

## บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาเรื่อง การพัฒนาตัวชี้วัดการมีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ ผู้ศึกษาได้เตรียมการ และดำเนินงานตามขั้นตอนดังนี้

### 3.1 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

#### 3.1.1 วัสดุ

##### 1) สารเคมี

Methylene Blue (MB) (AR grade, 99.99 %, Sigma-Aldrich<sup>®</sup>, USA) ใช้เป็น Redox dye ซึ่งเปลี่ยนสี เมื่อได้รับก๊าซออกซิเจน 2,2-dimethoxy-2-phenyl acetophenone-benzyl dimethyl ketal (BDK) (AR grade, 99.99 %, Sigma-Aldrich<sup>®</sup>, USA) ใช้เป็น photoinitiator สารละลายเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้น 10 % w/v (AR grade, 99.99 %, Methocel<sup>®</sup>, Dow Chemical, USA) ใช้เป็น Polymer Matrix ทำหน้าที่ยึด MB และ BDK ให้อยู่บนฟิล์ม และเอทานอล (AR grade, 99.99 %, Sigma-Aldrich<sup>®</sup>, USA) ใช้เป็นตัวทำลาย MB และ BDK

##### 2) เครื่องมือ

- (1) เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียดสี่ตำแหน่ง (OHAUS, USA)
- (2) เครื่องสเปกโตรเดนซิโตรมิเตอร์ (Spectrodensitometer) (Techkon, Spectrodens, Germany)
- (3) เครื่องฉายแสงอุลตราไวโอเลต (ZD, China)
- (4) เครื่องกวนผสมสารระบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Stirrers) (Yellow line, MHX basic, Germany)
- (5) เครื่องเคลือบบัตร (Photonex 325 digital, Korea)
- (6) เครื่องทดสอบความต้านแรงดึง (Tensile) (Instron NV Lab, 2 may 2014, USA)

### 3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

#### 3.2.1 การศึกษาผลของอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างเมทิลีน บลู : โฟโตอินิเทียเตอร์ ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสี และสมบัติทางกล

ในการศึกษาเรื่อง การพัฒนาตัวชี้วัดการมีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์สูญญากาศ ใช้อัตราส่วน โดยน้ำหนักระหว่าง MB : BDK คือ 1:3.33, 1:10, 1:14.28, 1:16.67, 1:20, 1:33.33 และ 1:66.67 เพื่อเตรียมฟิล์ม ทำโดยการละลาย MB และ BDK ใน Ethanol 7 ml จากนั้นคนให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนผสมสารระบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Stirrer) เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลายเมทิลเซลลูโลส ความเข้มข้น 10 % w/v 3 ml และปั่นผสมต่อเป็นเวลา 10 นาที แล้วเทส่วนผสมลงบนงานเพาะเชื้อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ที่งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิประมาณ 25-27 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำมาตัดให้ได้ขนาด 1x1 cm บรรจุลงในถุงแล้วได้ก๊าซออกซิเจนออกให้หมดโดยการรีดฟิล์มด้วยความร้อน จากนั้นนำไปฉายแสงยูวี โดยใช้หลอดไฟที่มีความเข้มแสง 774 mJ.min/cm<sup>2</sup> โดยให้หลอดไฟมีระยะห่างจากชิ้นงาน 10 cm

เตรียมตัวอย่างฟิล์มอีกชุดหนึ่งด้วยวิธีการเช่นเดิมแต่ใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักของ MB : BDK คือ 1:3.33, 1:10, 1:14.28, 1:16.67, 1:20, 1:33.33 และ 1:66.67 นำตัวอย่างก่อนและหลังการฉายแสงยูวี เป็นเวลา 0, 15, 30, 60, 120, 240, 480, 960, 1920, และ 3600 วินาที มาทดสอบสมบัติทางกล

#### 3.2.2 การศึกษาผลของความหนาฟิล์มที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสี และสมบัติทางกลโดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักเมทิลีน บลู : โฟโตอินิเทียเตอร์ เท่ากับ 1 : 16.67

ทำการผลิตฟิล์มตามวิธีที่กล่าวไว้ในข้อ 3.2.1 โดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนัก MB : BDK เท่ากับ 1 : 16.67 (w/v) และใช้ปริมาณสารละลาย 10, 15, 20, 25 ml เพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีความหนา 0.032, 0.045, 0.06 และ 0.077 mm ตามลำดับ จากนั้นนำไปฉายแสงยูวีเป็นเวลา 960 วินาที บันทึกการเปลี่ยนแปลงของสีที่เวลา 0, 15, 30, 60, 120, 240, 480 และ 960 วินาที พร้อมทั้งบันทึกการเปลี่ยนแปลงสี และทดสอบสมบัติทางกลของตัวอย่างที่ผ่านการฉายแสงยูวีและไม่ผ่านการฉายแสงยูวี

บันทึกการเปลี่ยนแปลงสีของตัวอย่างที่เวลา 0, 15, 30, 60, 120, 240, 480 และ 960 วินาที หลังจากนั้นนำชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการฉายแสงยูวีแล้วออกมาจากถุงให้สัมผัสกับอากาศซึ่งมีก๊าซออกซิเจน ประมาณ 21 % ในระหว่างนี้ทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงสีที่เวลา 0.15, 0.30, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 60, 120, 180, 240, 300, 600, 1,200 1,800 นาที การวัดค่าสีทำได้โดยใช้เครื่อง Spectrodensitometer และบันทึกค่าสี  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  และนำมาคำนวณค่า  $\Delta E$  โดยใช้สมการ  $DE = \sqrt{(L-L_0)^2 + (a-a_0)^2 + (b-b_0)^2}$

### 3.2.3 การทดสอบสมบัติด้านการดึงยืด

การทดสอบคุณสมบัติด้านการดึงยืด (Tensile Properties) ทำตาม ASTM D 882-09 [9] โดยใช้ตัวอย่างที่มีความกว้าง 15 มิลลิเมตร ทำการทดสอบโดยใช้เครื่อง Instron โดยตั้งความยาวเริ่มต้นของตัวอย่างหรือระยะห่างระหว่างตัวจับขึ้นทดสอบ 50 mm ดึงด้วยความเร็ว 50 mm/min จนตัวอย่างขาด บันทึกค่า Tensile Strength, Elongation, และ Modulus of Elasticity (MOE) โดย Tensile Strength สามารถคำนวณได้จากสมการ (3.1)

$$\text{ความต้านแรงดึง (Tensile strength)} = \frac{F}{t \times w} \quad (3.1)$$

โดย F คือ แรงดึงสูงสุดที่ตัวอย่างสามารถรับได้  
 t คือ ความหนาของชิ้นทดสอบ  
 w คือ ความกว้างของชิ้นทดสอบ

Elongation คือการเปลี่ยนแปลงความยาวของชิ้นทดสอบเมื่อถูกดึงเทียบกับความยาวเริ่มต้น โดยคิดเป็นร้อยละ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (3.2)

$$\text{Elongation} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100 \quad (3.2)$$

โดย  $L_0$  คือ ความยาวเริ่มต้นหรือระยะห่างระหว่างตัวจับขึ้นทดสอบเริ่มต้นหรืออาจเป็นระยะที่ทำเครื่องหมายไว้ตรงส่วนกลางของชิ้นทดสอบในตอนเริ่มต้น  
 L คือ ระยะระหว่างปากจับหรือระยะระหว่างจุดที่ทำเครื่องหมายในขณะที่ชิ้นทดสอบถูกดึงจนชิ้นทดสอบขาด

Modulus of Elasticity (MOE) คือ มอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นเป็นค่าบอกระดับความแข็งแกร่งของวัสดุโดยพิจารณาจากอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเค้น (stress) ต่อความเครียด (strain) ที่ค่าความเค้นน้อยสามารถหาจากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดที่ได้จากการทดลอง สามารถคำนวณได้จากสมการ (3.3)

$$Y = \text{ความเค้น/ความเครียด} = \sigma/\epsilon = (F \div A)/(\Delta L \div L) = (F.L)/(A.\Delta L) \quad (3.3)$$

โดย	Y	คือ มอดูลัสของยัง มีหน่วยเป็น ปาสกาล (Pa) หรือ นิวตันต่อตารางเมตร (N/m <sup>2</sup> )
	$\Sigma$	คือ ความเค้นตามยาว
	E	คือ ความเครียดตามยาว
	F	คือ แรง ในหน่วย นิวตัน
	A	คือ พื้นที่หน้าตัดรับแรง ในหน่วย ตารางเมตร
	$\Delta L$	คือ ส่วนที่ยืดออกของวัสดุ ในหน่วย เมตร
	L	คือ ความยาวปกติของวัสดุ ในหน่วย เมตร