สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ที่มาและความสำคัญ	1
	จุดมุ่งหมายของกาวิจัย	7
	ความสำคัญของการวิจัย	7
	ขอบเขตของการวิจัย	7
	สมมุติฐานของการวิจัย	8
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	9
	สารป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต (UV blocking agent)	9
	สารป้องกันรังสีอินฟราเรด (IR-blocking agent)	14
	Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemical (REACH)	15
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารเติมแต่งที่ลดการดูดกลืนรังสี UV	17
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารเติมแต่งที่ลดการดูดกลืนรังสีรังสี IR	19
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	26
	อุปกรณ์และสารเคมี	26
	การสังเคราะห์สารเติมแต่งอินทรีย์ลดการส่องผ่านของรังสี IR	28
	การผลิตชิ้นงานเป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกต้นแบบโดยมีสารเติมแต่งอินทรีย์ไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3)	33
	การศึกษาสมบัติต่างๆของสารและวัสดุชนิดแผ่นฟิล์ม	35

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
4	**ผลการวิจัย**	39
	การสังเคราะห์และพิสูจน์เอกลักษณ์โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบไดคาร์บอนิล(1-2) และไตรคาร์บอนิล (3)	39
	ผลการศึกษาสมบัติในด้านต่าง ๆ ของฟิล์ม LDPE ที่มีสารประกอบไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3) เป็นสารเติมแต่ง	49
5	**บทสรุป**	67
	การสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์สารอนุพันธ์ไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3)	68
	สมบัติเชิงทางพอลิเมอร์และประสิทธิภาพในการป้องรังสี UV และ IR	69
	อภิปรายผลการวิจัย	69
	ข้อเสนอแนะ	70
บรรณานุกรม		71
ภาคผนวก		77
ประวัติผู้วิจัย		88

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1 ตัวอย่างของสาร UV absorber ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง..... 10

2 สัดส่วนการผสมเนื้อพลาสติกและสารประกอบ DCM (1), DOM (2) และ TCM (3)..... 34

3 ค่าความสามารถในการป้องกันรังสี UV และ IR..... 66

4 ร้อยละของสารผลิตภัณฑ์แต่ละตัวที่ได้จากการสังเคราะห์สารเติมแต่งอินทรีย์ลดการส่องผ่านของรังสี IR (IR blocking agent)..... 68

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	โครงสร้างของสารเติมแต่งประเภทสารอินทรีย์ทั่วไป.....	2
2	กลไกการดูดกลื่นคลื่นรังสีต่างๆ ของสารเติมแต่งในกลุ่มสารอินทรีย์.....	3
3	โครงสร้างของสารเติมแต่งประเภทสารอนินทรีย์	4
4	กลไกในการสะท้อนรังสีของสารเติมแต่งในกลุ่มสารอนินทรีย์	5
5	โครงสร้างทางเคมีของสารที่ใช้การดูดกลืนรังสี IR งานวิจัยที่ผ่านและ การออกแบบโครงสร้างสาร IR-blockingagent ของคณะงานวิจัย.....	6
6	แนวทางการสังเคราะห์สารเติมแต่งชนิดใหม่ในแผ่นฟิล์มพลาสติกโรงเรือน คัดกรองแสงเพื่อใช้ในการลดการส่องผ่านของคลื่นรังสี IR.....	7
7	โครงสร้างทางเคมีของสารเติมแต่งอินทรีย์ประเภทสารประกอบ ไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3).....	8
8	โครงสร้างและกลไกอนุพันธ์ของ Benzophenoneในการดูดกลืนรังสี UV.....	11
9	โครงสร้างของ UV-531.....	11
10	โครงสร้างและกลไกอนุพันธ์ของ Benzotriazoleในการดูดกลืนรังสี UV.....	11
11	โครงสร้างของ UV-P และ UV-234.....	12
12	โครงสร้างของ Uvinul 3039 และ Uvinul 3030.....	12
13	โครงสร้างอนุพันธ์ของ Triazinesที่ดูดกลืนรังสี UV.....	12
14	โครงสร้างของสารเติมแต่งประเภทสารอนินทรีย์.....	13
15	ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลพื้นฐานของป้องกันรังสีช่วงรังสี NIR	14
16	โครงสร้างของมอนอเมอร์ในกลุ่มของสาร ortho-hydroxy-benzophenone.....	17
17	โครงสร้างของสารดูดกลืนรังสี UV ทางการค้า.....	19
18	ความสามารถในการดูดกลืนรังสีของสาร perylenediimide (a), dibenzopery-lenediimide (b) และ benzimidozole dibenzoperylene (c).....	20
19	การเกิดการ Protonation ของสาร polyaniline.....	21
20	โครงสร้างทางเคมีของสารย้อมสี squarylium.....	21

