

การใช้โดเมนซัลอะซิโตนเป็นตัวเร่งการสลายตัวด้วยแสง
ของฟิล์มพอลิเอทิลีน

นางสาว วาสนา ชัยยะรุ่งโรจน์



สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินการตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ

ภาควิชาวัสดุศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-195-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**USE OF DIBENZALACETONE AS PHOTSENSITIZER IN THE
DEGRADATION OF POLYETHYLENE FILMS**



Miss Wasana Chaiyarungrote

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
in Applied Polymer Science and Textile Technology**

Department of Materials Science

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1997

ISBN 974-637-195-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้โคเบนซัลอะซิโตนเป็นตัวเร่งการสลายตัวด้วยแสง
ของฟิล์มพอลิเอทิลีน

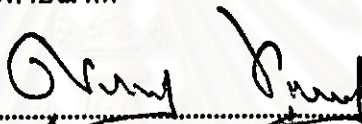
โดย นางสาว วาสนา ชัยยะรุ่งโรจน์

ภาควิชา วัสดุศาสตร์

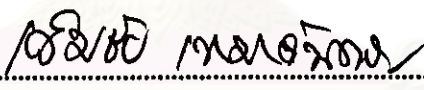
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุดจิตร

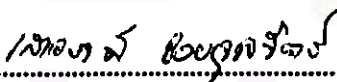
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ ถันติสุข


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

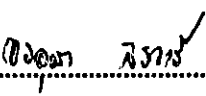

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เข็มชัย เหมะจันทร์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุดจิตร)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ไพพรรณ ถันติสุข)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ อรอุมา สรวารี)

ใช้ไดเบนซัลอะซิโตนที่ผลิตจากวิทยาลัยพยาบาลในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วาทนา ชัยะรุ่งโรจน์ : การใช้ไดเบนซัลอะซิโตนเป็นตัวเร่งการสลายตัวด้วยแสงของฟิล์มพอลิเอทิลีน
(USE OF DIBENZALACETONE AS PHOTSENSITIZER IN THE DEGRADATION
OF POLYMER FILMS) อ.ที่ปรึกษา : รศ. เสาวรณีย์ ช่วยจตุจักร, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ไพพรรณ
สันติสุข, 143 หน้า, ISBN 974-637-195-9

ไดเบนซัลอะซิโตนถูกใช้เป็นสารเร่งการสลายตัวด้วยแสงในแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีน ในอัตราส่วนตั้งแต่
0.05 ถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์ ฟิล์มที่ได้ถูกนำมาทดลองใน 2 ภาวะเปรียบเทียบกัน คือ ในภาวะธรรมชาติโดย
การตากแดดไว้กลางแจ้ง และในภาวะเร่ง โดยใช้เครื่องซีโนเทสต์เบตาแลมปี หมูคาร์บอนิคที่เกิดขึ้น (ค่า
คาร์บอนิคอินเดกซ์) สามารถตรวจสอบได้ด้วยเครื่อง FTIR เพื่อใช้แสดงการแตกตัวในโครงสร้างทางเคมีของ
ฟิล์มพอลิเอทิลีน นอกจากนี้ ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนิคอินเดกซ์และสมบัติเชิงกลกับเวลาที่ได้รับ
แสงทั้งสองภาวะ

จากการวิจัยพบว่า ไดเบนซัลอะซิโตนสามารถนำมาใช้เป็นสารเร่งการสลายตัวด้วยแสง ใน
ฟิล์มพอลิเอทิลีนทั้ง 2 ภาวะ และการสลายตัวจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณไดเบนซัลอะซิโตนเพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วัสดุศาสตร์.....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์พอลิเมอร์และวัสดุและเทคโนโลยีสิ่งทอ.....

ปีการศึกษา 2540.....

ลายมือชื่อนิสิต..... วิชา ชัยะรุ่งโรจน์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 1270 ๒๗ ๒๕๔๐.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... วิชา ชัยะรุ่งโรจน์.....

