บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดวิกฤตการณ์ภาวะโลกร้อน (Global Warming) ในปัจจุบันคือการเกิดปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจก (Green House Effects) ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกเพิ่มขึ้นประมาณ 0.15 - 0.20 องศาเซลเซียสต่อ 1 ทศวรรษ [1] โดยปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ที่ผ่านชั้นบรรยากาศมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลจากชั้นก๊าซโอโซน ซึ่งทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันรังสีความร้อนถูกทำลาย และปล่อยให้คลื่นรังสีที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศมายังผิวโลกได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์เป็นคลื่นรังสีที่เป็นอันตรายต่อผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะคลื่นรังสีอินฟราเรด (Infrared radiation, IR) ซึ่งเป็นคลื่นรังสีที่ให้พลังงานความร้อนสูง [2] ในปัจจุบันปัจจัยความร้อนจากคลื่นรังสีเหล่านี้ส่งผลทำให้ผลิตผลทางการเกษตรเสียหายปีละ 10,000 ล้านบาท [3] ซึ่งเป็นความเสียหายที่เกิดจากผลผลิตเน่าเสีย ผลผลิตไม่ได้คุณภาพและปริมาณผลผลิตน้อยไม่คุ้มต่อต้นทุนในการเพาะปลูก อีกทั้งยังต้องเผชิญปัญหาที่เกิดจากการทำลายพืชผลผลิตทางการเกษตรจากแมลงศัตรูพืชอีกด้วย

ดังนั้นระบบโรงเรือน (Green House) จึงถูกนำมาใช้ในการคัดกรองแสงที่มาจากดวงอาทิตย์โดยเฉพาะคลื่นรังสีความร้อนหรือรังสี IR ซึ่งเป็นคลื่นรังสีที่ทำให้พืชผลผลิตทางการเกษตรเน่าเสียโดยการเติมสารเติมแต่งลงไปในแผ่นฟิล์มพลาสติกเพื่อคัดกรองเฉพาะช่วงแสงที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชทางการเกษตร และป้องกันการส่องผ่านคลื่นรังสี IR และคลื่นรังสีชนิดอื่นๆ ที่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืชออกไปจากระบบโรงเรือน หรือเรียกว่าระบบโรงเรือนคัดกรองแสง (Photoselective Green House) ซึ่งเป็นแนวคิดที่สำคัญอีกทางหนึ่งในการพัฒนาศักยภาพของกระบวนการเพาะปลูกพืชของทางการเกษตร ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มขึ้นทั้งปริมาณและคุณภาพ

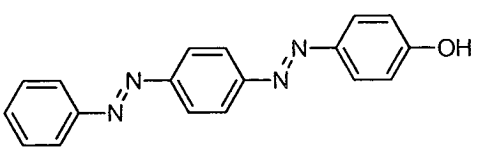
จากงานวิจัยที่ผ่านมามีการสังเคราะห์สารเติมแต่งหลายชนิดที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนและดูดกลืนคลื่นรังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet radiation, UV) ช่วงความยาวคลื่น 200-400 นาโนเมตร และคลื่นรังสีอินฟราเรด (Infrared radiation, IR) ช่วงความยาวคลื่น 700-2500 นาโนเมตร โดยนำไปผสมลงในแผ่นฟิล์มพลาสติกในระบบโรงเรือนคัดกรองแสง เพื่อลดการส่องผ่านของคลื่นรังสี

ที่เป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืชผลทางการเกษตร โดยสารเติมแต่งเหล่านี้จะถูกเรียกว่า "IR-Blocking Agent" ซึ่งสารเติมแต่งที่มีความสามารถและประสิทธิภาพในการป้องกันคลื่นรังสีในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ได้มากน้อยแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ของหมู่ฟังก์ชันและโครงสร้างทางเคมีของสารแต่ละตัว โดยสามารถแบ่งสารเหล่านี้ออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. สารเติมแต่งประเภทสารอินทรีย์ ได้แก่ สีย้อม (Dyes) ซึ่งแบ่งเป็น สีย้อมในกลุ่ม Azo กลุ่ม Diazo กลุ่ม Perinone กลุ่ม Guinoline และกลุ่ม Anthraquinone และสีอินทรีย์ (Organic pigments) ซึ่งแบ่งได้อีก 2 จำพวก คือ สารเคมีในกลุ่ม Azo pigments ได้แก่ Monoazo และ Diazo และในกลุ่ม Non-azo pigments ได้แก่ polycyclic type และ metallic complex เป็นต้น (ภาพ 1) [4, 5]

