





2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 การสกัดสาร Hydroxycitric Acid จากส้มแขก

เริ่มด้วยการนำส้มแขกไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อไล่ความชื้น จากนั้นนำส้มแขกที่อบแห้งแล้วมาบดให้ละเอียดและร่อนผ่านกระชอน เพื่อให้ได้ผงส้มแขกที่มีขนาดสม่ำเสมอ หลังจากนั้นนำผงส้มแขกที่ได้มาผสมกับเอทานอลในอัตราส่วน 1:20 (v/w) แล้วทำการแช่สารผสมทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อให้สารสำคัญละลายออกมา เมื่อครบกำหนดเวลาจึงนำสารสกัดที่ได้ไประเหยเอทานอลออกโดยใช้เครื่องระเหย (Evaporator) และในขั้นตอนสุดท้าย ให้ทำการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารสกัดที่ได้ด้วยเครื่องวัด pH (pH Tester) เพื่อความสมบูรณ์ของกระบวนการ

2.2 การสกัดสาร Calcium Hydroxide จากเถ้าไม้ยูคาลิปตัส

นำเถ้ามาต้มกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 (v/w) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้มากรองเอาตะกอนออก แล้วจึงทำการตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายที่ผ่านการกรองแล้วด้วยเครื่องวัด pH (pH Tester)

2.3 การสกัดเซลลูโลส

นำสาหร่ายทะเลที่ผ่านการอบแห้งแล้วมาต้มร่วมกับสารสกัดส้มแขกในอัตราส่วน 1:20 (w/v) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำสารที่ได้ไปต้มต่อกับสารสกัดเถ้าในอัตราส่วน 1:20 (w/v) เมื่อครบเวลาให้นำสารที่ได้มากรองแยก แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีสภาพเป็นกลาง ถัดมา นำตัวอย่างไปแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 3 (v/v) ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ที่ผสมกับน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร โดยควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งปรับสภาพสารละลายด้วยการเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ลงไปทีละหยด และในขั้นตอนสุดท้าย ให้ล้างตัวอย่างที่ผ่านการฟอกสีแล้วด้วยน้ำกลั่นอีกครั้งจนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) กลับมาเป็นกลาง จากนั้นจึงนำตัวอย่างไปอบแห้ง

ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่พร้อมใช้งาน

2.4 การสกัด Hydroxypropyl Methyl Cellulose

เตรียมเซลลูโลสนำไปต้มกับเอทานอลที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ภายใต้ระบบปิด โดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer) ในการช่วยกวนสาร จากนั้นทำการเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ในอัตราส่วนระหว่าง KOH กับสารละลายเท่ากับ 20 : 14 (w/v) แล้วปล่อยให้ทำปฏิกิริยาต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา ให้ทำการเติมเมทิลคลอไรด์ (Methyl chloride) และโพรพิลีนออกไซด์ (Propylene oxide) ลงไปเพื่อทำปฏิกิริยาต่อไปอีกเป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปล้างด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีสภาพเป็นกลาง แล้วจึงนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่แห้งแล้วมาบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงเมช (Mesh) เพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคที่สม่ำเสมอ และในขั้นตอนสุดท้ายให้นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปตรวจวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR) เพื่อยืนยันผลการสังเคราะห์

2.5 การหาอัตราส่วนฟิล์มที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปแคปซูล

เตรียมสารละลายไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) กลีเซอริน (Glycerin) และน้ำกลั่น (Water) ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 จากนั้นค่อย ๆ เติม HPMC ลงในน้ำกลั่นที่เตรียมไว้แล้วทำการกวนสารละลายเป็นเวลา 5 นาที หรือจนกระทั่ง HPMC กระจายตัวและละลายอย่างสม่ำเสมอ หลังจากนั้นจึงเติมกลีเซอรินลงไปแล้วกวนต่ออีกประมาณ 5 นาที หรือจนกว่าจะได้สารละลายที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและมีความหนืด เมื่อสารละลายเข้ากันดีแล้วให้ตั้งพักทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เพื่อลดปริมาณฟองอากาศ ก่อนจะเทสารละลายลงในจานเพาะเชื้อ (Petri dish) แล้วนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 ชั่วโมง หรืออบจนกระทั่งแผ่นฟิล์มแห้งสนิท เมื่อได้แผ่นฟิล์มเรียบร้อยแล้ว จะนำมาทำการประเมินลักษณะทางกายภาพของฟิล์ม โดยพิจารณาจากคุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ ความเหนียว ความสามารถในการคงรูปเป็นแผ่น ความต้านทานต่อการแตกหัก และความเหมาะสมต่อการ

นำไปขึ้นรูปแคปซูล จากนั้นจึงทำการคัดเลือกสูตรที่มีคุณสมบัติที่ดีและเหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปศึกษาคุณสมบัติเพิ่มเติมในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบและอัตราส่วนสาร

สูตร	น้ำกลั่น (ml)	HPMC (g)	Glycerin (ml)
01	20.000	0.500	0.125
02	20.000	0.500	0.250
03	20.000	0.500	0.400
04	20.000	0.500	0.500
05	30.000	1.000	0.125
06	30.000	1.000	0.250
07	30.000	1.000	0.400
08	30.000	1.000	0.500
09	40.000	1.500	0.125
10	40.000	1.500	0.250
11	40.000	1.500	0.400
12	40.000	1.500	0.500
13	50.000	2.000	0.125
14	50.000	2.000	0.250
15	50.000	2.000	0.400
16	50.000	2.000	0.500

2.6 การทดสอบคุณสมบัติฟิล์มที่จะนำขึ้นรูปแคปซูล

2.6.1 สันฐานวิทยาของฟิล์มวิเคราะห์ด้วยการสังเกตด้วยตาเปล่า (visual observation) โดยพิจารณา ลักษณะภายนอก ได้แก่ ความเรียบหรือความขรุขระของผิวฟิล์ม ความโปร่งใส/ความทึบ ความเหนียว รวมถึง การมีอยู่ของฟองอากาศ รอยแตก

2.6.2 มุมสัมผัสของหยดน้ำโดยตัดตัวอย่างขนาด 1 เซนติเมตร x 10 เซนติเมตร และหยดน้ำกลั่นลงบนฟิล์มตัวอย่างทั้งหมดตัวอย่างละ 3 ซ้ำโดยวิเคราะห์มุมสัมผัสภายหลังหยดน้ำกลั่นและบันทึกภาพทันที

2.6.3 สมบัติสภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำทดสอบด้วยวิธี Cup method (ASTM E96-80) โดยตัดฟิล์ม เป็นวงกลม ตัวอย่างละ 6 ชิ้นแล้ววัดความหนาของฟิล์มบรรจุสารดูดความชื้นลงในถ้วยออลูมิเนียมถ้วยละ เท่ากันปิดผนึกฟิล์มกับถ้วยทดสอบด้วยพาราฟิน

บันทึกน้ำหนักเริ่มต้นของถ้วยออลูมิเนียมก่อนนำไปทดสอบ หลังจาก 24 ชั่วโมงจดบันทึกน้ำหนักคำนวณค่าสภาพให้ซึมผ่านไอน้ำจากสูตร

$$\text{สภาพให้ซึมผ่านของไอน้ำ} = \frac{(\text{อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ} \times \text{ความหนาของฟิล์ม})}{\text{ความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่าง 2 ด้านของฟิล์ม}}$$

2.6.4 การส่องผ่านของแสงทดสอบด้วยเครื่อง Luxmeter บันทึกข้อมูลในหน่วย Lux และหาเปอร์เซ็นต์ การยอมให้แสงผ่าน จากสูตร

$$\%T = \frac{\text{ปริมาณแสงที่ผ่านฟิล์ม}}{\text{ปริมาณแสงก่อนผ่านฟิล์ม}} \times 100$$