C826437 : MAJOR APPLIED POLYMER SCIENCE AND TEXTILE TECHNOLOGY
KEY WORD: PHOTSENSITIZER / PHOTODEGRADATION / OUTDOOR EXPOSURE / SIMULATED
CONDITION

WASANA CHAIYARUNGROTE : USE OF DIBENZALACETONE AS PHOTSENSITIZER IN THE
DEGRADATION OF POLYETHYLENE FILMS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SAOWAROJ
CHUAYJULJIT, THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. PAIPARN SANTISUK, 143pp.
ISBN 974-637-195-9

Degradation of polyethylene films with dibenzalacetone as photosensitizer was investigated. The amount of dibenzalacetone used was varied from 0.05 to 0.5 %. Two methods were carried out simultaneously for comparison between outdoor exposure and simulated condition in Xenotest Beta Lamp machine. The amount of carbonyl group formation (carbonyl index) , was studied by monitoring signals in FTIR and it was used as an indicator to represent the chemical structure break-down. The relationships of carbonyl index and mechanical properties with exposed time were studied in both conditions.

It was found that dibenzalacetone can be used as photosensitizer in polyethylene films in both conditions and degradation of the film increased with increasing amount of dibenzalacetone.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วัสดุศาสตร์.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมพอลิเมอร์และวัสดุแก๊สและพลาสมา.....
อิงทอ.

ปีการศึกษา.....2540.....

ลายมือชื่อนิสิต.....นางสาว ชัยชนะวีโรจน์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....นางสาว ประจักษ์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....พ.อ. นงนิจ.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี โดยได้รับคำแนะนำทางด้านวิชาการ ได้รับความเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ สารเคมี และเครื่องมือสำหรับการวิจัย ตลอดจนได้รับความช่วยเหลือและแนะนำแนวทางในด้านต่างๆ

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพพรรณ สันติสุข อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และวิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ และเครื่องมือในการวิจัย

นอกจากนี้ ขอขอบคุณ บริษัท ไทยโพลีเอทิลีน จำกัด ที่อนุเคราะห์เม็ดพลาสติกชนิด LDPE LLDPE และ HDPE และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวัสดุศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและแนะนำวิธีการใช้เครื่องมือต่างๆ เป็นอย่างดี

สำหรับทุนในการวิจัย ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่สาว ที่สนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

..... วาสนา ชัยชะรุ่งโรจน์

(วาสนา ชัยชะรุ่งโรจน์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

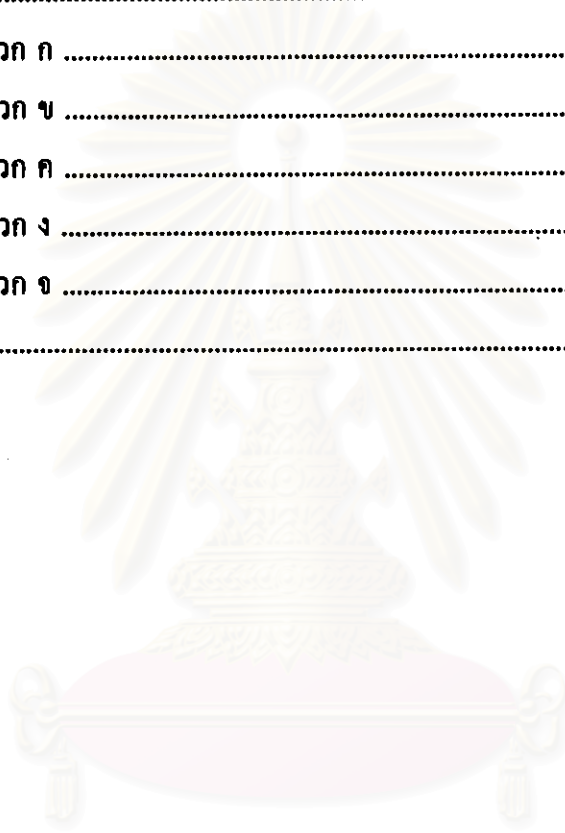
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	3
2.1 การสลายตัวด้วยแสงอาทิตย์	3
2.1.1 ปฏิริยาการเริ่มต้นด้วยแสง	3
2.1.2 การสลายตัวในกรณีที่มีสารเร่งการสลายตัวด้วยแสง	8
2.1.3 การสลายตัวและการเกิดออกซิเดชันในกรณีที่มีแสงของพอลิเอทิลีน	15
2.1.4 ปัจจัยของสภาพลมฟ้าอากาศที่มีผลต่อการสลายตัวของพอลิเมอร์	20
2.1.5 การประเมินความสามารถในด้านความต้านทานต่อลมฟ้าอากาศ ของพอลิเมอร์	23
2.2 พอลิเอทิลีน	24
2.2.1 พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE)	24
2.2.2 พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE)	25
2.2.3 พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE)	26
2.3 กระบวนการการผสม	27
2.4 การผลิตพลาสติกเม็ด	33
2.5 การผลิตฟิล์ม	33
2.5.1 กระบวนการเป่าฟิล์ม	34
2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเป่าฟิล์ม	35
2.5.3 การทดสอบสมบัติของฟิล์ม	36

