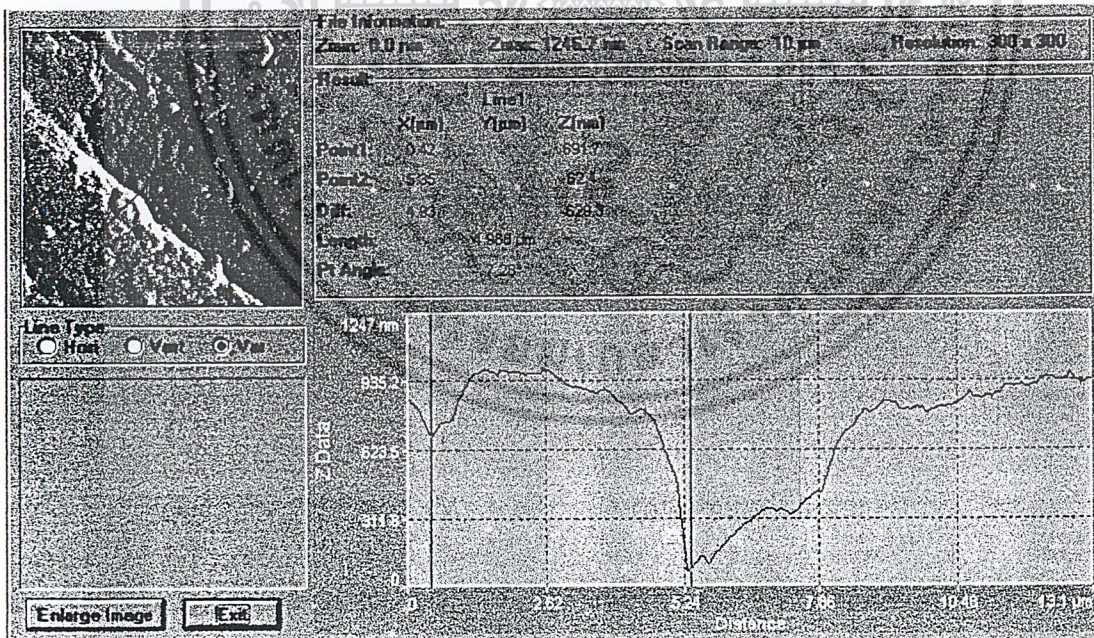
รูปที่ 4.21 แสดงภาพถ่าย AFM ของเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการฉายรังสี



รูปที่ 4.22 แสดงภาพถ่าย AFM ของเส้นใยมะพร้าวที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการฉายรังสี
เอกสาคือเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 แสดง Line Analysisของภาพถ่าย AFM ของเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการฉายรังสี

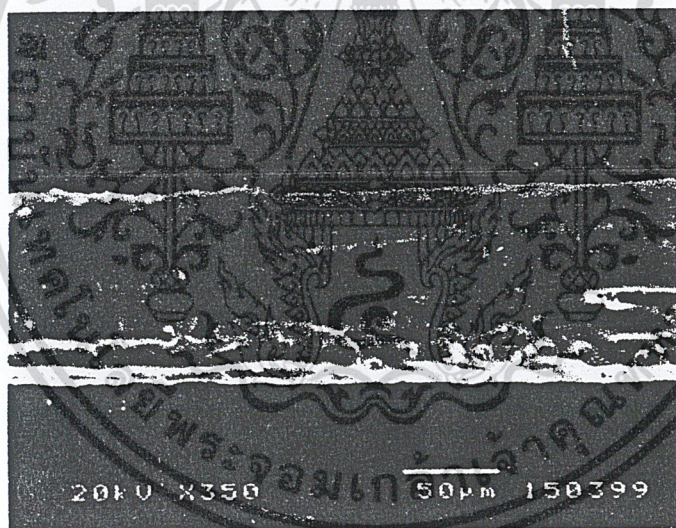


รูปที่ 4.24 แสดง Line Analysisของภาพถ่าย AFM ของเส้นใยมะพร้าวที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการฉายรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