2.6.5 สมบัติการละลาย วิเคราะห์การละลายของวัสดุที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส โดยชั่งน้ำหนักเริ่มต้นด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง จากนั้นแช่ตัวอย่างในน้ำกลั่นต่อกรดไฮโดรคลอริก (HCl, pH=2 จำลองสภาวะ กระเพาะอาหาร) ปริมาตร 40 มิลลิลิตร โดยให้ฟิล์มอยู่ใต้ตัวทำลายทั้งชิ้น ทั้งไว้ 30 วินาทีและ 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360 จดบันทึกน้ำหนัก คำนวณค่าสมบัติการละลาย จากสูตร

$$\text{ร้อยละการละลาย} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังทดสอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

3. ผลและอภิปรายผล

3.1 ผลการสังเคราะห์ Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)

เมื่อนำสาหร่ายเทามาต้มกับสาร Hydroxycitric Acid ที่สกัดจากส้มแขก และสาร Calcium Hydroxide ที่ได้จากการต้มถั่วไม่ยูกาลิปัส จะได้เซลล์ลูโลสของสาหร่ายเท และเมื่อนำเซลล์ลูโลสไปต้มกับเอทานอล โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และเมทิลคลอไรด์ จะสามารถสกัด HPMC ได้ และก่อนฟอกสี ผงของ HPMC จะมีสี เหลืองอ่อน แต่หลังจากนำไปฟอกสีด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ผงของ HPMC จะมีสีขาว



ก.

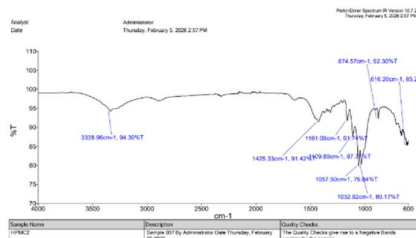
ข.

ก. HPMC ที่ยังไม่ฟอกสี ข. HPMC ที่ฟอกสีแล้ว
รูปที่ 1 ผงของ HPMC ที่สกัดด้วยสารจากธรรมชาติ



3.3.1 ตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องฟูเรียร์ ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR)

เมื่อนำ HPMC ที่สกัดได้ไปตรวจหามุมฟังก์ชัน
ด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโก
ปี เปรียบเทียบกับแบบมาตรฐาน แบบยังไม่พอกสี และ
แบบพอกสีแล้วจะพบว่า มีมุมฟังก์ชันที่สำคัญคือมุม
Hydroxypropyl และมุม Ether เหมือนกัน



รูปที่ 2 กราฟแสดงมุมฟังก์ชัน HPMC จากสารหยาบที่พอกสีแล้ว

3.2 การหาร้อยละของผลผลิต (% Yield) ของ HPMC

สารที่ ต้องการ	น้ำหนัก เริ่มต้น(g)	น้ำหนัก ผลผลิต (mL)	% Yield
เซลลูโลส	20	5	82.86
HPMC	5	5.8	25.00

3.3 ผลการหาอัตราส่วนฟิล์มที่เหมาะสม ต่อการขึ้นรูปแคปซูล

เมื่อนำ HPMC กลีเซอริน และน้ำ มาผสมกัน
เพื่อให้ได้สารละลาย และนำไปอบ หลังจากอบที่
อุณหภูมิ 50 องศา 30 ชั่วโมง นำออกมาพักให้เย็นขึ้น
และแกะออกจากงานเพาะเชื้อ ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงผลอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป
แผ่นฟิล์ม

สูตร	ขึ้นรูปได้	ไม่สามารถขึ้น รูปไม่ได้	ลักษณะภายนอก
01	✓		เป็นแผ่นเหนียว
02		✓	แข็งติดจานเพาะเชื้อ
03	✓		เป็นแผ่นเหนียว
04	✓		เป็นแผ่นเหนียว

