

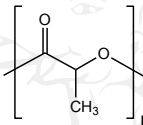
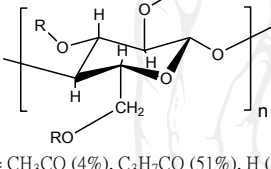
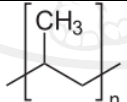
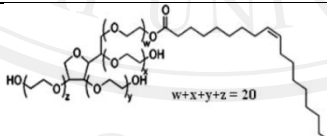
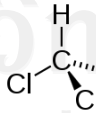
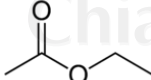
บทที่ 2

การทดลอง

2.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้แสดงดังตาราง 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ

ตาราง 2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง หน้าที่ บริษัทผู้ผลิตและความบริสุทธิ์

สารเคมี	โครงสร้าง	หน้าที่	บริษัทผู้ผลิต	ความบริสุทธิ์
พอลิแลคติก แอซิด (Poly(lactic acid), PLA)		พอลิเมอร์	Nature work	-
เซลลูโลสอะซิเตตบิวทีเรท (Cellulose acetate butyrate, CAB)	 R= CH ₃ CO (4%), C ₃ H ₇ CO (51%), H (1%)	พอลิเมอร์	Eastman Chemical Company	-
พอลิโพรพิลีน (Poly(Propylene), PP)		ฟิล์มทางการค้า	A.J.PLAST	-
ทวิน 80 (Tween80, T80)	 W+x+y+z = 20	สารเพิ่มความยึดหยุ่น	Fluka	-
คลอโรฟอร์ม (Chloroform)		ตัวทำละลาย	RCI Labscan Limited	A.R. grade (98.8%)
เอทิลอะซิเตท (Ethyl acetate)		ตัวทำละลาย	Labscan	A.R. grade

ตาราง 2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง บริษัทผู้ผลิตและรุ่นที่ใช้

เครื่องมือ	บริษัทผู้ผลิต	รุ่น
ดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งคาลอริเมทรี (Differential scanning calorimeter, DSC)	Perkin-Elmer	DSC7
ตู้อบสุญญากาศ (Vacuum oven)	Eyela	VDS- 301SD
เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal tensile testing machine)	LLOYD Instrument	LRX
โปรตอน เอ็นเอ็มอาร์ สเปกโตรมิเตอร์ (¹ H-NMR spectrometer)	Bruker	Avace
เครื่องชั่งละเอียด (Analytical balance)	Satorius Basic	BA 2105
ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Controlled temperature and moisture box)	Memmeert GmbH + Co.KG8540 Schwabach w- Germany	BM 400
เครื่องฟูรีเออร์ทรานสฟอร์ม อินฟราเรด สเปกโตรมิเตอร์ (Fourier transform infrared spectrometer, FT-IR)	BRUKER	TENSER 27
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM)	JOEL	JEM-5019LV
ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรมิเตอร์ (UV-Visible spectrometer)	Perkin Elmer	Lambda 25 UV/Vis spectrometer
ออสวาลด์ วิสโคมิเตอร์ (Ostwald viscometer)	Technico	size A BS/U
เครื่องทำความเย็น (refrigerator)	Sanyo	oishi
อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)	Memmert	WNB14
ตัววัดระดับน้ำ (Leveling)	Jackson works inc.	META

2.2 การวิเคราะห์หาโครงสร้างและองค์ประกอบของพอลิเมอร์เริ่มต้นด้วยเทคนิคโปรตอนเอ็นเอ็มอาร์สเปกโทรสโกปี

ทำการวิเคราะห์หาโครงสร้างและองค์ประกอบของพอลิเมอร์เริ่มต้น PLA CAB และ T80 โดยเทคนิคโปรตอนเอ็นเอ็มอาร์ สเปกโทรสโกปี ด้วยเครื่องโปรตอนเอ็นเอ็มอาร์ สเปกโตรมิเตอร์ 400 MHz ของบริษัท Bruker รุ่น Avace และเตรียมตัวอย่างโดยการละลายพอลิเมอร์น้ำหนักประมาณ 10-15 มิลลิกรัม ในตัวทำละลายดิฟเทอเทค คลอโรฟอร์ม (deuterated chloroform, CDCl_3)