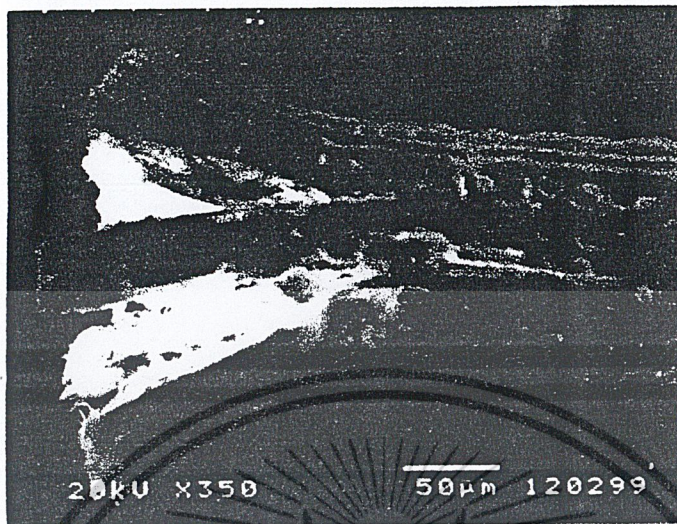
จากการศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยมะพร้าวด้วยเทคนิค Atomic Force microscopy (AFM) พบว่าเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ฉายรังสีมีลักษณะพื้นผิวของเส้นใยค่อนข้างขรุขระและมีอนุภาคเล็กบนพื้นผิวของเส้น ส่วนเส้นใยมะพร้าวที่ฉายรังสี (รูปที่ 4.22) พบว่าอนุภาคเล็กๆบนพื้นผิวจะน้อยลง พื้นผิวดูเรียบขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นใยมะพร้าวประกอบไปด้วยเส้นใยขนาดเล็ก(Microfibril) เรียงตัวไปตามแนวขนานตลอดเส้นใย และจากรูปที่ 4.23-4.24 เป็นการวิเคราะห์เชิงเส้น(Line analysis) ของเส้นใยมะพร้าว โดยลากเส้นตั้งฉากกับแนวเส้นใยพบว่า Line profile มีความขรุขระ มีความสูงแตกต่างของพื้นผิวประมาณ 0.5-1 ไมครอน และพบว่า Microfibril มีขนาดประมาณ 5-20 ไมครอน

4.4.2 การศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใยมะพร้าวด้วย SEM



รูปที่ 4.25 แสดงภาพถ่าย SEM ของเส้นใยมะพร้าวที่ไม่ได้ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการฉายรังสี ที่กำลังขยาย 350 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

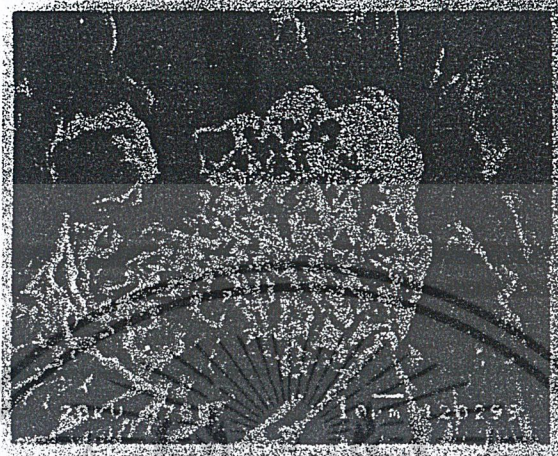


รูปที่ 4.26 แสดงภาพถ่าย SEM ของเส้นไหมมะพร้าวที่ปรับปรุงพื้นผิวด้วยการฉายรังสีที่กำลังขยาย 350 เท่า

