



การเตรียมและศึกษาคุณลักษณะของแผ่นฟิล์มเจลาตินและสารสกัดจากข่อย  
เพื่อประยุกต์ใช้เป็นแผ่นปิดแผลในช่องปาก

Preparation and Characterization of Gelatin Films with *Streblus asper* Lour. Extract  
for Oral Ulcer Patch Applications

เกษร เมรัตน์\* ปริ้มมาลา ขำคมเขตต์ และ อริย์ธัช สนั่น

Kesorn Merat\*, Primmala Khumkomkhet and Aritart Sanai

สาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด

Major of Chemistry, Department of Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Science, Roi Et Rajabhat University

\*E-mail : k\_merata@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้เตรียมและศึกษาคุณลักษณะของแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจิเนตและสารสกัดจากใบข่อย ซึ่งสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบข่อยโดยใช้น้ำกลั่น สกัดด้วยเทคนิคอัลตราโซนิก และได้ศึกษาร้อยละผลผลิต ปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์ และปริมาณแทนนินของสารสกัดจากใบข่อย ผลการวิจัยพบว่าได้ร้อยละผลผลิตเท่ากับ  $10.90 \pm 2.08$  มีปริมาณฟีนอลิกรวมเท่ากับ  $55.97 \pm 0.12$  มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของส่วนสกัดหยาบ มีปริมาณแทนนินเท่ากับ  $46.13 \pm 0.01$  มิลลิกรัมสมมูลของกรดแทนนิกต่อกรัมของส่วนสกัดหยาบ โดยแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจิเนตและสารสกัดจากใบข่อยมีค่าความหนาและค่าร้อยละการบวมน้ำอยู่ในช่วง 0.0371-0.0487 มิลลิเมตร และร้อยละ 229.85-823.49 ตามลำดับ ซึ่งแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจิเนตและสารสกัดจากใบข่อยสามารถปลดปล่อยสารสกัดจากใบข่อยออกมาถึงสภาวะสมดุลภายในระยะเวลา 3 ชั่วโมง

คำสำคัญ : ข่อย เจลาติน อัลจิเนต แผ่นปิดแผลในช่องปาก

Abstract

In this research, the gelatin and alginate blend films with *Streblus asper* Lour. Leaf extract were prepared and characterized. The phenolic compounds from *S. asper* leaves were extracted by using distilled water as an extracting agent with an ultrasonic technique. The yield, total phenolic content, and tannin content of *S. asper* leaf extract were characterized. The results showed that the yield of crude extract from *S. asper* leaves was  $10.90 \pm 2.08\%$ . The total phenolic content was  $55.97 \pm 0.12$  mg gallic acid equivalent/g crude extract. The tannin content was  $46.13 \pm 0.01$  mg tannic acid equivalent/g crude extract. The thickness and water swelling of gelatin and alginate blend films with *S. asper* leaf extract were in the range of 0.0371-0.0487 mm and 229.85-823.49%, respectively. The *in vitro* release profile of *S. asper* leaf extract in gelatin and alginate blend films achieved a steady state within 3 hours.

Keywords : *Streblus asper* Lour., Gelatin, Alginate, Oral Ulcer Patch



## บทนำ

ปัจจุบัน ยารักษาแผลในปากมีหลายชนิด ซึ่งมีทั้งยาในรูปแบบป้าย ยาพ่น ยากิน สำหรับรักษาอาการแผลซึ่งเป็นแผลขนาดเล็กที่เกิดขึ้นบริเวณเนื้อเยื่ออ่อนในช่องปาก ยาดังกล่าวยังคงมีปัญหา ในเรื่องของยาใช้ยากหรือยาไม่ออกฤทธิ์เท่าที่ควรจะเป็น การพัฒนาระบบนำส่งยาเพื่อให้ยามีการออกฤทธิ์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นนั้น จึงมีเทคนิคในการเตรียมยาหลายรูปแบบ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยตัวพาที่เหมาะสมในการนำส่งยาเหล่านั้น (Jeswani et al., 2015; Su et al., 2019) ปัจจัยที่สำคัญสำหรับการเป็นตัวพาคือการเข้ากันได้ทางชีวภาพ วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบันกลุ่มหนึ่งคือพอลิเมอร์ไฮโดรเจล เนื่องจากมีคุณสมบัติและการประยุกต์ใช้งานที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง (Wang, 2018; Kocak et al., 2017) เช่น เจลาติน (gelatin) เพคติน อัลจิเนต