2.3 การวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยโดยความหนืดของพอลิเมอร์เริ่มต้นด้วยเทคนิคการวัดค่าความหนืดของสารละลายเจือจาง (Dilute solution viscometry)

พอลิเมอร์เริ่มต้น PLA และ CAB จะถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยโดยความหนืด (\overline{M}_v) ด้วยเทคนิคการวัดค่าความหนืดของสารละลายเจือจาง โดยใช้ออสวาลด์วิสกิมิเตอร์ (Ostwald viscometer) ดังรูป 2.1 (ก) และจัดชุดอุปกรณ์ดังรูป 2.1 (ข) จุ่มวิสกิมิเตอร์ในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ และเตรียมสารละลายความเข้มข้น 0.20, 0.40, 0.60, 0.80 และ 1.00 g/dl โดยที่สารละลาย PLA จะใช้คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลายและสารละลาย CAB จะใช้เอทิลอะซิเตทเป็นตัวทำละลาย จากนั้นวัดเวลาการไหล (flow-time, t) ของตัวทำละลายบริสุทธิ์และสารละลายพอลิเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยควบคุมอุณหภูมิของการทดลองที่ 25.0 ± 0.1 องศาเซลเซียสในกรณีที่วัดสารละลาย PLA และควบคุมอุณหภูมิของการทดลองที่ 30.0 ± 0.1 องศาเซลเซียสในกรณีที่วัดสารละลาย CAB ทั้งนี้เนื่องจากความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์นั้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารละลาย ธรรมชาติของสารละลาย ชนิดและน้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ เมื่อน้ำหนักโมเลกุลและความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์มีค่ามากขึ้นจะทำให้ความหนืดมีค่ามากขึ้น แต่ในทางตรงข้าม ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความหนืดมีค่าลดลง [28] ดังนั้นในการทดลองจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่อยู่เสมอ



(ก)



(ข)

รูป 2.1 (ก) ออสวาลด์วิสโคมิเตอร์ (Ostwald viscometer)

(ข) การจัดชุดอุปกรณ์การวัดค่าความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์

2.4 การศึกษาความเป็นไปได้ของอัตราส่วนพอลิเมอร์เบลนด์ PLA/CAB/T80

ขั้นตอนแรก เตรียมฟิล์มของพอลิเมอร์เบลนด์ระหว่าง PLA, CAB และ T80 ด้วยวิธีการหล่อจากสารละลาย (Solvent casting technique) โดยใช้คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลายที่อัตราส่วนต่างๆ ดังแสดงในตาราง 2.3

ตาราง 2.3 สัดส่วนโดยน้ำหนักของพอลิเมอร์เบลนด์ระหว่าง PLA, CAB และ T80 ที่ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของอัตราส่วน

สูตร	สัดส่วนโดยน้ำหนักของพอลิเมอร์เบลนด์ (กรัม)		
	PLA	CAB	T80
1	-	1.000	-
2	1.000	-	-
3	0.500	0.500	-
4	0.667	0.167	0.167
5	0.167	0.667	0.167
6	0.333	0.333	0.333
7	0.500	-	0.500
8	-	0.500	0.500
9	0.167	0.167	0.667
10	-	-	1.000

ซึ่งน้ำหนักพอลิเมอร์เบลนด์ที่อัตราส่วนต่างๆ โดยให้น้ำหนักรวม 0.50 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วปากกว้างที่มีฝาปิด (Screw-top glass bottle) และเติมตัวทำละลายคลอโรฟอร์มปริมาตร 10 มิลลิลิตร คนสารละลายด้วยแท่งแม่เหล็ก (Magnetic bar) เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ดังแสดงในรูป 2.2 (ก) เพื่อให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน

ขั้นตอนที่สอง เทสารละลายพอลิเมอร์เบลนด์ลงในแม่พิมพ์ที่แห้ง สะอาด และทำการปรับระดับแม่พิมพ์ให้เท่ากันเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ตามรูป 2.2 (ข) และในขณะที่พยายามอย่าให้มีฟองอากาศ ควรเทสารละลายอย่างช้าๆ โดยใช้แท่งคนสารรองสารละลายขณะเท ปิดฝาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้ตัวทำละลายค่อยๆ ระเหยออก เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นนำไปอบในตู้อบสุญญากาศที่อุณหภูมิห้องเพื่อไล่ตัวทำละลายออก

ขั้นตอนที่สาม เป็นขั้นตอนของการลอกแผ่นฟิล์มออกจากแม่พิมพ์โดยใช้มีดคัตเตอร์ที่มีความคมเป็นพิเศษ แกะบริเวณขอบของแม่พิมพ์และใช้ครีมคีบดึงแผ่นฟิล์มขึ้นมาจากด้านใดด้านหนึ่ง และเก็บไว้ในซองพลาสติกที่มีซิปรูด แล้วนำไปเก็บไว้ในเดซิเคเตอร์สุญญากาศ รอการนำไปทดสอบสมบัติต่างๆ ต่อไป



(ก)



(ข)

รูป 2.2 (ก) การเตรียมพอลิเมอร์เบลนด์ด้วยวิธีการหล่อจากสารละลาย

(ข) ลักษณะแม่พิมพ์และการจัดวางแม่พิมพ์เพื่อเทฟิล์มของพอลิเมอร์เบลนด์โดยใช้ตัววัดระดับน้ำ

2.5 การเตรียมพอลิเมอร์เบลนค์ระหว่าง PLA, CAB และ T80 และการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม

เตรียมฟิล์มของพอลิเมอร์เบลนค์ระหว่าง PLA, CAB และ T80 ตามวิธีการเดียวกับหัวข้อ 2.4 โดยใช้อัตราส่วนดังแสดงในตาราง 2.4

ตาราง 2.4 สัดส่วนโดยน้ำหนักของพอลิเมอร์เบลนค์ระหว่าง PLA, CAB และ T80 ที่ทำการศึกษา

สูตร	สัดส่วนโดยน้ำหนักของพอลิเมอร์เบลนค์ (กรัม)		
	PLA	CAB	T80
1	1.000	-	-
2	0.500	0.500	-
3	-	1.000	-
4	0.950	-	0.050
5	0.725	0.225	0.050
6	0.475	0.475	0.050
7	0.225	0.725	0.050
8	-	0.950	0.050
9	0.900	-	0.100
10	0.675	0.225	0.100
11	0.450	0.450	0.100
12	0.225	0.675	0.100
13	-	0.900	0.100
14	0.850	-	0.150
15	0.625	0.225	0.150
16	0.425	0.425	0.150
17	0.225	0.625	0.150
18	-	0.850	0.150
19	0.800	-	0.200
20	0.400	0.400	0.200
21	-	0.800	0.200

2.6 การวิเคราะห์สมบัติของฟิล์ม

2.6.1 การวิเคราะห์ความใสของฟิล์ม ด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมทรี (UV-Visible spectrometer) [59, 60]

การวิเคราะห์ลักษณะความโปร่งแสงของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์เบลนด์ที่อัตราส่วนต่างๆ จะแสดงถึงลักษณะความขุ่น ความใสของแผ่นฟิล์ม โดยเตรียมตัวอย่างแผ่นฟิล์มขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 1x3 ตารางเซนติเมตร ใส่ในเซลล์แก้ว (Glass cuvette) วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรมิเตอร์ (UV-Visible spectrometer) ของบริษัท PerkinElmer รุ่น Lambda 25 ซึ่งมีลักษณะของการวิเคราะห์เป็นแบบลำแสงคู่ (Double-beam spectrometer) ที่ความยาวคลื่นช่วง 600 นาโนเมตร[4-6] โดยใช้อากาศเป็นตัวอ้างอิง นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปคำนวณเป็นค่าความใสของฟิล์ม (Transparency, T) ตามสมการ 2.1 [61] และค่าความขุ่น (Opacity) คำนวณได้ตามสมการ 2.2[62]

$$\log T = 2 - A_{600} \quad (2.1)$$

โดยที่ A_{600} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นช่วง 600 นาโนเมตร
และ

$$\text{Opacity} = \frac{A_{600}}{x} \quad (2.2)$$

ซึ่ง x คือ ความหนาของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ในหน่วยมิลลิเมตร(mm)