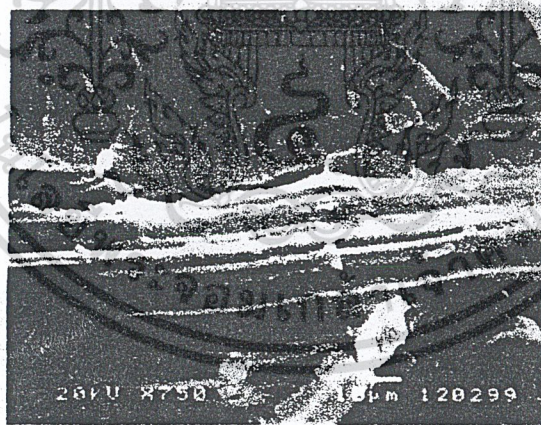
จากการศึกษาพื้นฐานวิทยาของเส้นไหมมะพร้าวด้วย SEM จากรูปที่ 4.25 และ 4.26 พบว่าเส้นไหมมีขนาดประมาณ 100 ไมครอนโดยเส้นไหมที่ไม่ได้ฉายรังสีจะมีพื้นผิวค่อนข้างขรุขระ (ซึ่งมีลักษณะต่างจากการวิเคราะห์ด้วย AFM ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการวิเคราะห์ด้วย AFM มีการวัดที่เป็นจุดที่เล็กกว่าการวิเคราะห์ด้วย SEM) มีอนุภาคกลมเล็ก (Globular protrusions) เส้นไหมประกอบไปด้วยเส้นไหมเล็กๆ (Microfibril) เรียงตามแนวเส้นไหมซึ่งผลที่ได้ยืนยันกับผลของ AFM ส่วนเส้นไหมที่มีการฉายรังสีพบว่า มีลักษณะเป็นหลุมที่พื้นผิวของเส้นไหมและยังพบว่าเส้นไหมที่มีการฉายรังสีอาจเกิดการแยกออกจากกันของเส้นไหม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การศึกษาสัณฐานวิทยาของคอมพอลิเมอร์ด้วย SEM

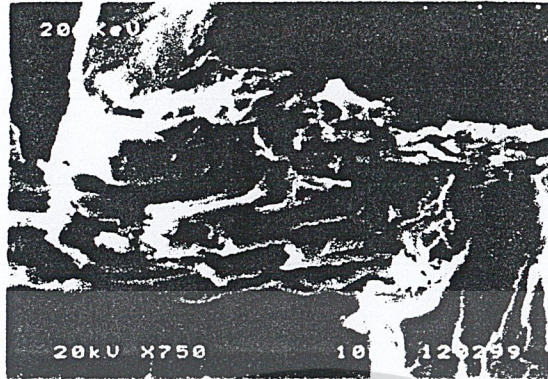


รูปที่ 4.27 แสดงภาพถ่าย SEM ของคอมพอลิเมอร์ที่ไม่ได้ปรับปรุงที่กำลังขยาย 750 เท่า



รูปที่ 4.28 แสดงภาพถ่าย SEM ของคอมพอลิเมอร์ที่ปรับปรุงโดยวิธีการฉายรังสีที่ 15kGy
ที่กำลังขยาย 750 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

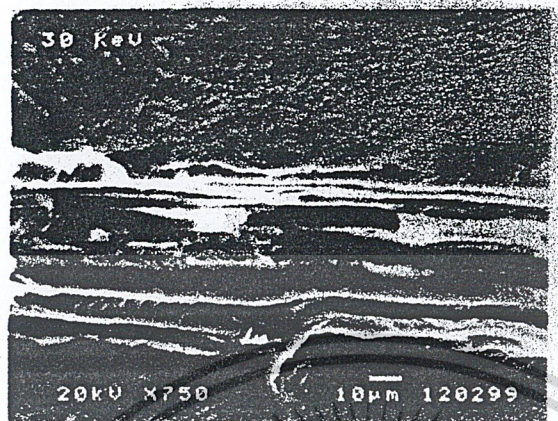


รูปที่ 4.29 แสดงภาพถ่าย SEM ของคอมพอลิเมอร์ที่ปรับปรุงโดยวิธีการฉายรังสีที่ 20 kGy ที่กำลังขยาย 750 เท่า