สูตร	ขึ้นรูปได้	ไม่สามารถขึ้น รูปไม่ได้	ลักษณะภายนอก
05		✓	แข็งติดจานเพาะเชื้อ
06	✓		เป็นแผ่น แกะง่าย
07	✓		เป็นแผ่น แกะง่าย
08	✓		เป็นแผ่นเหนียว
09		✓	แข็งติดจานเพาะเชื้อ
10		✓	เป็นแผ่นกรอบ
11	✓		เป็นแผ่น แกะง่าย
12	✓		เป็นแผ่น แกะง่าย
13		✓	แข็งติดจานเพาะเชื้อ
14		✓	แข็งติดจานเพาะเชื้อ
15		✓	แข็งติดจานเพาะเชื้อ
16		✓	เป็นแผ่นกรอบ

3.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติฟิล์มที่นำ ขึ้นรูปแคปซูล

3.4.1 ผลการทดสอบสัณฐานวิทยาของ ฟิล์ม

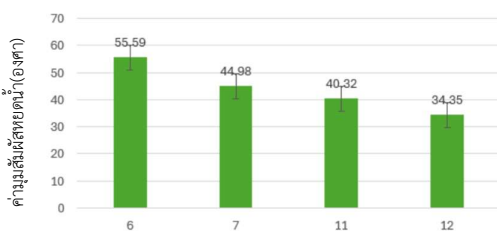
ฟิล์มทั้ง 4 สูตรมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ
สม่ำเสมอ เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น แต่มีความเหนียว
และความยืดหยุ่นแตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนี้
อัตราส่วน 1:0.25 มีความเหนียวเล็กน้อย ค่อนข้างแข็ง
และไม่ยืดหยุ่น เนื่องจากกลีเซอรินทำหน้าที่เป็นพลาสติก
ไซเซอร์ได้จำกัด สายโซ่พอลิเมอร์จึงจัดเรียงตัวหนาแน่น
และมีแรงยึดเหนี่ยวสูงอัตราส่วน 1:0.4 ฟิล์มมีความ
เหนียวและความมันขึ้นเล็กน้อย ยืดหยุ่นสูงขึ้น
เนื่องจากพลาสติกไซเซอร์ลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสาย
โซ่พอลิเมอร์ ทำให้ฟิล์มยืดตัวได้ดีขึ้นแต่พื้นผิวเหนียว
มากขึ้นตามไปด้วย อัตราส่วน 1.5:0.4 ฟิล์มแข็งแรง
และหักงอกว่าสูตรแรก เนื่องจากสัดส่วนพอลิเมอร์ที่
เพิ่มขึ้นทำให้โครงข่ายพอลิเมอร์มีความหนาแน่นและ
แข็งแรงเพิ่มขึ้น อัตราส่วน 1.5:0.5 มีความเหนียว
เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ยังคงรักษาความแข็งแรงของ
โครงสร้างไว้ได้ แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มกลีเซอรินใน
ปริมาณที่เหมาะสมเมื่อสัดส่วนพอลิเมอร์สูงขึ้น ช่วยเพิ่ม



ความยืดหยุ่นได้โดยไม่ทำให้โครงสร้างอ่อนตัวมากเกินไป

3.4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของหยดน้ำ

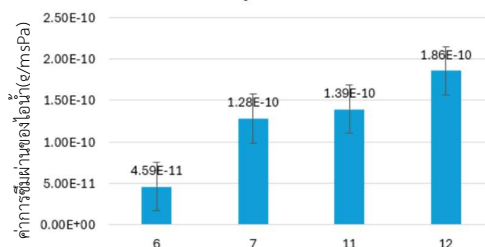
ค่ามุมสัมผัสที่สูงสะท้อนถึงพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำ ส่วนค่ามุมสัมผัสที่ต่ำแสดงถึงพื้นผิวที่ชอบน้ำและแผ่กระจายของหยดน้ำได้ดี จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ HPMC และ Glycerin ค่ามุมสัมผัสหยดน้ำมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากกลีเซอรินมีหมู่ไฮดรอกซิลและความชอบน้ำสูง เมื่อกระจายตัวในโครงข่าย HPMC จะทำให้โครงสร้างคลายตัว มีความยืดหยุ่นและช่องว่างภายในมากขึ้น พิล์มจึงชอบน้ำมากขึ้น สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ดี แรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำกับผิวเพิ่มขึ้น หยดน้ำจึงแผ่ตัวและค่ามุมสัมผัสลดลง