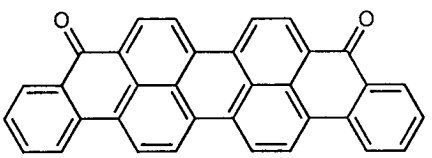
สีย้อม(Dyes)

กลุ่ม Azo dyes



C.I. Disperse Yellow 23

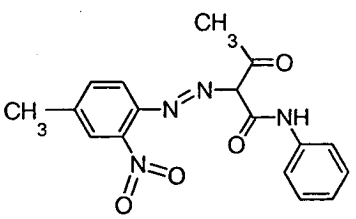
กลุ่ม Anthraquinone



Violanthrone (C.I. Vat Blue 20)

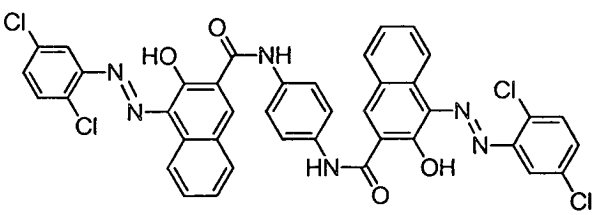
สีอินทรีย์(Organic pigments)

กลุ่ม Azo pigment



C.I. Pigment Yellow 1

(Momoazo pigment)

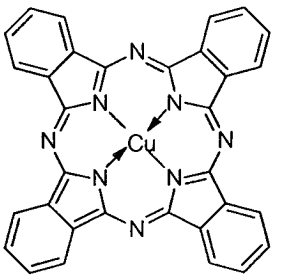


C.I. Pigment Red 166

(Diazo pigments)

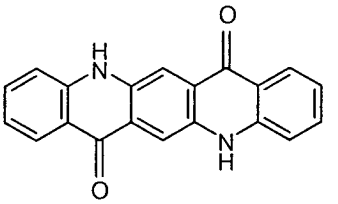
ภาพ 1 โครงสร้างของสารเติมแต่งประเภทสารอินทรีย์ทั่วไป

กลุ่ม Non-azo pigments



C.I.Pigment Blue 15.

(Phthalocyanine pigments)

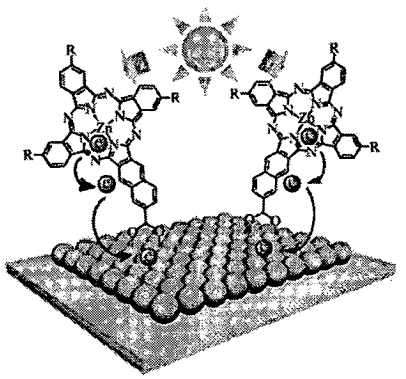


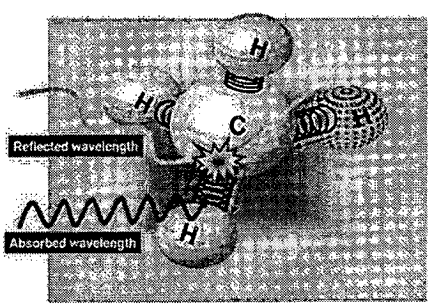
C.I. Pigment Violet 19.

(Quinacridones pigments)

ภาพ 1 (ต่อ)

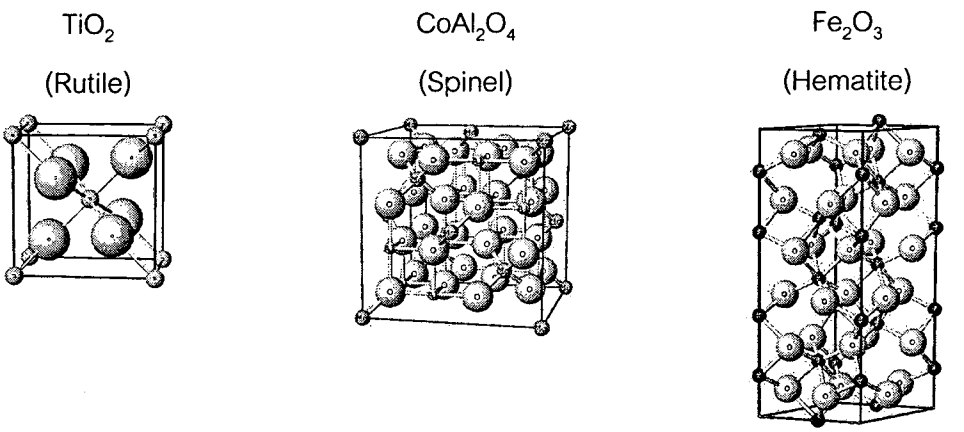
สารเติมแต่งในกลุ่มของสารอินทรีย์จะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนคลื่นรังสี UV และรังสี IR โดยอาศัยหลักการการเกิดการคอนจูเกต (conjugation) ภายในโครงสร้างโมเลกุลของสารและหมู่ฟังก์ชัน ปริมาณและช่วงของการดูดกลืนรังสีเหล่านี้จะขึ้นกับระบบ conjugation ในโครงสร้างและจำนวนหมู่ฟังก์ชัน (ภาพ 2) [6] โดยสารเหล่านี้จะคัดกรองคลื่นรังสีชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชผ่านเข้าไปในโรงเรือน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการพัฒนาศักยภาพของกระบวนการผลิตในด้านของการเพิ่มทั้งคุณภาพและปริมาณของผลิตผลทางการเกษตรได้





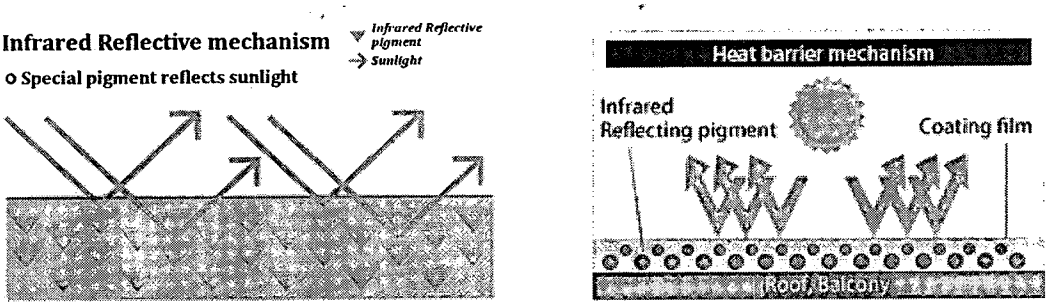
ภาพ 2 กลไกการดูดกลืนคลื่นรังสีต่างๆ ของสารเติมแต่งในกลุ่มสารอินทรีย์ [6]

2. สารเติมแต่งประเภทสารอนินทรีย์ ได้แก่ สารจำพวก Single oxides เช่น Fe_2O_3, Cr_2O_3, TiO_2 เป็นต้น และ Mixed metal oxide (MMO) หรือ complex inorganic color pigments (CICPs) เช่น Zinc iron chromite (Zn, $Fe(Fe, Cr)_2O_4$), Iron chromite (Fe_2CrO_4), Chromium green (CrOAl), Cobalt aluminate ($CoAl_2O_4$) เป็นต้น ซึ่งมีโครงสร้างเป็นในลักษณะของผลึก แบบต่างๆ (ภาพ 3)



ภาพ 3 โครงสร้างของสารเติมแต่งประเภทสารอนินทรีย์ [7, 8]