เจลาติน (Gelatin) เป็นของแข็งโปร่งแสง เปราะ โดยแปรรูปจากคอลลาเจน (Collagen) มีการนำเจลาตินมาใช้ในการเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น เครื่องสำอาง ยา และอาหาร (Rangaraj et al., 2021) มีการใช้เจลาตินในการเคลือบเม็ดยาและผลิตเป็นแคปซูล ทั้งชนิดแคปซูลแข็งและแคปซูลนิ่ม เจลาตินมีคุณสมบัติเป็น Thermally reversible gel (Coppola et al., 2008) กล่าวคือเมื่อละลายเจลาตินในน้ำร้อนจะได้สารละลายที่มีความหนืดสูง แต่เมื่อทำให้เย็นจะก่อเกิดเจล เจลาตินหลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อนและแข็งตัวกลับเมื่ออุณหภูมิลดลง นอกจากนี้ยังมีการนำเจลาตินไปใช้เป็น Gel template ในการทำไมโครชิพพอลิเมอร์ไฮโดรเจล (Chen et al., 2010)

ฟิล์มพอลิเมอร์ (Polymer film) คือพอลิเมอร์ที่ลักษณะเป็นแผ่นบาง (Chrisman et al., 2018) ในทางเภสัชกรรมฟิล์มพอลิเมอร์มีประโยชน์ในการเคลือบยาเม็ด เพื่อป้องกันความชื้น กลิ่นไม่พึงประสงค์ เพื่อตัดแปรหรือควบคุมการปลดปล่อยยาเป็นต้น (Momoh et al., 2015) ซึ่งอัลจิเนตเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาเตรียมเป็นแผ่นฟิล์ม เนื่องจากทำได้ง่าย และยังสามารถคลอสลิงค์โดยใช้แคตไอออนที่มีประจุตั้งแต่ 2+ ขึ้นไป ซึ่งมีการศึกษาเกี่ยวกับฟิล์มอัลจิเนตและประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย (Crossingham et al., 2014; Li et al., 2015) ฟิล์มอัลจิเนตนำมาใช้เป็นระบบนำส่งยาได้ โดยการผสมยาลงในสารละลายอัลจิเนต เทลงในถาด อบให้แห้ง จากนั้นคลอสลิงค์ฟิล์มแห้งด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ หรือจะเติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ลงในสารละลายอัลจิเนตผสมกับยา ก่อนการเทฟิล์มแล้วอบแห้ง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้แผ่นฟิล์มและหน่วงการปลดปล่อยยาได้

นอกจากนี้ยังมีการใช้สมุนไพรเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการรักษา โดยมีสมุนไพรไทยหลายชนิดที่ใช้ในการดูแลสุขภาพในช่องปาก เช่น กิงช้อย สะระแหน่ ตำลึง กานพลู ใบฝรั่ง เป็นต้น ในประเทศไทยมีพืชสมุนไพรหลายชนิดที่มีสรรพคุณในการรักษาโรคในช่องปากได้ เช่น กิงชอยนำมาทุบให้แตกและนึ่งลง ใช้ในการแปรงฟันแทนแปรงสีฟันได้ เปลือกข่อยสามารถรักษาแผลได้และเมื่อต้มกับเกลือจะได้ยาอมแก้ระคายเคือง เพราะมีสารกลุ่มฟีนอลิก (Balasundram et al., 2006) ฟลาโวนอยด์ (George et al., 2017) เช่น แทนินมีฤทธิ์ฝาดสมาน สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และลดการอักเสบได้ (Cano et al., 2021) อย่างไรก็ตามสมุนไพรสด มีข้อด้อยในเรื่องของความสะดวกใช้งาน ใช้เวลาในการเตรียมนานและไม่สามารถเก็บไว้ใช้ในระยะเวลาหลังจากเตรียมยาสมุนไพร ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดว่าหากนำพอลิเมอร์ เช่น เจลาตินและอัลจิเนต ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ไฮโดรเจลมาผสมสารสกัดจากข่อย จะสามารถประยุกต์ใช้เป็นแผ่นปิดแผลในช่องปากที่มีประสิทธิภาพในการกักเก็บและหน่วงการปลดปล่อยสารสกัดจากข่อยได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการสกัดสารในกลุ่มฟีนอลิกรวมโดยใช้น้ำกลั่นและเทคนิคอัลตราโซนิก และเตรียมแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ไฮโดรเจลจากเจลาตินผสมอัลจิเนตผสมสารสกัดจากข่อย ศึกษาโครงสร้างและสมบัติของแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจิเนต ศึกษาการปลดปล่อยยาของแผ่นฟิล์ม เพื่อเป็นแนวทางสำหรับประยุกต์ใช้เป็นแผ่นปิดแผลในช่องปาก

## วิธีการวิจัย

### การสกัดสารในกลุ่มฟีนอลิกจากใบข่อย

การเตรียมตัวอย่างสารสกัดจากข่อย เริ่มจากการเตรียมตัวอย่างผงใบข่อย โดยนำใบข่อยหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นนำเข้าอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำใบข่อยมาบดให้ละเอียด จะได้ตัวอย่าง