2.6.2 การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวและความเข้ากันได้ของพอลิเมอร์เบลนด์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM)

การศึกษาลักษณะพื้นผิวและความเข้ากันได้ของฟิล์มพอลิเมอร์เบลนด์ที่เตรียมในทุกอัตราส่วน โดยตัวอย่างจะถูกเตรียมโดยการตัดฟิล์มเป็นสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก ดัดบนสตั๊ปและนำไปเคลือบด้วยทองคำ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด บริษัท JEOL รุ่น JSM 5910-LV แสดงดังรูป 2.3 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า ภาพถ่ายที่ได้จะบ่งบอกถึงลักษณะพื้นผิว และความเข้ากันได้ขององค์ประกอบทั้ง 3 ชนิดที่นำมาผสมกัน



รูป 2.3 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด JEOL รุ่น JSM 5910-LV

2.6.3 การวิเคราะห์สมบัติเชิงกล ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile testing machine)[64]

การวิเคราะห์สมบัติเชิงกลของฟิล์ม เพื่อบ่งบอกถึงความแข็งแรง ความยืดหยุ่น และความสามารถในการโค้งงอได้ของฟิล์มพอลิเมอร์เบลนด์ที่อัตราส่วนต่างๆ ทำได้โดยการทดสอบแรงดึง (Tensile test) ของฟิล์มด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง (Universal tensile testing machine) ของบริษัท LLOYD Instrument รุ่น LRX ดังรูป 2.4 (ก) การเตรียมตัวอย่างฟิล์มก่อนทดสอบจะต้องเลือกแผ่นฟิล์มที่มีผิวเรียบขนาดสม่ำเสมอ ไม่มีฟองอากาศ และตัดแผ่นฟิล์มให้มีขนาด 1 x 10 ตารางเซนติเมตร โดยตัวอย่างที่ตัดต้องมีขอบเรียบ ไม่มีรอยขาด รอยพับ และวัดความหนาของฟิล์ม 5 ตำแหน่งด้วยเครื่องไมโครมิเตอร์ ที่มีความละเอียด 0.001 มิลลิเมตรและหาความหนาเฉลี่ย จากนั้นนำแผ่นฟิล์มไปหนีบเข้ากับตัวหนีบ (Grip) ทั้งด้านบนด้านล่าง ดังแสดงในรูป 2.4 (ข) โดยกำหนดให้มีสภาวะการทดสอบดังนี้

ระยะห่างของตัวรองรับตัวอย่าง (gauge length)	50	มิลลิเมตร
ดึงแผ่นฟิล์มด้วย load cell ขนาด	100	นิวตัน
แรงดึงเริ่มต้น (preload)	0.0100	นิวตัน
ดึงด้วยความเร็ว	50	มิลลิเมตรต่อนาที

การทดสอบฟิล์มทำที่อุณหภูมิ 20.0–25.0 องศาเซลเซียสและร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity, RH) เท่ากับ 40 ผลการทดสอบแรงดึงของฟิล์มที่ได้จะถูกบันทึกเป็นรูปกราฟของเส้นโค้งความเค้น – ความเครียด



(ก)



(ข)

- รูป 2.4** (ก) เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal mechanical testing machine)
 (ข) ลักษณะการหนีบแผ่นฟิล์มเข้ากับตัวหนีบแล้วทำการดึง

2.6.4 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนและโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่ง แคลอริเมตรี (Differential scanning calorimetry, DSC)