โดยสารที่อยู่ในกลุ่มของสารอนินทรีย์ส่วนใหญ่จะอาศัยกลไกการสะท้อนของคลื่นรังสี (Reflection) (ภาพ 4) เนื่องจากภายในโมเลกุลมีธาตุโลหะเป็นองค์ประกอบ จึงทำให้มีลักษณะโครงสร้างทางกายภาพเป็นผลึกที่มีความหนาแน่นสูง ทำให้เมื่อรังสีตกกระทบมายังโมเลกุลของสารเติมแต่งอนินทรีย์ จะเกิดการสะท้อนกลับของคลื่นรังสีออกหมด ซึ่งทำให้คลื่นรังสีที่มีความจำเป็นและไม่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชผ่านเข้ามาได้เพียงเล็กน้อย ซึ่งข้อดีคือพืชจะไม่ถูกทำลายเนื่องจากความร้อนของรังสี IR ที่มากเกินไป แต่ข้อด้อยคือรังสีที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในช่วงรังงสี Visible จะส่องผ่านมาได้ในปริมาณที่น้อย ส่งผลทำให้พืชชะลอพัฒนาการทั้งด้านคุณภาพและปริมาณของผลผลิต



ภาพ 4 กลไกการสะท้อนรังสีของสารเติมแต่งในกลุ่มสารอนินทรีย์ [9]

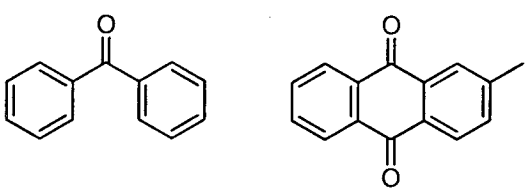
จึงเห็นได้ว่าด้วยลักษณะกลไกการทำงานของสารเติมแต่งในกลุ่มของสารอินทรีย์เป็นกลไกแบบการดูดกลืนคลื่นรังสี ซึ่งอาจทำให้เกิดการสะสมพลังงานความร้อนขึ้นภายในโครงสร้างโมเลกุลของสารได้ จึงทำให้สารอินทรีย์มีข้อเสีย หากเปรียบเทียบในด้านของการมีขีดจำกัดของสมรรถนะของความสามารถในการป้องกันรังสีอันตรายดังกล่าว ด้วยเหตุนี้ทำให้วิธีการเลือกใช้สารเติมแต่งทั้งในกลุ่มของสารอินทรีย์และอนินทรีย์มีความแตกต่างกันออกไปแล้วทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ

โดยทั่วไปพบว่าสารเติมแต่งในกลุ่มของสารอนินทรีย์เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมพลาสติกโรงเรือน เนื่องจากราคาถูกและสามารถลดการส่องผ่านของคลื่นรังสี IR โดยผ่านกลไกการสะท้อนรังสีได้ดีกว่า แต่สารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อมทั้งในด้านกระบวนการผลิตและการนำไปใช้งาน นอกจากนี้สารกลุ่มอนินทรีย์ จำพวกโลหะหนักบางชนิดที่ใช้เป็นองค์ประกอบของสารประเภทนี้ ถูกจำกัดปริมาณการใช้ในกระบวนการผลิตด้วยกฎระเบียบใหม่ของสหภาพยุโรป (European Union, EU) เพื่อใช้ในการควบคุมและจัดการการใช้สารเคมี เป็นระเบียบที่ว่าด้วยสารเคมี หรือ REACH (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals) [10, 11] ซึ่งในข้อตกลงของระเบียบฉบับนี้ ส่งผลกระทบต่อประเทศผู้ผลิตและผู้นำเข้าสารเคมีชนิดใหม่ที่มีโลหะไปที่สหภาพยุโรป

ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับวิกฤติการณ์ที่กำลังจะเกิดขึ้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะทำการออกแบบ สังเคราะห์ และทำการศึกษาสมบัติของสารเติมแต่งในกลุ่มของสารอินทรีย์ชนิดใหม่ให้มีประสิทธิภาพในการลดการส่องผ่านของคลื่นรังสี UV และรังสี IR โดยให้มีศักยภาพและสมรรถนะในการใช้งานที่ดีเทียบเท่าสารเติมแต่งในกลุ่มของสารอนินทรีย์หรือดีกว่าและสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในระดับอุตสาหกรรมได้ในอนาคต

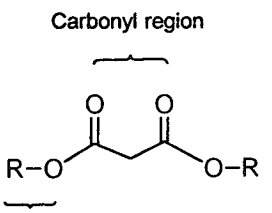
จากงานวิจัยที่ผ่านมาของนายอวิรุทธ์ โสภาลดาวัลย์และคณะ [12] ได้ทำการศึกษาอัตราการสลายตัวของ HDPE ที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตและสารไวแสงจำพวกอะโรมาติกคีโตนและอะโรมาติกไดคีโตน ได้แก่ เบนโซฟีโนน และ 2-เมทิลแอนทราควิโนน ซึ่งนำไปทดสอบกลางแจ้งเป็นเวลา 12 สัปดาห์ จากนั้นนำฟิล์ม HDPE มาวัดการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานแรงดึง ค่าการยืดเมื่อขาดน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย และค่าการดูดกลืนรังสี IR พบว่า ฟิล์ม HDPE ที่มีการเติมสารไวแสงสามารถดูดกลืนรังสี IR ได้ดีมากขึ้นตามจำนวนของหมู่คาร์บอนิล (C = O) ที่มีในโครงสร้าง จะเห็นได้จากผลการทดสอบพบว่าฟิล์ม HDPE ที่ผสมสารไวแสง 2-เมทิลแอนทราควิโนนจะสามารถดูดกลืนรังสี IR ได้ดีและมีอัตราการสลายตัวที่สูงกว่าสารไวแสงเบนโซฟีโนน

ด้วยเหตุนี้ทำให้หลักการที่ใช้ในการออกแบบของสารเติมแต่งในกลุ่มของสารอินทรีย์เพื่อทำหน้าที่ในการลดการส่องผ่านของคลื่นรังสี IR จะคำนึงถึงองค์ประกอบทางเคมี 2 ส่วน คือ ส่วนของหมู่คาร์บอนิล (C = O) ซึ่งอาศัยความสามารถในการดูดกลืนคลื่นรังสี IR ได้ดี ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของหมู่ฟังก์ชันคาร์บอนิล และส่วนที่สองคือส่วนของหมู่อัลคิล (R) ที่ต่อกับหมู่คาร์บอนิล โดยในส่วนนี้จะอาศัยหลักการความไม่มีขั้วของหมู่แทนที่ (ภาพ 5) เพื่อทำให้โครงสร้างมีความเป็นขั้วต่ำลง ซึ่งจะทำให้สารเติมแต่งสามารถนำไปผสม ขึ้นรูป และกระจายตัวได้ดีในกระบวนการผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกโรงเรือนคัดกรองแสง ซึ่งทั้งสองส่วนนี้มีความสำคัญต่อคุณสมบัติของการสังเคราะห์สารเติมแต่งในกลุ่มของสารอินทรีย์ชนิดใหม่



Benzophenone 2-Methylanthraquinone

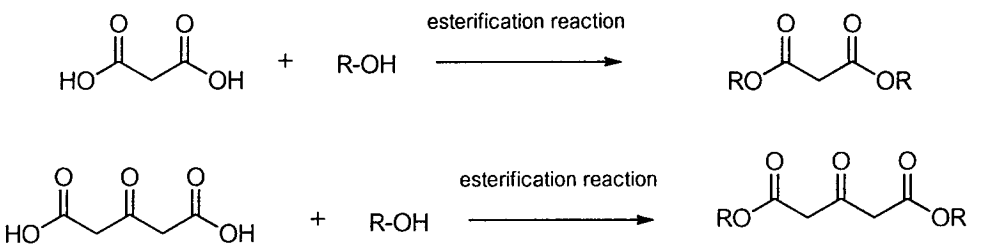
โครงสร้างของสารไวแสงที่ใช้ในงานวิจัยของนายอวิรุทธ์ โสภาลดาวัลย์และคณะ [12]



โครงสร้างทางเคมีของสารเติมแต่ง IR-blocking agent ที่ออกแบบ

ภาพ 5 โครงสร้างทางเคมีของสารที่ใช้การดูดกลืนรังสี IR งานวิจัยที่ผ่านและการออกแบบโครงสร้างสาร IR-blocking agent ของคณะงานวิจัย

เพื่อเพิ่มศักยภาพในการลดการส่องผ่านคลื่นรังสี IR มากขึ้นและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในระดับอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้จึงทำการออกแบบ IR-blocking agent ชนิดใหม่ให้มีจำนวนหมู่ของคาร์บอนิลภายในโมเลกุลเพิ่มขึ้นผ่านหมู่คาร์บอกซิลิกแอซิด ทั้งนี้ยังคงความไม่มีขั้วของสาร IR-blocking agent ที่ออกแบบโดยเชื่อมหมู่อัลคิลด้วยพันธะเอสเทอร์ ผ่านปฏิกิริยาการเชื่อมต่อระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ (ภาพ 6)



ภาพ 6 แนวทางการสังเคราะห์สารเติมแต่งชนิดใหม่ในแผ่นฟิล์มโรงเรือนคัดกรองแสงเพื่อใช้ในการลดการส่องผ่านของคลื่นรังสี IR

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. สังเคราะห์สารเติมแต่งประเภทสารประกอบอินทรีย์ที่มีสมบัติลดการส่องผ่านของรังสี IR
2. เตรียมแผ่นฟิล์มที่มีสารเติมแต่งประเภทสารประกอบอินทรีย์ที่มีสมบัติช่วยลดการส่องผ่านของรังสี IR

ความสำคัญของการวิจัย

เป็นการสังเคราะห์สารเติมแต่งประเภทสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและมีประสิทธิภาพในการช่วยลดการส่องผ่านของรังสี IR เพื่อนำไปใช้เป็นสารเติมแต่งในพลาสติกคลุมโรงเรือนในอนาคต

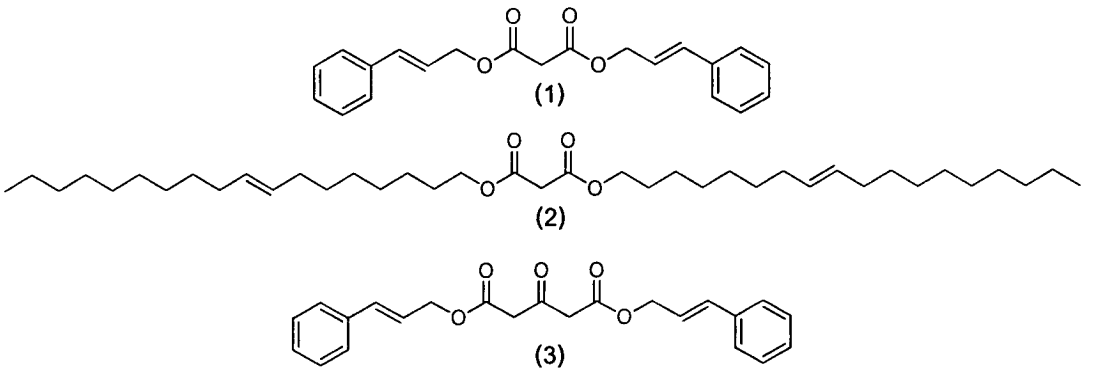
ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตในการศึกษาการสังเคราะห์สารเติมแต่งประเภทสารประกอบไดคาร์บอนิลและไตรคาร์บอนิล (1-3) (ภาพ 7) ที่มีประสิทธิภาพในการลดการส่องผ่านของรังสี IR แบ่งได้ดังนี้

1. สังเคราะห์สารประกอบไดคาร์บอนิล (1) และ (2)
2. สังเคราะห์สารประกอบไตรคาร์บอนิล (3)

3. เตรียมแผ่นฟิลม์พลาสติกพอลิเอทิลีนที่ผสมสารประกอบไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3)

4. ศึกษาประสิทธิภาพการลดการส่องผ่านของรังสี IR, สมบัติเชิงความร้อน และสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มพลาสติกพอลิเอทิลีนที่ผสมสารประกอบไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3)



ภาพ 7 โครงสร้างทางเคมีของสารเติมแต่งอินทรีย์ประเภทสารประกอบไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3)

สมมุติฐานของการวิจัย

สารเติมแต่งประเภทสารอินทรีย์ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น เป็นสารประกอบไดคาร์บอนิล (1-2) และไตรคาร์บอนิล (3) ที่สามารถผสมลงในเนื้อพลาสติกพอลิเมอร์ชนิดพอลิเอทิลีน (LDPE) ได้ และไม่ทำให้คุณสมบัติเชิงกลของ LDPE เปลี่ยนไปจากเดิม นำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มด้วยเทคนิคการเป่า เพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มให้มีประสิทธิภาพในการช่วยลดการส่องผ่านของรังสี IR ได้