ผงใบช่อย จากนั้นนำผงใบช่อยที่ได้จากกระบวนการเตรียมตัวอย่างไปชั่งน้ำหนัก 5 กรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปสกัดด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำส่วนที่เป็นของเหลวไประเหยด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) จากนั้นนำไปแช่ในตู้แช่แข็ง (อุณหภูมิประมาณ -20 องศาเซลเซียส) จนสารตัวอย่างเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง แล้วนำไปทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง (Freeze dryer) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ส่วนสกัดหยาบจากผงใบช่อย โดยเก็บรักษาส่วนสกัดหยาบไว้ในโถดูดความชื้น จนกว่าจะใช้ทดสอบในขั้นตอนต่อไป

#### การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยนำสารตัวอย่างมาทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu reagent แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำไปเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก (Elgailani and Ishak, 2014) มีขั้นตอนดังนี้

การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก โดยชั่งสารมาตรฐาน กรดแกลลิก (Gallic acid) 0.01 กรัม โดยละลายและปรับปริมาตรด้วยเอทานอล 100 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้นสารมาตรฐานเป็น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และเจือจางสารละลายมาตรฐานให้ได้ความเข้มข้น 15.0, 10.0, 5.0, 2.0 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 5 มิลลิลิตร แล้วเติม Folin-Ciocalteu reagent 0.5 มิลลิลิตร เขย่าแล้วเก็บไว้ 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยมวลต่อปริมาตร (20%w/v  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 5 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นและเก็บไว้ 30 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrometer แล้วสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของกรดแกลลิก

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง ชั่งสารตัวอย่างจำนวน 0.04 กรัม นำมาละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 25 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่าง 0.25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 5 มิลลิลิตร แล้วเติม Folin-Ciocalteu reagent 0.5 มิลลิลิตร เขย่าแล้วเก็บไว้ 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยมวลต่อปริมาตร (20%w/v  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) จำนวน 1 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 5 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นเก็บไว้ 30 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrometer แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน เพื่อหาความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกรวมที่มีในสารสกัดจากใบช่อย

#### การวิเคราะห์หาปริมาณแทนนิน

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแทนนิก (Tannic acid) เริ่มจากชั่งกรดแทนนิกมา 0.025 กรัม ละลายในเอทานอล ปริมาตร 25 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นเจือจางสารละลายมาตรฐาน 1, 2, 4, 6 และ 8 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วปิเปต 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 5 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Folin-Ciocalteu reagent 0.2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้เต็มขวดวัดปริมาตรความเข้มข้นร้อยละ 7 โดยมวลต่อปริมาตร (7%w/v  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) จำนวน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที เก็บไว้ในที่มืด 60 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร

เตรียมสารละลายตัวอย่าง (Tannic acid) เริ่มจากชั่งสารตัวอย่างจำนวน 0.04 กรัม โดยละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 25 มิลลิลิตร ปิเปตสารตัวอย่างมา 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 5 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Folin-Ciocalteu reagent 0.2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้เต็มขวดวัดปริมาตรความเข้มข้นร้อยละ 7 โดยมวลต่อปริมาตร (7%w/v  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) จำนวน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที เก็บไว้ในที่มืด 60 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร และคำนวณหาปริมาณสารแทนนินโดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแทนนิก ในหน่วย มิลลิกรัมสมมูลกรดแทนนิกต่อกรัมสารสกัด (mg of tannic acid equivalent/g extract) (Elgailani and Ishak, 2014)



### การเตรียมตัวอย่างแผ่นฟิล์มผสมสารสกัดจากใบข่อย

การเตรียมแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจินต ในงานวิจัยนี้จะเตรียมในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเจลาตินต่ออัลจินต (Gel:Alg) คือ 5: 5, 3: 7 และ เปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มอัลจินต โดยจะยกตัวอย่างการเตรียมแผ่นฟิล์มในอัตราส่วน 5: 5 เป็นดังนี้ เริ่มจากชั่งผงอัลจินต 0.20 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปกวนต่อเนื่องด้วยเครื่องกวนสารด้วยแม่เหล็ก จากนั้นชั่งผงเจลาติน 0.20 กรัม เติมน้ำร้อน 6 มิลลิลิตร กวนเพื่อให้เจลาตินละลายจนหมดแล้วผสมกับอัลจินตกวนเป็นเวลา 10 นาที เติมน้ำกลั่น 0.08 กรัม นำไปกวนต่อไปอีก 20 นาที แล้วนำไปเทใส่จานเพาะเชื้อพลาสติก อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อแห้งแล้วนำมาครอสลิงค์ (Cross-link) เพื่อทำเป็นโครงสร้างตาข่ายสามมิติ โดยการจุ่มแผ่นฟิล์มแห้งลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.05 โมลต่อลิตร จำนวน 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างแผ่นฟิล์มด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นเก็บแผ่นฟิล์มไว้ในโถดูดความชื้นจนกว่าจะนำไปใช้งาน

การเตรียมแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจินตและสารสกัดจากใบข่อย โดยเริ่มจากชั่งผงอัลจินต 0.20 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปกวนต่อเนื่องด้วยเครื่องกวนสารด้วยแม่เหล็ก จากนั้นชั่งผงเจลาติน 0.20 กรัม เติมน้ำร้อนปริมาตร 6 มิลลิลิตร นำไปกวนให้เจลาตินละลายจนหมด แล้วเติมสารสกัดจากใบข่อย 0.15 กรัม ในสารละลายเจลาตินกวนให้เข้ากัน 10 นาที นำมาผสมเข้ากับอัลจินตกวนต่ออีก 10 นาที เติมน้ำกลั่น 0.08 กรัม กวนให้เข้ากันเป็นเวลา 20 นาที เทใส่จานเพาะเชื้อ นำไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อแห้งแล้วนำมาครอสลิงค์ (Cross-link) เพื่อทำเป็นโครงสร้างตาข่ายสามมิติ โดยการจุ่มแผ่นฟิล์มแห้งลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.05 โมลต่อลิตร จำนวน 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างแผ่นฟิล์มด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นเก็บแผ่นฟิล์มไว้ในโถดูดความชื้นจนกว่าจะนำไปใช้งาน

### การศึกษาความหนาและความชื้นของแผ่นฟิล์ม

การศึกษาความหนาของแผ่นฟิล์มก่อนการครอสลิงค์ วัดโดยไมโครมิเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร ใช้ตำแหน่งในการวัดเป็น 9 จุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยความหนาของแผ่นฟิล์ม

การทดสอบความชื้นของแผ่นฟิล์ม (Moisture) อบกระจากนาฬิกาในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ เก็บไว้ในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิห้อง นำแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ออกมาจากโถดูดความชื้น จากนั้นตัดแผ่นฟิล์มขนาด  $2.5 \times 2.5$  เซนติเมตร แล้วชั่งน้ำหนักของแผ่นฟิล์มที่แน่นอนอย่างละเอียด ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง แล้วบันทึกน้ำหนักฟิล์มแห้งก่อนอบ ( $A_0$ ) จากนั้นนำแผ่นฟิล์มไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นเก็บแผ่นฟิล์มไว้ในโถดูดความชื้นเพื่อรอให้เย็นลงถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนักฟิล์มหลังอบ จากนั้นอบแผ่นฟิล์มซ้ำอีกครั้งละ 1 ชั่วโมง จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งไม่เกิน 3 มิลลิกรัม แล้วบันทึกน้ำหนักฟิล์มแห้งหลังอบ ( $A_1$ ) จากนั้นคำนวณค่าความชื้นของตัวอย่างแผ่นฟิล์มดังสมการที่ 1 (Alboofetileh et al., 2013)

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } A_0 &= \text{น้ำหนักฟิล์มแห้งก่อนอบ} \\ A_1 &= \text{น้ำหนักฟิล์มหลังอบ} \end{aligned}$$

### การศึกษาการบวมน้ำของแผ่นฟิล์ม

ในการศึกษาร้อยละการบวมน้ำของแผ่นฟิล์ม (%swelling) เริ่มจากตัดฟิล์ม  $2.5 \times 2.5$  เซนติเมตร แล้วนำไปชั่งน้ำหนักฟิล์มแห้งก่อนบวมน้ำ ( $W_0$ ) จากนั้นนำไปแช่น้ำพร้อมกวนสารละลายตลอดเวลา จากนั้นนำแผ่นฟิล์มขึ้นมาชั่งน้ำหนักเมื่อเวลาผ่านไปทุก 10 นาที จนครบ 1 ชั่วโมง และชั่งทุก 20 นาที จนครบ 4 ชั่วโมง โดยนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักส่วนเกินออกด้วย



กระดาษชำระแล้วด้วยเครื่องซึ่งความละเอียดสูง 4 ตำแหน่ง แล้วบันทึกน้ำหนักขณะฟิล์มบวมน้ำ ( $W_s$ ) แล้วคำนวณหาร้อยละการบวมน้ำของฟิล์ม ดังสมการที่ 2 (Alboofetileh et al., 2013)

$$\text{การบวมน้ำ (\%)} = \frac{W_s - W_i}{W_i} \times 100 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } W_i &= \text{น้ำหนักฟิล์มแห้งก่อนบวมน้ำ} \\ W_s &= \text{น้ำหนักฟิล์มขณะบวมน้ำ} \end{aligned}$$