ในการทดลองนี้วิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริเมตรี (DSC) ของบริษัท Perkin-Elmer รุ่น DSC 7 ดังรูป 2.5 โดยเตรียมตัวอย่างฟิล์มน้ำหนักประมาณ 3-5 มิลลิกรัม บรรจุในถาดอะลูมิเนียมและในการวิเคราะห์จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์สองครั้ง เนื่องจากฟิล์มแต่ละแผ่นจะมีประวัติทางความร้อนแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้ตัวอย่างฟิล์มทุกแผ่นมีประวัติทางความร้อนเริ่มต้นเหมือนกันจึงต้องลบประวัติทางความร้อนของฟิล์มทั้งหมดก่อน การวิเคราะห์ครั้งที่หนึ่ง (First run) ให้ความร้อนแก่ฟิล์มพอลิเมอร์ด้วยอัตราการให้ความร้อน (Scanning rate) 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ในช่วงอุณหภูมิ 0 - 200 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (Quenching) ด้วยอัตราการลดอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ครั้งที่สอง (Second scan) โดยให้ความร้อนอีกครั้งด้วยอัตราการให้ความร้อนเท่าเดิม จะได้ข้อมูลของฟิล์มทุกตัวอย่างที่สภาวะเดียวกัน



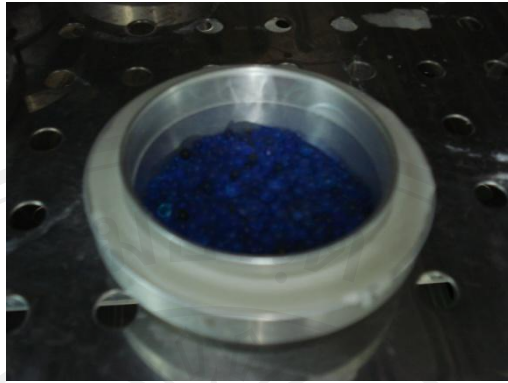
รูป 2.5 เครื่องดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งคาลอริเมตรี (DSC) ของบริษัท Perkin-Elmer รุ่น DSC 7

2.6.5 การทดสอบความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ [65]

การทดสอบความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor permeability of Materials) ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธี Desiccant Method ตาม ASTM E96-00⁸¹ (2002) ซึ่งจะทดสอบฟิล์มตัวอย่างโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตัดตัวอย่างฟิล์มเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร ตัวอย่างละ 3 ชิ้น โดยตัวอย่างต้องปราศจากรอยพับ จีด และรูรั่วที่มองเห็นได้ ทำการปรับสภาพของฟิล์มที่อุณหภูมิ 30.0 ± 1.0 องศาเซลเซียสและมีร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ (% relative humidity, % RH) 50 ± 2 ควบคุมความชื้นโดยใช้ซิลิกาเจลเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2. นำซิลิกาเจลที่ผ่านการอบแห้ง โดยมีร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 0 บรรจลงในถ้วยทดสอบ และนำตัวอย่างฟิล์มมาวางปิดปากถ้วย ผนึกรอบปากถ้วยด้วยขี้ผึ้งพาราฟิน โดยไม่ให้มีรอยรั่ว นำไปชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จากนั้นนำไปวางที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 30.0 ± 1.0 องศาเซลเซียสและมีร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ 50 ± 2 บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักทุกๆ 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 7 วัน โดยในแต่ละครั้งที่จะนำถ้วยทดสอบไปชั่งน้ำหนัก ให้ใช้คีมคีบเท่านั้น



รูป 2.6 ถ้วยทดสอบการซึมผ่านของไอน้ำ

ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapor permeability rate, WVPR) และความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำ (Water vapor permeability, WVP) คำนวณได้ตามสมการที่ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ

$$\text{WVPR (g/m}^2 \cdot \text{day)} = \frac{G/T}{A} = \frac{\text{Slope}}{A} \quad (2.3)$$

$$\text{WVP (g.m/m}^2 \cdot \text{day.mmHg)} = \frac{\text{WVTR} \times l}{\Delta P} \quad (2.4)$$

เมื่อ G/T คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักต่อเวลา หาได้จากความชันของกราฟระหว่างเวลากับน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง (g/day)

A คือ พื้นที่ผิวของตัวอย่าง (m^2)

(ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฟิล์มบนปากถ้วยเท่ากับ

6 เซนติเมตร ดังนั้น $A = 0.002827 \text{ m}^2$)

l คือ ความหนาของฟิล์ม (m)