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
21	สารประกอบ Monoazopyrroles (1a), Bisazopyrroles (3a) และ Boron-Azo pyrrole (4) และค่าความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) ที่ดูดกลืนได้ของสารแต่ละชนิด	22
22	การดูดกลืนรังสีของสาร Monoazopyrroles (1a), Bisazopyrroles (3a) และ Boron-Azopyrroleในช่วงความยาวคลื่น 300-1000 นาโนเมตร	23
23	โครงสร้างทางเคมีของ acrylic resin ที่สามารถดูดกลืนรังสี NIR	24
24	โครงสร้างทางเคมีของสารจำพวกไวแสงอะโรมาติกคีโตนและอะโรมาติกไดคีโตน	24
25	ค่าการสะท้อนรังสี IR ของอนุพันธ์ของสารประกอบไดคาร์บอนิลทั้งหมด	25
26	การสังเคราะห์สาร DCM (1) ในตัวทำละลาย CH_2Cl_2โดยมี N,N'-Dicyclohexylcarbodiimide(DCC) เป็น coupling reagent	28
27	การสังเคราะห์ Oleyl alcohol (7) โดยใช้ $LiAlH_4$เป็น reducing agent	29
28	การสังเคราะห์ DOM (2) ด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นโดยมี N,N'-Dicyclo hexylcarbodiimide(DCC) เป็น coupling agent	30
29	การสังเคราะห์ TCM (3) ด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่นโดยมี N,N'-Dicyclohexylcarbodiimide(DCC) เป็น coupling agent	32
30	การเตรียม PE porous ที่บรรจุสาร DCM (1), DOM (2) หรือ TCM (3)	33
31	เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ (Twin screw extruder)	34
32	กระบวนการเป่าขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม	35
33	ขั้นตอนการสกัดสารประกอบ DCM (1), DOM (2) และ TCM (3) ออกจากแผ่นฟิล์ม LDPE	36
34	เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

35 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV/Vis/NIR spectrophotometer)..... 38

36 สเปกตรัม ^{1}H NMR ของDicinnamylmalonate, DCM (1)..... 40

37 สเปกตรัมFT-IR ของ Dicinnamylmalonate, DCM (1)..... 41

38 สเปกตรัม ^{13}C NMR ของDicinnamylmalonate, DCM (1)..... 42

39 สเปกตรัม ^{1}H NMRของOleic acid (6) และ Oleyl alcohol (7)..... 43

40 สเปกตรัม FT-IR ของ Oleic acid (6) และ Oleyl alcohol (7)..... 44

41 สเปกตรัม ^{1}H NMR ของ Dioleylmalonate, DOM (2)..... 45

42 สเปกตรัม FT-IR ของ Dioleylmaonate, DOM (2)..... 46

43 สเปกตรัม ^{13}C NMR ของDioleylmaonate, DOM (2)..... 46

44 สเปกตรัม ^{1}H NMR ของสารDicinnamyl 1, 3-acetonedicarboxylate, TCM(3)..... 47

45 สเปกตรัม FT-IR ของ Dicinnamyl 1, 3-acetonedicarboxylate, TCM (3)..... 48

46 สเปกตรัม ^{13}C NMR ของDicinnamyl 1, 3-acetonedicarboxylate, TCM (3)..... 48

47 ความต้านทานแรงดึงของฟิล์ม LDPE และฟิล์ม LDPE ที่มีการเติมสารประกอบไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3) DOM/LDPE, DCM/LDPE และ TCM/LDPE..... 50

48 มอดูลัสของฟิล์ม LDPE และฟิล์ม LDPE ที่มีการเติมสารประกอบไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3) DOM/LDPE, DCM/LDPE และ TCM/LDPE..... 51

49 ความสามารถในการดึงยืดของฟิล์ม LDPE และฟิล์ม LDPE ที่มีการเติมสารประกอบไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3) 10% โดยน้ำหนัก DOM/LDPE, DCM/LDPE และ TCM/LDPE..... 52

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

50 ภาพ SEM ของฟิล์มLDPE และฟิล์ม LDPE ที่มีการเติมสารประกอบไดคาร์บอนิล(1-2) และไตรคาร์บอนิล (3) 10% โดยน้ำหนัก DOM/LDPE, DCM/LDPE และ TCM/LDPE..... 53

51 เทอร์โมแรมDSC ของสารประกอบไดและไตรคาร์บอนิล DCM (1), DOM (2) และ TCM (3)..... 55

52 เทอร์โมแรมDSC ของฟิล์มLDPEและฟิล์ม LDPE ที่มีการเติมสารประกอบไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3)10% โดยน้ำหนัก DOM/LDPE, DCM/LDPE และ TCM/LDPE..... 56

53 การสลายตัวทางความร้อนของฟิล์ม LDPEและฟิล์ม LDPE ที่มีการเติมสารประกอบไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3)10% โดยน้ำหนัก DOM/LDPE, DCM/LDPE และ TCM/LDPE..... 59

54 ความหนืดเชิงซ้อนของฟิล์ม LDPEและฟิล์ม LDPE ที่มีการเติมสารประกอบไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3) 10% โดยน้ำหนัก DCM/LDPE และ TCM/LDPE ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส..... 61

55 มอดูลัสสะสมและมอดุลัสสูญเสียของฟิล์ม LDPE และฟิล์ม LDPE ที่มีการเติมสารประกอบDCM (1) และ TCM (3) 10% โดยน้ำหนัก DCM/LDPE และ TCM/ LDPE ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส..... 62