รูปที่ 4.30 แสดงภาพถ่าย SEM ของคอมพอลิเมอร์ที่ปรับปรุงโดยวิธีการฉายรังสีที่ 25 kGy ที่กำลังขยาย 750 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 แสดงภาพถ่าย SEM ของคอมพอลสิตที่ปรับปรุงโดยวิธีการฉายรังสีที่ 30 kGy ที่กำลังขยาย 750 เท่า

จากรูปที่ 4.27 พบว่าคอมพอลสิตที่ผสมระหว่างเส้นใยมะพร้าวกับ ABS มีการยึดติดกันไม่ดีโดยจะพบช่องว่างในคอมพอลสิต ส่วนรูปที่ 4.28-4.31 แสดงภาพถ่าย SEM ของคอมพอลสิตที่มีการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยมะพร้าวโดยวิธีการฉายรังสีที่ปริมาณการฉายรังสีรวม 1520, 25 และ 30 kGy ตามลำดับ พบว่าคอมพอลสิตมีการยึดเกาะกันได้ดีขึ้นโดยสังเกตได้จากการที่ไม่มีช่องว่างในคอมพอลสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยมะพร้าวโดยการฉายรังสีแกมมาแบบขั้นตอนเดียว เพื่อให้เสริมแรงในพอลิเมอร์คอมพอสิต พบว่าคอมพอสิตของเส้นใยมะพร้าวที่มีการปรับปรุงจะมีสมบัติดีกว่าคอมพอสิตจากเส้นใยที่ไม่ได้ปรับปรุง โดย