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.6 การวิเคราะห์การดูดกลืนแสงอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี ด้วยเครื่องฟูรีเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (FT-IR)	37
3. การทดลอง	40
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	40
3.2 วัตถุประสงค์และสารเคมี	40
3.3 วิธีการทดลอง	42
3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมสาร DBA	42
3.3.2 ขั้นตอนการผสมและการเป่าฟิล์ม	42
3.3.3 การทดสอบสมบัติของฟิล์ม	47
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	50
4.1 ฟิล์ม LDPE	50
4.1.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี	50
4.1.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกล	54
4.2 ฟิล์ม HDPE	59
4.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี	59
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกล	62
4.3 ฟิล์ม LLDPE : LDPE	67
4.3.1 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี	67
4.3.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกล	70
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	75
5.1 สรุปผลการทดลอง	75
5.2 ข้อเสนอแนะ	77
รายการอ้างอิง	78

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก	81
ภาคผนวก ก	82
ภาคผนวก ข	83
ภาคผนวก ค	85
ภาคผนวก ง	89
ภาคผนวก จ	92
ประวัติผู้วิจัย	143



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าของพลังงานแสงและพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะ ที่ความยาวคลื่นต่างๆ	4
ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบของเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยวและสกรูคู่	33
ตารางที่ 3.1 แสดงสมบัติเบื้องต้นของ LDPE LLDPE และ HDPE เกรดเป่าฟิล์ม	41
ตารางที่ 3.2 แสดงสมบัติของ DBA	41
ตารางที่ 3.3 แสดงอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างเม็ดพลาสติกกับ DBA	43
ตารางที่ 3.4 แสดงภาวะของเครื่อง Xenotest	45
ตารางที่ 4.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Carbonyl Index ของฟิล์ม LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	52
ตารางที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Carbonyl Index ของฟิล์ม LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	52
ตารางที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Tensile Strength ของฟิล์ม LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	55
ตารางที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Tensile Strength ของฟิล์ม LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	55
ตารางที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Elongation at break ของฟิล์ม LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	56
ตารางที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Elongation at break ของฟิล์ม LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	56
ตารางที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Carbonyl Index ของฟิล์ม HDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	60
ตารางที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Carbonyl Index ของฟิล์ม HDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	60
ตารางที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Tensile Strength ของฟิล์ม HDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Tensile Strength ของฟิล์ม HDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	63
ตารางที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Elongation at break ของฟิล์ม HDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	64
ตารางที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Elongation at break ของฟิล์ม HDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	64
ตารางที่ 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Carbonyl Index ของฟิล์ม LLDPE : LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	68
ตารางที่ 4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Carbonyl Index ของฟิล์ม LLDPE : LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	68
ตารางที่ 4.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Tensile Strength ของฟิล์ม LLDPE : LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	71
ตารางที่ 4.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Tensile Strength ของฟิล์ม LLDPE : LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	71
ตารางที่ 4.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Elongation at break ของฟิล์ม LLDPE : LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	72
ตารางที่ 4.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Elongation at break ของฟิล์ม LLDPE : LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	72