รูปที่ 3 กราฟแสดงผลการทดสอบมุมสัมผัสของหยดน้ำ

3.4.3 ผลการทดสอบสมบัติสภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำ

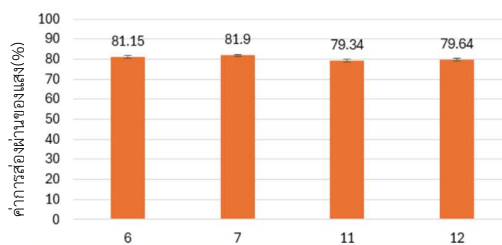
แนวโน้มการให้ไอน้ำซึมผ่านของฟิล์มสอดคล้องกับค่ามุมสัมผัสหยดน้ำ โดยสูตรที่มีค่ามุมสัมผัสต่ำจะมีค่าการให้ไอน้ำซึมผ่านสูง เนื่องจากกลีเซอรินทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์แทรกตัวระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์ ช่วยลดแรงยึดเหนี่ยวและเพิ่มระยะห่างระหว่างสายโซ่ ส่งผลให้โครงสร้างยืดหยุ่นและมีความชอบน้ำมากขึ้น พิล์มจึงดูดซับไอน้ำได้ง่ายขึ้น ค่าการให้ไอน้ำซึมผ่านจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสูตรที่มีการเติม HPMC และกลีเซอรินสูง



รูปที่ 4 กราฟแสดงผลการทดสอบสมบัติสภาพให้ซึมผ่านได้ของไอน้ำ

3.4.4 ผลการทดสอบการส่องผ่านของแสง

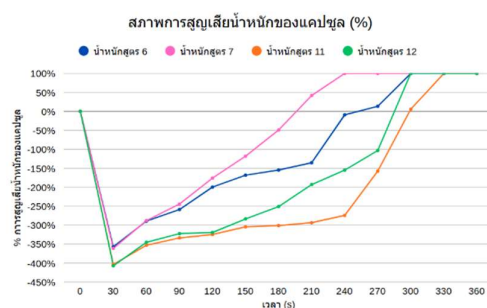
ค่าการส่องผ่านแสงของฟิล์มแต่ละสูตรอยู่ในช่วงประมาณ 79-82 % โดยสูตร 07 มีค่าสูงสุด (82 %) รองลงมาคือสูตร 06 (81 %) สูตร 12 (80 %) และสูตร 11 มีค่าต่ำสุด (79 %) ซึ่งโดยทั่วไปฟิล์มจาก HPMC จะโปร่งใสเนื่องจากพอลิเมอร์กระจายตัวได้ดีและไม่เกิดการตกผลึก การเติม Glycerin จะเพิ่มความยืดหยุ่นและลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้โครงสร้างมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น จึงอาจลดการกระเจิงของแสงและเพิ่มค่าการส่องผ่านแสงดังที่พบในสูตร 07 แม้การเปลี่ยนแปลงจะอยู่ในช่วงแคบ แต่ภาพรวมฟิล์มทุกสูตรยังคงมีค่าการส่องผ่านแสงค่อนข้างสูง แสดงถึงความโปร่งใส