56 ค่าการดูดกลืนรังสีของสารประกอบไดคาร์บอนิลและไตรคาร์บอนิล DCM (1) และ TCM (3) ในช่วงความยาวคลื่น 200-2500 นาโนเมตร..... 64

57 ค่าการสะท้อนรังสีของสารประกอบไดคาร์บอนิลและไตรคาร์บอนิล DCM (1) และ TCM (3)ในช่วงความยาวคลื่น 200-2500 นาโนเมตร..... 64

58 การส่องผ่านรังสีของฟิล์ม LDPE และฟิล์ม LDPE ที่มีการเติมสารประกอบ DCM (1) และ TCM (3) 10 % โดยน้ำหนัก DCM/LDPE และ TCM/LDPE ในช่วงความยาวคลื่น 200-2500 นาโนเมตร..... 65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

59 โครงสร้างทางเคมีของสารเติมแต่งประเภทสารประกอบไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3)..... 67

60 กลไกการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชั่น ที่ใช้ DCC เป็น coupling reagent..... 78

61 กลไลการเกิดปฏิกิริยารีดักชั่น โดยใช้ $LiAlH_4$เป็นตัวรีดิวซ์กรดคาร์บอกซิลิก..... 79

62 สเปกตรัม^{1}H-NMR ของDicinnamylmalonate (DCM) ใน $CDCl_3$..... 80

63 สเปกตรัมFT-IRของDicinnamylmalonate (DCM) ใน KBr..... 81

64 สเปกตรัม^{13}C-NMR ของDicinnamylmalonate (DCM) ใน $CDCl_3$..... 81

65 สเปกตรัม^{1}H-NMR ของOleic acid ใน $CDCl_3$..... 82

66 สเปกตรัมFT-IRของOleic acid ใน KBr..... 82

67 สเปกตรัม^{1}H-NMR ของOleyl alcohol ใน $CDCl_3$..... 83

68 สเปกตรัมFT-IR ของ Oleyl alcohol ใน KBr..... 83

69 สเปกตรัม^{1}H-NMR ของDioleylmalonate (DOM) ใน $CDCl_3$..... 84

70 สเปกตรัมFT-IRของDioleylmalonate (DOM) ใน KBr..... 84

71 สเปกตรัม^{13}C-NMR ของDioleylmalonate (DOM) ใน $CDCl_3$..... 85

72 สเปกตรัม^{1}H-NMR ของDicinnamyl 1, 3-acetonedicarboxylate (TCM) ใน $CDCl_3$..... 86

73 สเปกตรัมFT-IRของDicinnamyl 1, 3-acetonedicarboxylate (TCM) ใน KBr..... 86

74 สเปกตรัม^{13}C-NMR ของDicinnamyl 1, 3-acetonedicarboxylate (TCM) ใน DCl_3..... 87

อักษรย่อ

Anh.	=	Anhydrous
Ar	=	Aromatic
^{13}C NMR	=	Carbon Nuclear Magnetic Resonance
CB	=	Carbon black
cm	=	Centimeter
CSR	=	Chemical Safety Reports
d	=	Doublet
DCC	=	N, N'-Dicyclohexylcarbodiimide
DCM	=	Dicinnamyl malonate
DCU	=	1, 3-Dicyclohexylurea
dd	=	Double of doublet
DOM	=	Dioleyl malonate
DSC	=	Differential Scanning Calorimeter
EC	=	European Commission
EtOAc	=	Ethyl acetate
EU	=	European Union
FT-IR	=	Fourier Transform Infrared spectrophotometer
G'	=	Storage modulus
G"	=	Loss modulus
^{1}H NMR	=	Proton Nuclear Magnetic Resonance
HDPE	=	High density polyethylene
J	=	Coupling constant
IR	=	Infrared
LDPE	=	Low density polyethylene
m	=	Multiplet
MH_z	=	Mega Hertz
MMO	=	Mixed metal oxide

อักษรย่อ (ต่อ)

MPa	=	Megapascal
MW	=	Molecular weight
NIR	=	Near infrared
nm	=	Nanometer
PC	=	Polycarbonate
PE	=	Polyethylene
ppm	=	Part per million
PVC	=	Polyvinyl chloride
rad/s	=	Radian per second
REACH	=	Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals
R_f	=	Retention factor
s	=	Singlet
SEI	=	Secondary Electron Image
SEM	=	Scanning Electron Microscope
t	=	Triplet
TCM	=	Dicinnamyl 1, 3-acetonedicarboxyliclate
TGA	=	Thermogravimetric Analysis
THF	=	Tetrahydrofuran
TLC	=	Thin layer chromatography
UV	=	Ultraviolet
UVA	=	Ultraviolet A
UVB	=	Ultraviolet B
Vis	=	Visible light
WTO	=	World Trade Organization
□	=	Chemical shift
□*	=	Complex viscocity

อักษรย่อ (ต่อ)

ε_{max}	=	Epsilon max
λ_{max}	=	Lambda max
ω	=	Angular frequency
%	=	Percent