#### การศึกษาคุณสมบัติการปลดปล่อยยาของแผ่นฟิล์ม

ในการศึกษาคุณสมบัติการปลดปล่อยสารสกัดจากใบช่อย เริ่มจากนำแผ่นฟิล์มที่มาแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 6.8 พร้อมทั้งกวนตลอดเวลา ที่อุณหภูมิ  $36.5 \pm 1$  องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm ทำการเก็บตัวอย่าง 5 มิลลิเมตร ตามระยะเวลา 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160 และ 180 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm จากนั้นทำการศึกษาคุณสมบัติการปลดปล่อยสารสกัดจากใบช่อยของแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจิเนต และคำนวณร้อยละการปลดปล่อยสารสกัดจากใบช่อยของแผ่นฟิล์ม ดังสมการที่ 3 (Jones et al., 2019)

$$\text{ร้อยละการปลดปล่อย} = \frac{A_t}{A_\infty} \times 100 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } A_t &= \text{ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากใบช่อยที่ปลดปล่อยออกมาในเวลาใด ๆ} \\ A_\infty &= \text{ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดจากใบช่อยที่ปลดปล่อยออกมา ณ สภาวะสมดุล} \end{aligned}$$

#### ผลการวิจัย

##### ร้อยละผลผลิต ปริมาณฟีนอลิกรวม และปริมาณแทนนินของสารสกัด

จากการสกัดสารสำคัญจากใบช่อย จะได้ได้ส่วนสกัดหยาบที่มีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาล นำมาคำนวณคิดเป็นร้อยละผลผลิต (%yield) ต่อน้ำหนักของผงใบช่อยแห้ง และได้นำส่วนสกัดหยาบที่ได้จากใบช่อยไปวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม และปริมาณแทนนิน โดยมีผลการวิจัยดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิต ปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณแทนนินและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด

| สารสกัดจากใบช่อย      |                                                               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------|
| ร้อยละผลผลิต (%yield) | ร้อยละ $10.90 \pm 2.08$                                       |
| ปริมาณฟีนอลิกรวม      | $55.97 \pm 0.12$ mg of gallic acid equivalent/g crude-extract |
| ปริมาณแทนนิน          | $46.13 \pm 0.01$ mg of tannic acid equivalent/g crude-extract |

##### ลักษณะ ความหนา และความชื้นของแผ่นฟิล์ม

ฟิล์มแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจิเนตและสารสกัดจากใบช่อย มีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 2 โดยแผ่นฟิล์มที่มีการเติมสารสกัดจากใบช่อยก่อนโครสลิงค์ มีลักษณะเป็นแผ่นเรียบมีสีเขียวแกมน้ำตาล แผ่นฟิล์มที่โครสลิงค์แล้ว มีลักษณะเป็นผิวขรุขระ โปร่งใส มีสีเขียวแกมน้ำตาลแต่ความเข้มของสีจะจางลงเล็กน้อย และมีความแข็งแรงมากขึ้น

ตารางที่ 2 ลักษณะของแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจิเนตผสมสารสกัดจากใบข่อย

| เจลาติน: อัลจิเนต | ลักษณะของแผ่นฟิล์ม                                                                |                                                                                     |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                   | ก่อนครอสลิงค์                                                                     | หลังครอสลิงค์                                                                       |
| 5: 5              |  |  |
| 3: 7              |  |  |
| อัลจิเนต          |  |  |

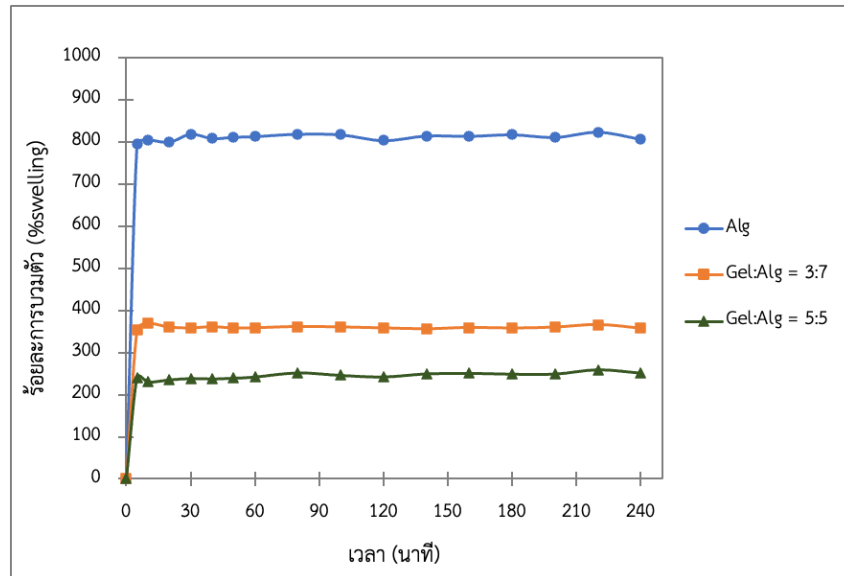
ผลการศึกษาความหนาและความชื้นของแผ่นฟิล์ม พบว่าแผ่นฟิล์มอัลจิเนต และแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจิเนตก่อน Crosslink ในอัตราส่วน 5: 5 และ 3: 7 มีความหนาใกล้เคียงกัน ความชื้นของแผ่นฟิล์มจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเจลาตินมากกว่าปริมาณของอัลจิเนต ถ้าหากลดปริมาณเจลาตินลงค่าความชื้นของแผ่นฟิล์มก็จะลดลงตามไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความหนาและความชื้นของแผ่นฟิล์ม