รูปที่ 5 กราฟแสดงผลการทดสอบการส่องผ่านของแสง

3.4.5 ผลการทดสอบสมบัติการละลาย

สมบัติการละลายเป็นพารามิเตอร์สำคัญในการบ่งชี้การปลดปล่อยของเปลือกแคปซูล จากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตามเวลา พบว่าทุกสูตรเปลี่ยนแปลงน้ำหนักอย่างรวดเร็วในช่วงต้น (ประมาณ 0-30 วินาที) ก่อนจะค่อย ๆ ปรับเข้าสู่สมดุล โดยสูตร 7 มีแนวโน้มเพิ่มน้ำหนักเร็วและเข้าสู่ค่าคงที่เร็วที่สุด ขณะที่สูตร 11 เปลี่ยนแปลงช้ากว่าและใช้เวลาานกว่าจะเข้าสู่สมดุล ส่วนสูตร 6 และ 12 มีพฤติกรรมอยู่ในระดับกลาง แนวโน้มนี้สะท้อนถึงโครงสร้างฟิล์ม HPMC ที่มีปริมาณ Glycerin ต่างกัน โดยสูตรที่โครงสร้างคลายตัวและชอบน้ำมากกว่าจะดูดซับหรือแลกเปลี่ยนความชื้นได้รวดเร็วกว่า ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเกิดขึ้นไวกว่าสูตรที่มีโครงสร้างแน่นกว่า



รูปที่ 6 กราฟแสดงผลการทดสอบสมบัติการละลาย

สรุปผล

ฟิล์มทั้ง 4 สูตรมีผิวเรียบสม่ำเสมอและไม่แยกชั้น โดยสูตรที่ 6 (HPMC : กลีเซอริน = 1 : 0.25) เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูปเปลือกแคปซูล เพราะมีความยืดหยุ่นสูง มุมสัมผัสหยดน้ำและอัตราการซึมผ่านของน้ำต่ำ ละลายในสารละลายไฮโดรคลอริกได้เร็ว ขึ้นรูปง่าย ไม่เปราะแตก รองลงมาคือสูตรที่ 7 ส่วนสูตรที่ 11 และ 12 มีความยืดหยุ่นน้อย เสี่ยงต่อการเปราะหักง่าย โดยสัดส่วนของ HPMC และกลีเซอริน ส่งผลโดยตรงต่อสมบัติของฟิล์ม โดยกลีเซอรินทำหน้าที่เป็นพลาสติกไฮเซอร์ช่วยลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้ฟิล์มยืดหยุ่นมากขึ้น สอดคล้องกับคุณสมบัติที่ดีของเปลือกแคปซูลที่ต้องแตกตัวและปลดปล่อยสารสำคัญได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับคำปรึกษาและชี้แนะตลอดจนได้รับ การเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่จาก สาขาชีววิทยา โรงเรียน วิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย เลย

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนาภาชน์ ลั้วมนอนต์. (2529). *สาหร่าย*. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- จันทร์รัตน์ เลิศมนรัตน์ และคณะ. (2539). การใช้ เซลลูโลสที่สกัดจากกากอ้อยในผลิตภัณฑ์ แค็กช็อกโกแลตเคลือบน้ำตาล. ปริญญานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- พรรณวิภา วงษ์พันธุ์. (2562). อิทธิพลของสตาร์ชมันสำปะหลังไฮดรอกซีโพรพิล อาการ์และมอลโตเดกซ์ทรินผสมต่อสมบัติของแคปซูลและฟิล์มบรีโกลได้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบรรจุ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วันแข็ง สิทธิกิจโยธิน. (2558). การเตรียมแคปซูลยาชนิดแข็งจากทังมารินและไคโตซาน. รายงานการวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- Ali, A., Hoque, M. M., & Haque, M. A. (2020). Extraction of cellulose from natural sources using fruit-derived organic acids: A green approach. *Journal of Renewable Materials*, 8(4), 375–384.
- Jena, B. S., Jayaprakasha, G. K., Singh, R. P., & Sakariah, K. K. (2002). Chemistry and biochemistry of hydroxycitric acid from *Garcinia*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1), 10–22. doi.org [1,2]
- Liu, Y., Zhang, X., & Zhang, Y. (2021). Application of plant-derived acids in biomass delignification: A review. *Bioresource Technology*, 329, Article 124870. doi.org