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 กระบวนการทางกายภาพที่ใช้แสง	5
รูปที่ 2.2 ปฏิกริยาของเบนโซฟีโนนในการถ่ายโอนพลังงานให้กับออกซิเจน	9
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างของสารเริ่มต้นด้วยแสง หรือสารเร่งการสลายตัวด้วยแสง และพลังงานที่สาม (กิโกลแคลอรี / โมล)	10
รูปที่ 2.4 กราฟระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ กับเวลาที่ฉายแสงอัลตราไวโอเลต	13
รูปที่ 2.5 สารเร่งการสลายตัวด้วยแสงพวกสารประกอบโลหะอินทรีย์และอนินทรีย์	11
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Tensile Strength และ Elongation at break กับเวลาที่ตากแดด ของเอทิลีน-คาร์บอนมอนอกไซด์ โพลีเอทิลีน	13
รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Tensile Strength และ Elongation at break กับเวลาที่ฉายแสง ของเอทิลีน-คาร์บอนมอนอกไซด์ โพลีเอทิลีน	14
รูปที่ 2.8 การเชื่อมขวางและการขาดออกของสายโซ่โมเลกุลของพอลิเอทิลีน เมื่อได้รับแสง	15
รูปที่ 2.9 กลไกการเกิด auto-oxidation สำหรับพอลิเมอร์ที่มีการเกิด ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ และการสลายตัว	16
รูปที่ 2.10 กลไกการเกิด Intermolecular hydrogen atom abstraction ในพอลิเอทิลีน	17
รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างการสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ และการเกิดคาร์บอนิลในพอลิเอทิลีน	17
รูปที่ 2.12 การเกิด 1O_2 โดยคีโตนที่ถูกกระตุ้น	18
รูปที่ 2.13 การสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่มีหมู่คาร์บอนิลเป็น sensitizer โดยเกิดเป็น excomplex	19
รูปที่ 2.14 การสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่มีหมู่คาร์บอนิลเป็น sensitizer โดยเกิด hydrogen atom abstraction	19
รูปที่ 2.15 ปฏิกริยาการสลายตัวของฟิล์มพอลิเอทิลีนที่มีเฉพาะออกซิเจนและแสง	20
รูปที่ 2.16 ลักษณะการกระจายตัวของของผสม	28
รูปที่ 2.17 เครื่องจักรแบบสกรูเดี่ยว	29
รูปที่ 2.18 ลักษณะสกรูของเครื่องจักรแบบสกรูคู่ชนิดหมุนทางเดียวกัน	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.19 ลักษณะสกรูของเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ชนิดหมุนสวนทางกัน	32
รูปที่ 2.20 กระบวนการผลิตฟิล์มเป่า	34
รูปที่ 2.21 อินเทอร์เฟอร์โรมิเตอร์ และส่วนประกอบต่างๆ ที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์	38
รูปที่ 2.22 การออกแบบเครื่อง FT-IR ที่มีทางเดินของแสงเป็น 2 ลำแสง	39
รูปที่ 3.1 เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ชนิดหมุนทางเดียวกัน	43
รูปที่ 3.2 เครื่อง Blown Film Extruder	44
รูปที่ 3.3 เครื่อง Xenotest Beta Lamp สำหรับเร่งแสงอัลตราไวโอเล็ต	46
รูปที่ 3.4 เครื่อง LLOYD Universal Testing Machine LR100K	47
รูปที่ 4.1 ปฏิกริยาการสลายตัวของฟิล์มพอลิเอทิลีน ที่มีออกซิเจน แสง และโคเบนซัลอะซิโตน	51
รูปที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Carbonyl Index ของฟิล์ม LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	53
รูปที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Carbonyl Index ของฟิล์ม LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	53
รูปที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Tensile Strength ของฟิล์ม LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	57
รูปที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Tensile Strength ของฟิล์ม LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	57
รูปที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Elongation at break ของฟิล์ม LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	58
รูปที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Elongation at break ของฟิล์ม LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	58
รูปที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Carbonyl Index ของฟิล์ม HDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	61
รูปที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Carbonyl Index ของฟิล์ม HDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Tensile Strength ของฟิล์ม HDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	65
รูปที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Tensile Strength ของฟิล์ม HDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	65
รูปที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Elongation at break ของฟิล์ม HDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	66
รูปที่ 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Elongation at break ของฟิล์ม HDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	66
รูปที่ 4.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Carbonyl Index ของฟิล์ม LLDPE : LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	69
รูปที่ 4.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Carbonyl Index ของฟิล์ม LLDPE : LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	69
รูปที่ 4.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Tensile Strength ของฟิล์ม LLDPE : LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	73
รูปที่ 4.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Tensile Strength ของฟิล์ม LLDPE : LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	73
รูปที่ 4.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Elongation at break ของฟิล์ม LLDPE : LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังตากแดด	74
รูปที่ 4.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Elongation at break ของฟิล์ม LLDPE : LDPE ผสม DBA ที่อัตราส่วนต่างๆ หลังฉายแสง	74