| เจลาติน: อัลจิเนต | ความหนา (mm)        | ความชื้น (%)     |
|-------------------|---------------------|------------------|
| 5: 5              | $0.0487 \pm 0.0128$ | $28.75 \pm 5.08$ |
| 3: 7              | $0.0395 \pm 0.0075$ | $11.13 \pm 3.27$ |
| อัลจิเนต          | $0.0371 \pm 0.0052$ | $11.03 \pm 6.23$ |

#### การบวมน้ำของแผ่นฟิล์ม

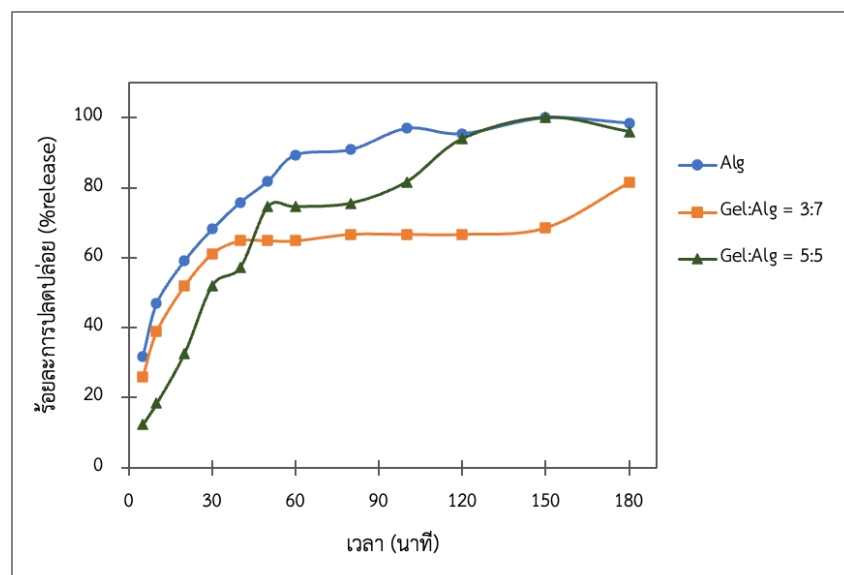
จากการศึกษาคุณสมบัติการบวมน้ำ (Swelling) ของฟิล์มโดยตัดแผ่นฟิล์ม ชั่งน้ำหนักเริ่มต้น แล้วนำไปแช่ในน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตรในบีกเกอร์พร้อมทั้งกวนตลอดเวลา แล้วชั่งน้ำหนักทุก ๆ 10 นาที จนครบ 1 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักทุก ๆ 20 นาที จนครบ 4 ชั่วโมง พบว่าความสามารถในการบวมน้ำของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป พบว่าแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้นั้นสามารถบวมตัวได้มากกว่าร้อยละ 200 อย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาเพียง 5 นาที ซึ่งภาพรวมการบวมตัวของแผ่นฟิล์มจะอยู่ในระหว่างร้อยละ 229.85-823.49 ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การบวมตัวของแผ่นฟิล์ม

#### การปลดปล่อยยาของแผ่นฟิล์ม

จากการทดสอบคุณสมบัติการปลดปล่อยสารสกัดจากใบข่อยของแผ่นฟิล์มอัลจิเนต และแผ่นฟิล์มอัลจิเนตผสมเจลาติน โดยใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนัก (เจลาติน: อัลจิเนต) 5: 5 และ 3: 7 โดยนำแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้มาแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์พร้อมทั้งกวนตลอดเวลา ณ อุณหภูมิ  $36.5 \pm 1$  องศาเซลเซียส ทำการศึกษาการปลดปล่อยยา (สารสกัดจากข่อย) โดยติดตามจากการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร พบว่าสารสกัดจากข่อยถูกปลดปล่อยออกมาร้อยละ 20-60 ในระยะเวลา 30 นาทีแรก จากนั้นจะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ จนกระทั่งถึงจุดสมดุลในระยะเวลา 3 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การปลดปล่อยยา (สารสกัดจากใบข่อย) ของแผ่นฟิล์ม



## อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้สกัดสารสำคัญคือสารในกลุ่มฟีนอลิก จากใบช่อย โดยใช้ น้ำกลั่นและเทคนิคอัลตราโซนิก และเตรียมแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ไฮโดรเจลจากเจลาตินผสมอัลจินเตผสมสารสกัดจากช่อย ศึกษาโครงสร้างและสมบัติของแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจินเต ศึกษาการปลดปล่อยยาของแผ่นฟิล์ม เมื่อนำมาคำนวณร้อยละผลผลิตของสารสกัดจากช่อย พบว่าจะได้ส่วนสกัดหยาบคิดเป็นร้อยละผลผลิต (%yield) ต่อน้ำหนักของใบช่อยแห้งจะได้เป็นร้อยละ  $10.90 \pm 2.08$  ได้นำส่วนสกัดหยาบที่ได้จากใบช่อยไปวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม และปริมาณแทนนิน พบว่า มีปริมาณประกอบฟีนอลิก เท่ากับ  $55.97 \pm 0.12$  มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของส่วนสกัดหยาบ มีปริมาณแทนนินเท่ากับ เท่ากับ  $46.13 \pm 0.01$  มิลลิกรัม สมมูลของกรดแทนนิกต่อกรัมของส่วนสกัดหยาบ

คุณสมบัติการบวมน้ำของแผ่นฟิล์ม ซึ่งความสามารถในการบวมน้ำของแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป พบว่าแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้นั้นสามารถบวมตัวได้มากกว่าร้อยละ 200 อย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาเพียง 5 นาที แผ่นฟิล์มอัลจินเตมีความสามารถในการบวมน้ำมากที่สุด ส่วนแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจินเตในอัตราส่วนโดยน้ำหนักเจลาตินต่ออัลจินเต 5: 5 มีความสามารถในการบวมตัวน้อยที่สุด เนื่องจากความสามารถในการบวมตัวนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของอัลจินเตที่ถูกเชื่อมขวางด้วยแคลเซียมไอออนซึ่งจะเกิดโครงสร้างสามมิติทำให้สามารถอุ้มน้ำไว้ได้และพอลิเมอร์อัลจินเตไม่ละลายออกไป ส่วนแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจินเตในอัตราส่วนโดยน้ำหนักเจลาตินต่ออัลจินเต 5: 5 นั้น มีปริมาณเจลาตินมากกว่าอัตราส่วน 3: 7 ซึ่งเจลาตินไม่ถูกเชื่อมขวางด้วยแคลเซียมไอออน ทำให้เจลาตินบางส่วนละลายน้ำออกไป และปริมาณอัลจินเตที่มีอยู่น้อยกว่าจึงอุ้มน้ำไว้ได้น้อยกว่า และทำให้ความสามารถในการบวมน้ำน้อยกว่าแผ่นฟิล์มอัลจินเต

คุณสมบัติการปลดปล่อยสารสกัดจากใบช่อยของแผ่นฟิล์มแต่ละอัตราส่วนที่เตรียมสารสกัดจากใบช่อย พบว่าสารสกัดจากช่อยถูกปลดปล่อยออกมาร้อยละ 20-60 ในระยะเวลา 30 นาทีแรก จากนั้นจะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ จนกระทั่งถึงจุดสมดุลในระยะเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งผลการวิจัยนี้สามารถห้วงการปลดปล่อยโมเลกุลยาได้นานกว่าระบบไฮโดรเจลอัลจินเตเชื่อมขวางด้วยคอปเปอร์ (II) ไอออน ที่ห้วงการปลดปล่อยกรดโฟลิก (Folic acid) ถึงจุดสมดุลภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง (Camacho et al., 2019) และระบบไฮโดรเจลอัลจินเตเชื่อมขวางด้วยแมกนีเซียมไอออนร่วมกับแคลเซียมไอออน ปลดปล่อยยาไอบูโพรเฟนถึงจุดสมดุลภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง (Sanchez-Ballester et al., 2019)

จากการศึกษาคุณสมบัติของสารสกัดจากใบช่อยและศึกษาสมบัติของแผ่นฟิล์มเจลาตินผสมอัลจินเตผสมสารสกัดจากใบช่อยครั้งนี้ มีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาสมบัติของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์จากธรรมชาติซึ่งไม่มีความเป็นพิษ และสามารถนำไปต่อยอดศึกษาการปลดปล่อยโมเลกุลของยาอื่น ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำผลผลิตไปประยุกต์ใช้ในด้านอาหาร ยา วัสดุทางการแพทย์ หรืออุตสาหกรรมเครื่องสำอางได้