1. ปริมาณรังสีรวม 20 kGy เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการฉายรังสีเพื่อปรับปรุงพื้นผิวของเส้นใยมะพร้าว เนื่องจากได้คอมพอสิตที่มีสมบัติที่ดี
2. การเติมปริมาณเส้นใย 3% โดยน้ำหนัก จะให้ค่าสมบัติของคอมพอสิตสูงสุด
3. จากการศึกษาสัญญาณวิทยาของคอมพอสิตด้วย SEM พบว่าคอมพอสิตที่มีการปรับปรุงเส้นใยมะพร้าวด้วยการฉายรังสีมีการยึดติดระหว่างเส้นใยกับพอลิเมอร์เมทริกซ์ที่ดีกว่า
4. สมบัติการดูดน้ำและความชื้นของคอมพอสิตที่ได้รับการปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าคอมพอสิตที่ไม่ได้รับการปรับปรุง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาถึงผลของสารตัวเติมชนิดอื่นๆ เช่น AIBN ที่มีผลต่ออัตราการตกตะกอนและปริมาณ Homopolymer ในการฉายรังสีแบบขั้นตอนเดียว
2. ศึกษาการตกตะกอนของเส้นใยมะพร้าวโดยใช้ Monomer ชนิดอื่นๆ
3. ศึกษาการนำเส้นใยมะพร้าวที่ฉายรังสีไปผสมกับพอลิเมอร์เมทริกซ์ชนิดอื่นเช่น PVC, Nylon ฯลฯ
4. ศึกษาการตกตะกอนโดยการฉายรังสีชนิดอื่น เช่น UV, พลาสมา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. M.R. Al Imam and R.J. Mannan, "Radiation-induced Jute-Plastic Composite: Preparation and IR Studies" Polym.-Plast.Technol.Eng. 36(1).(1997) : 89-104
2. R.G.Raj, B.V.Kokta, D.Maldas and C.Daneault, " Polym Compos. 6(9) (1988) : 404-411
3. K.M Ali Idriss, M.A.Khan and M.N. Islam Polym.Plast. Technol.Eng. 35 (1996) : 53-65.
4. S.K . Kundu, P.K.Ray, S.K. Sen and S.K. Bhaduri J.Appl.Polym.Sci. 49 (1993) : 25-30.
5. N.C. Nayak, H.K. Das and B.C. Singh, J.Appl.Polym.Sci. 42 (1991) : 2391-2396.
6. A. Nagaty, A.B. Bakr and O.Y. Monsour, J.Appl.Polym.Sci. 21 (1983) : 715.
7. L. Kessira and A. Ricard, " Thermal Behavior of Ungrafted and Grafted Bagasse and Woodpulp " J.Appl.Polym.Sci. 49 (1993) : 1603-1614.
8. J. George, K. Joseph, S. Thomas and S.S. Bhagavan " Mechanical and Viscoelastic Properties of Short Pineapple Fiber Reinforced Low Density Polyethylene Composites " Polym Sci. 2ed (1995) :
9. B.K. Kokta, D. Maldas, C. Daneault and P. Beland " Composites of Poly (Vinyl Chloride) and wood Fibers." Polym Compos. Vol. 11 No. 2 (1990)
10. R. G. Raj and B.K. Kokta " The Effect of Processing Conditions and Binding Material on the Mechanical Properties of Bagasse Fiber Composites " Eur.Polym.J. 27(1991) : 53-65.
11. D.,Basu, A.N.Banerjee and A.Misra, J.Appl.Polym.Sci. 46 (1992) : 1999-2009.
12. A. C. Karmaker, A. Hoffmann and G.J. Hinrichsen, Appl.Polym.Sci. 54 (1994) : 1803-1807.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. X.J.,Xian, M.W. Yipp and F.G. Shin, " Mechanical Behavior and Microstructure of Nature Plant Fiber Reinforced Composite Material"Proc.Int.Conf.Compos.Mater.2" (1993) : 858-863.
14. V G.,Geethamma, R. Joseph and S. Thomas, J.Appl.Polym.Sci., 55 (1995) : 583
15. S. Verghese, B. Kuriakose and S. Thomas, Plast. Rubb. Comp. Proc. Appl., 20 (1993) : 930
16. S. Verghese, B. Kuriakose, S. Thomas and A.T.Koshy, A.T.,Jadhes.Sci.Technol., 8 (1994) : 235
17. V G.,Geethamma, M.K. Thomas R. Lakshminarayanan and S. Thomas, Polym. 39 (6)(1998) : 1483-1491
18. S. Dilli, J. L. Garnett and D. H. Phuoc, Effect of acid on the radiation-induced copolymerization of monomer to cellulose. J. Polym. Sci.,Polym. Lett. 11, (1973) : 711
19. B. N. Misra, G. S. Chauhan and B.R. Rawat, J.Appl. Sci. 42, 3233
20. V. Visay, NG. Loo-teck and L.G. John Radiat. Phys. Chem. 49(5)1997, 595-602
21. P. K. Mallich, " Fiber-reinforced composites : Materials, Manufacturing, and Desing " 2nd ed. (1993) : 43
22. V.K., Berry, D. H. Ellington, S.K. Gaggar and R. L. Jalbert, " Encyclopedia of Chemical Technology. 3rd vol. 1. John Wiley and Sons, New York (1982) : 82-99
23. Encyclopedia of Polymer Science and Engineering 2nd ed John Wiley and Sons vol.6 : 655
24. V.G. Geethamma, M. Thomas, M. Laksh and S. Thomas, " Composite of Short Coir Fiber and Natural rubber: Effect of Chemical Modification , Loading and Orientation of Fiber. " Polymer 39 (1998) :1483-1491
25. T.L. Richardson, " Composites: a Desing Guide ." Industrial Press Inc-New York (1987): 213-215

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26. วัชรวิ อธิบัญญัติ สฤณี วัฒนเกียรติ เลื่องลือเจริญกิจ และวิศณีย์ ตั้งยืนยง “ การศึกษา การปรับปรุงพื้นผิวเส้นใยธรรมชาติ (ชานอ้อย) เพื่อใช้ประโยชน์ในพอลิเมอร์คอมพอสิต” โครงการพิเศษ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2540



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้