ΔP คือ ผลต่างของความดัน คำนวณได้จากสมการ

$$\Delta P = P_s (\Delta RH/100)$$

เมื่อ ΔRH คือ ผลต่างระหว่างความชื้นภายใน (% RH = 0) กับความชื้นภายนอกถ้วยทดสอบตอนเริ่มต้น (% RH = 50) ดังนั้น $\Delta RH = 50$

P_s คือ ความดันไอของน้ำ ณ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสมีค่าเท่ากับ

32.68 mm.Hg [66]

2.6.6 การทดสอบการแพร่ผ่านของก๊าซออกซิเจน [67]

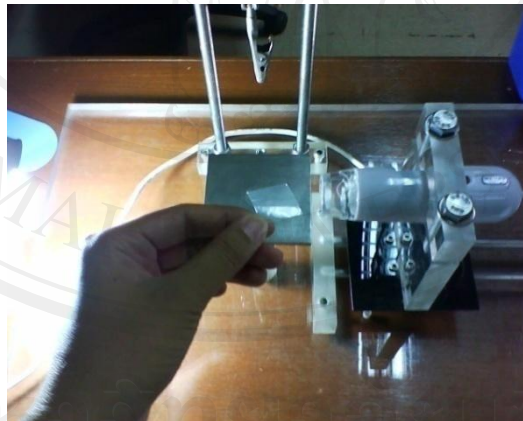
การทดสอบการแพร่ผ่านของก๊าซออกซิเจน (Oxygen gas permeability, OP) ตามวิธี ASTM 1434 (1988) โดยตัดตัวอย่างฟิล์มที่ปราศจากรอยย่น รอยพับ หรือ หักงอ ให้เป็นวงกลมรัศมี 14 เซนติเมตร และส่งไปวัดค่าอัตราการแพร่ผ่านออกซิเจน (Oxygen transmission rate, OTR) ซึ่งมีหน่วยเป็น $\text{cm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ ด้วยเครื่อง Illinois instruments model 8500 ที่ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การแพร่ผ่านออกซิเจน (Oxygen permeability, OP) สามารถคำนวณได้ตามสมการ 2.5

$$OP (\text{cm}^3 \cdot \mu\text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{kPa}) = \frac{\text{OTR} \times \text{Thickness}}{\text{Pressure}} \quad (2.5)$$

2.6.7 การวัดมุมสัมผัส (Contact angle) [68]

ตัดฟิล์มพอลิเมอร์เบลนด์ที่อัตราส่วนต่างๆ ให้มีขนาด 2 x 2 ตารางเซนติเมตร และนำไปวัดค่ามุมสัมผัสด้วยเครื่องวัดค่ามุมสัมผัสแบบ Sessile Drop ดังรูป 2.7 โดยหยดน้ำกลั่น 10.00 ไมโครลิตร ลงบนฟิล์มและคำนวณมุมสัมผัสด้วยโปรแกรม contact angle measurement software



รูป 2.7 การวางฟิล์มบนแท่นวางตัวอย่างของเครื่องวัดค่ามุมสัมผัสแบบ Sessile Drop

2.6.8 การวิเคราะห์สมบัติการต้านการเกิดฝ้าบนฟิล์ม (Antifogging properties) [7]

การศึกษาศมบัติในการต้านการเกิดฝ้าของฟิล์ม ทำการทดสอบ 2 วิธี คือ cold fog test และ hot fog test [13] โดยทดสอบที่อุณหภูมิ 4 และ 60 องศาเซลเซียสตามลำดับ ซึ่งดัดแปลงวิธีการทดลองมาจากดัดแปลงมาจาก Zweifel และ CRODA [7, 69] โดยรายงานผลเป็นค่าระดับการเกิดฝ้า และเวลาที่เกิดฝ้า

ในการทดสอบประสิทธิภาพการต้านการเกิดฝ้าบนฟิล์ม จะนำฟิล์มพอลิเมอร์เบลนด์แต่ละชนิดมาทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ดังนี้