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) งบประมาณด้าน ววน. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด งบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ให้ทุนมา ณ ที่นี้ และผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

Alboofetileh, M., Rezaei, M., Hosseini, H. and Abdollahi, M. (2013). Effect of montmorillonite clay and biopolymer concentration on the physical and mechanical properties of alginate nanocomposite films. *Journal of Food Engineering*, 117(1), 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.042>



- Balasundram, N., Sundram, K and Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99, 191–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>
- Camacho, D. H., Uy S. J. Y., Cabrera, M. J. F., Lobregas, M. O. S. and Fajardo T. J. M. C. (2019). Encapsulation of folic acid in copper-alginate hydrogels and it's slow in vitro release in physiological pH condition. *Food Research International*, 119, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.053>
- Cano, A., Contreras, C., Chiralt, A. and Gonzalez-Martinez, C. (2021). Using tannins as active compounds to develop antioxidant and antimicrobial chitosan and cellulose based films. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2, 100156. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100156>
- Chen, Z., Yu Z. and Chen, G. (2010). Low-cost fabrication of poly(methyl methacrylate) microchips using disposable gelatin gel templates. *Talanta*, 81(4–5), 1325–1330. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.02.028>
- Chrisman, J., Xiao S., Hamdi, M., Pham, H., Mullins, M.J. and Sue, H. (2018). Testing and evaluation of mar visibility resistance for polymer films. *Polymer Testing*, 69, 238–244. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.05.011>
- Coppola, M., Djabourov, M. and Ferrand, M. (2008). Phase Diagram of Gelatin Plasticized by Water and Glycerol. *Macromolecular Symposia*, 273(1), 56–65. <https://doi.org/10.1002/masy.200851308>
- Crossingham, Y. J., Kerr, P. G. and Kennedy, R. A. (2014). Comparison of selected physico-chemical properties of calcium alginate films prepared by two different methods. *International Journal of Pharmaceutics*, 473(1–2), 259–269. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.06.043>
- Elgailani, I. E. H. and Ishak, C. Y. (2014). Determination of Tannins of Three Common Acacia Species of Sudan. *Advances in Chemistry*, 2014, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2014/192708>
- George, V. C., Dellaire, G. and Rupasinghe, H.P.V. (2017). Plant flavonoids in cancer chemoprevention: role in genome stability. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 45, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2016.11.007>
- Jeswani, G., Alexander, A., Saraf, S., Saraf, S., Qureshi, A. and Ajazuddin. (2015). Recent approaches for reducing hemolytic activity of chemotherapeutic agents. *Journal of Controlled Release*, 211, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2015.06.001>
- Jones, D. S., Yu, T. and Andrews, G.P. (2019). A statistical determination of the contribution of viscoelasticity of aqueous carbohydrate polymer networks to drug release. *Carbohydrate Polymers*, 206, 511–519. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.10.072>
- Kocak, G., Tuncer, C. and Bütün, V. (2017). pH-Responsive polymers, *Polymer Chemistry*, 8, 144–176. <https://doi.org/10.1039/c6py01872f>
- Li, J., He J., Huang, Y., Li D. and Chen, X. (2015). Improving surface and mechanical properties of alginate films by using ethanol as a co-solvent during external gelation. *Carbohydrate Polymers*, 123, 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.01.040>



- Momoh, F. U., Boateng, J. S., Richardson, S. C., Chowdhry, B. Z. and Mitchell, J. C. (2015). Development and functional characterization of alginate dressing as potential protein delivery system for wound healing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 81, 137 – 150.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.07.037>
- Rangaraj, V.M., Rambabu, K., Banat F. and Mittal, V. (2021). Effect of date fruit waste extract as an antioxidant additive on the properties of active gelatin films. *Journal of Food Chemistry*, 355, [https://doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129631](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129631)
- Sanchez-Ballester, N. M., Soulairol, I., Bataille, B. and Sharkawi, T. (2019). Flexible heteroionic calcium-magnesium alginate beads for controlled drug release. *Carbohydrate Polymers*, 207, 224–229.  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.11.096>
- Su, Y., Gu L., Zhang, Z., Chang, C., Li, J., McClements, D. J. and Yang, Y. (2019). Encapsulation and release of egg white protein in alginate microgels: Impact of pH and thermal treatment. *Food Research International*, 120, 305–311. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.02.048>
- Wang, Y. (2018). Programmable hydrogels. *Biomaterials*, 178, 663–680.  
<https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2018.03.008>