2.6.8.1 วิธี Hot fog test

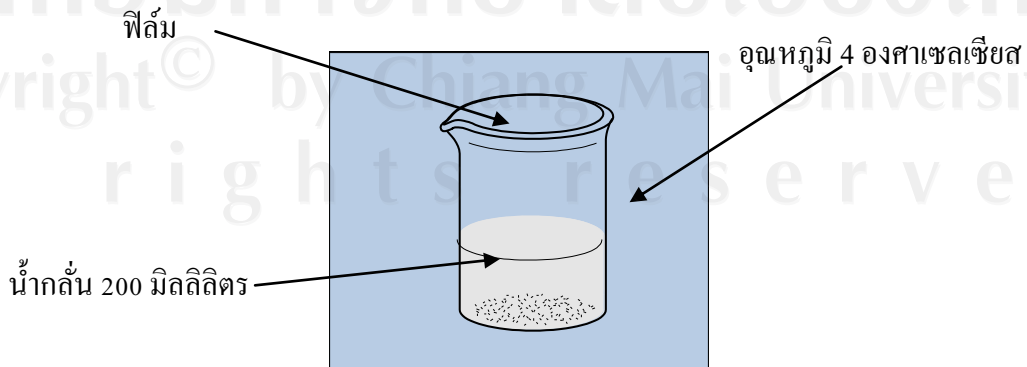
Hot fog test เป็นการทดสอบการเกิดฝ้าที่อุณหภูมิสูง โดยจัดอุปกรณ์การทดสอบตามรูป 2.8 เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำฟิล์มครอบบนปากบีกเกอร์ โดยขึงให้ตึง และใช้พาราฟินพันปิดโดยรอบขอบบีกเกอร์ให้แน่น นำบีกเกอร์วางลงในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 60 องศาเซลเซียสไว้ก่อนแล้ว โดยให้ระดับน้ำในอ่างอยู่เหนือระดับน้ำในบีกเกอร์ บันทึกเวลาในการเริ่มเกิดฝ้า และพิจารณาลักษณะของฝ้าบนฟิล์มที่เวลาต่างๆ



รูป 2.8 การจัดอุปกรณ์การทดสอบการต้านการเกิดฝ้าบนฟิล์มแบบวิธี hot fog test

2.6.8.2 วิธี Cold fog test

Cold fog test เป็นการทดสอบการเกิดฝ้าที่อุณหภูมิต่ำ โดยจัดอุปกรณ์การทดสอบตามรูป 2.9 เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำฟิล์มครอบบนปากบีกเกอร์ โดยขึงให้ตึงและใช้พาราฟินพันปิด โดยรอบขอบบีกเกอร์ให้แน่น นำบีกเกอร์ไปวางในตู้เย็นที่ควบคุมอุณหภูมิกงที่ที่ 4 องศาเซลเซียสไว้ก่อนแล้ว บันทึกเวลาในการเริ่มเกิดฝ้า และพิจารณาลักษณะของฝ้าบนฟิล์มที่เวลาต่างๆ



รูป 2.9 การจัดอุปกรณ์การทดสอบการต้านการเกิดฝ้าบนฟิล์มแบบวิธี cold fog test

2.6.9 การวิเคราะห์องค์ประกอบที่เหลืออยู่ในฟิล์มพอลิเมอร์เบลนด์ที่อัตราส่วนต่างๆ [70]

ฟิล์มชนิดต่างๆ ก่อนและหลังที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพการต้านการเกิดหยดน้ำบนฟิล์ม จะถูกนำไปวิเคราะห์ ด้วยเครื่อง Fourier transform infrared (FTIR) spectrometer รุ่น TENSER 27 ของบริษัท BRUKER

สำหรับการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ PLA จะเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มและ CAB ซึ่งเป็นของแข็งจะเตรียมด้วยเทคนิคทำเป็นแผ่น KBr ส่วน T80 มีสถานะเป็นของเหลวจะเตรียมด้วยเทคนิคทำเป็นแผ่นฟิล์ม และฟิล์มพอลิเมอร์เบลนด์ที่อัตราส่วนต่างๆ ที่นำไปใช้ทดสอบประสิทธิภาพการต้านการเกิดหยดน้ำแล้วนั้น จะต้องนำไปอบในตู้อบสุญญากาศ ที่มี ซิลิกาเจลอยู่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อกำจัดน้ำก่อนนำไปวิเคราะห์ จากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมไปบันทึกสเปกตรัม