

การเตรียมฟิล์มจากเจลาตินและแป้งมันมือเสือเพื่อประยุกต์ใช้เป็นเปลือกแคปซูลชนิดแข็ง[†]

Preparation of Films from Gelatin and Lasser Yam Starch for Application as a Hard Shell Capsule

รัตน์ฐาภัทร บุญเกิด*, จนิตรา ปลอดทองจันทร์, สุภัตสร นวลหอม และ พิมณิจา กันทาง

สาขาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

*อีเมล: Rbunkerd@gmail.com

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมฟิล์มพอลิเมอร์ผสมจากเจลาตินทางการค้าเป็นองค์ประกอบหลัก และแป้งมันมือเสือ และแป้งดิบมันมือเสือสกัดจากมันมือเสือในเขตอนุรักษ์พันธุ์พืช ฯ หนองระเวียงจังหวัดนครราชสีมา แป้งมันมือเสือที่สกัดได้ถูกนำไปหาลักษณะเฉพาะวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน โครงสร้างผลึก และคุณสมบัติทางความร้อน โดย FTTR XRD และ TGA ตามลำดับ เจลาติน/แป้งมันมือเสือผสมและหล่อขึ้นรูปฟิล์มในอัตราส่วนต่างๆ 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 ร้อยละโดยน้ำหนัก (% w/w) โดยมีกลีเซอรอลร้อยละ 5 ของพอลิเมอร์ผสมทั้งหมดทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ จากผลการทดสอบฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพบว่าฟิล์มพอลิเมอร์ผสมที่แสดงถึงสมบัติที่ดีที่สุด ทั้งความต้านทานน้ำ(ความสามารถในการละลายน้ำที่ลดลง) ความโปร่งใส และสมบัติเชิงกล คืออัตราส่วน 70:30 ซึ่งมีค่าการทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นมากกว่า 470 % เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มในอัตราส่วนที่ไม่ได้เติมแป้งมันมือเสือ

คำสำคัญ: แป้งมันมือเสือ, เจลาติน, แคปซูลเปลือกแข็ง, พอลิเมอร์ผสม

Abstract

This research studied the film preparation of polymer blends based on commercial gelatin and lasser yam starch. The native starch was extracted from *Dioscorea eslansata* (Lour) Burtkill at the area of Plant Genetic Conservation, Nong Raviang, Nakhon Ratchasima province. In functional groups, the structure of crystallinity and thermal property of starch were characterized by FTTR, XRD and TGA, respectively. Gelatin/lasser yam starch blends were prepared in form of the solution-cast films with various weight ratios of 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 (% w/w) and glycerol 5 part per hundred as the plasticizer. Property testing of the polymer blend films showed that the best properties in terms of resistant water (decreasing water solubility), transparency and mechanical properties were obtained from the 70:30, tensile strength increased by more than 470 % compared with the film without starch.

Keywords: Lasser yam starch, Gelatin, Hard shell capsule, Polymer blend

บทนำ

มันมือเสือจัดเป็นมันพื้นเมืองสกุลแย้ม (*Dioscorea eslansata* (Lour) Burtkill.) จัดอยู่ในวงศ์ *Dioscoraceae* ที่ซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นในจังหวัดนครราชสีมา แป้งที่ได้หลังการสกัดมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว จัดเป็นพอลิเมอร์ทางธรรมชาติประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α 1-4 และ 1-6 ไกลโคซิดิก แป้งมันมือเสือจัดเป็นแป้งชนิดอะไมโลสต่ำ ซึ่งมีปริมาณอะไมโลสเพียง 9.32 % ส่งผลให้มีสมบัติการคืนตัวต่ำ (สันตนิยน์ ปัจจานนท์ และคณะ, 2557) สอดคล้องกับ (สมลรัตน์ อัมพวัน และคณะ, 2557) ได้รายงานองค์ประกอบทางเคมีของฟลาวาร์แป้งมันมือเสือที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลักถึง 97 % และมันมือเสือ 100 กรัม สามารถให้พลังงานได้ถึง 102 กิโลแคลอรี ซึ่งโดยทั่วไปแป้งมันมือเสือได้ถูกใช้ประโยชน์เป็นอาหารของคนท้องถิ่น เช่น อาหารรับประทานเล่น ขนมหวานต่างๆ และมากไปกว่านั้นแป้งยังสามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มได้ จึงถึงนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ รวมถึงแคปซูลบรรจุยา แต่เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลที่ต่ำ เปราะ แตกหักง่าย เพื่อปรับปรุงสมบัติดังกล่าวถูกควรนำแป้งไปผสมกับวัสดุชนิดอื่นเช่น เจลาตินเป็นพอลิเมอร์ทางธรรมชาติที่นิยมใช้เป็นแคปซูลยา เนื่องจากสามารถขึ้นรูปฟิล์มได้ง่าย และขัดขวางการซึมผ่านของแก๊สได้ดี แต่ราคาแพง (Nuozzi et al., 2013) และ (Sarbon et al., 2013) การผสมแป้ง หรือแป้งดัดแปรลงไปในนอกจากปรับปรุงสมบัติต่างๆ แล้วยังเป็นการลดต้นทุนการผลิต (พจน์ กุลวานิช และ ดุษฎี ขาววานิช, 2546; วันแข็ง สิทธิกิจโยธิน, 2558)

[†]การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงาน ชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 10 (ระหว่างวันที่ 20 - 22 กันยายน 2565 ณ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการเตรียมฟิล์มพอลิเมอร์ผสมจากเจลาตินและแป้งมันมือเสือ โดยมีเจลาตินทางการค้าเป็นองค์ประกอบหลัก และศึกษาผลของปริมาณแป้งมันมือเสือต่อสมบัติของฟิล์ม โดยทำการเตรียมฟิล์มในอัตราส่วนต่างๆ 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 ร้อยละโดยน้ำหนัก (% w/w) โดยมีกลีเซอรอลน้ำหนักร้อยละ 5 ของพอลิเมอร์ผสมทั้งหมดทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ ฟิล์มพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ถูกนำไปหาลักษณะเฉพาะและทดสอบสมบัติ เพื่อหาองค์ความรู้เบื้องต้นก่อนนำไปประยุกต์เป็นแคปซูลบรรจุยาต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1) การสกัดแป้งมันมือเสือ

การสกัดแป้งมันมือเสือ นำมือเสือมาล้างทำความสะอาดเอาเศษดินออกปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แช่สารละลายโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ($K_2S_2O_8$) ความเข้มข้น 0.5 % W/V เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล จากนั้นเทสารละลายทิ้งน้ำมันไปนกับน้ำปราศจากกรองผ่านผ้าขาวบางและทิ้งไว้ให้ตกตะกอน เมื่อตกตะกอนของแป้งให้เทสารละลายด้านบนทิ้ง นำแป้งที่ได้ไปแช่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.20 % W/V ตั้งให้เกิดการตกตะกอนอีกครั้งหลังจากเกิดการตกตะกอนให้เทสารละลายด้านบนทิ้งและล้างด้วยน้ำกลั่นล้างหลายๆ ครั้งจนมีพีเอชเป็นกลางโดยตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนของแป้ง จากนั้นเทสารละลายด้านบนทิ้งและนำแป้งที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำแป้งที่ได้ไปบดและร่อนผ่านตะแกรกร่อนขนาด 180 ไมครอน และเก็บแป้งใส่ถุงซิปล็อคเพื่อเก็บรักษา (ปรากฏพิทย์ รักษาสุข และ วิฑิตมา เลี่ยมกระโทก, 2563)

2) วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของแป้งที่สกัดได้

2.1) วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของแป้งมันด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรด สเปกโทรสโกปี (FTIR)

วิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของแป้งด้วยเทคนิค FTIR โดยนำแป้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 °C ภายใต้สุญญากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ วิเคราะห์ในช่วงเลขคลื่น $4,000 - 600 \text{ cm}^{-1}$

2.2) การวิเคราะห์โครงสร้างผลึก โดยใช้เทคนิคเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD)

ศึกษาลักษณะโครงสร้างผลึกของแป้งจากเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ (X-ray diffractometer, XRD) โดยนำแป้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 °C ภายใต้สุญญากาศเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ลงในที่ใส่ตัวอย่างและใช้แผ่นกระจกกดให้ตัวอย่างแน่นจากนั้นนำเข้าเครื่อง XRD ภายใต้สภาวะดังนี้ ตัวกำเนิด X-ray ที่ 40 kV และ 4 mA มุมสแกน 2θ และ $5^\circ - 40^\circ$ ในอัตราสแกน 0.1° ต่อนาที

2.3) ศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคเทอร์โมกราวิเมตรีอนาลิซิส (TGA)

วิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิการสลายตัวด้วยความร้อนของแป้ง โดยชั่งแป้งให้มีน้ำหนักประมาณ 5 - 10 มิลลิกรัม บรรจุลงในถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่าง ศึกษาในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 50 ถึง 800 องศาเซลเซียส อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน

2.4) การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและเถ้า

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นแป้งมันมือเสือ

ชั่งและบันทึกน้ำหนักแป้งมันมือเสือ 2.0 กรัม จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเก็บไว้ในโถดูดความชื้นจนอุณหภูมิลดลงเท่าอุณหภูมิห้อง ชั่งและบันทึกน้ำหนัก เพื่อดำเนินการหาปริมาณความชื้น ดังสมการ 1

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ}} \times 100 \quad (1)$$

การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ชั่งและบันทึกน้ำหนักแป้งมันมือเสือ 2.5 กรัม นำไปเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เถ้ามีสีขาว จากนั้นนำมาเก็บไว้ในโถดูดความชื้นจนอุณหภูมิลดลงเท่าอุณหภูมิห้อง ชั่งและบันทึกน้ำหนัก เพื่อดำเนินการหาปริมาณเถ้า ดังสมการที่ 2

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา}} \times 100 \quad (2)$$

3) การเตรียมฟิล์มจากพอลิเมอร์ผสมเจลาตินและแป้งมันมือเสือ

การขึ้นรูปฟิล์มพอลิเมอร์ผสมเจลาตินและแป้งมันมือเสือ เตรียมสารละลายเจลาตินในน้ำกลั่น ทำที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และเตรียมแป้งมันมือเสือเจลาตินในน้ำกลั่น โดยนำแป้งมันมือเสือมาละลายในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายเจลาตินผสมกับแป้งมันมือเสือเจลาตินในอัตราส่วน 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 ร้อยละโดยน้ำหนัก (% w/w) โดยมีกลีเซอรอลน้ำหนักร้อยละ 5 ของพอลิเมอร์ผสมทั้งหมดทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ขึ้นรูปฟิล์มลงในจานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบไล่ไอน้ำที่อุณหภูมิห้อง 45 องศาเซลเซียส จนกว่าฟิล์มน้ำหนักฟิล์มแห้งคงที่

4) ทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์ม

4.1) ความสามารถในการละลายของฟิล์ม

เตรียมฟิล์มขนาด 2x2 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งและบันทึกน้ำหนักเริ่มต้น จากนั้นนำไปแช่น้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมากรองและล้างน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตรแล้วนำแผ่นฟิล์มที่เหลือมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งและบันทึกน้ำหนักสุดท้าย ทำการทดลองอัตราส่วนละ 5 ครั้ง ในแต่ละอัตราส่วน เพื่อคำนวณหาความสามารถในการละลายของฟิล์มดังในสมการที่ 3

$$\text{ความสามารถในการละลายของฟิล์ม(\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักแห้งสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100 \quad (3)$$

4.2) ความโปร่งใสของฟิล์ม

เตรียมฟิล์มขนาด 1x4 เซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เซนติเมตรทดสอบด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ในช่วงความยาวคลื่น 600 nm ทำการทดลองอัตราส่วนละ 5 ครั้ง ข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปคำนวณความโปร่งแสงได้ดังสมการที่ 4 เมื่อ T คือ % การส่องผ่านของแสง ที่ ความยาวคลื่น 600 nm และ X คือความหนาของแผ่นฟิล์ม

$$\text{ความโปร่งใสของฟิล์ม(\%)} = \frac{\log T}{X} \times 100 \quad (4)$$

4.3) ทดสอบสมบัติเชิงกล

การทดสอบความทนต่อแรงดึงของไฮโดรเจลที่สังเคราะห์ได้ โดยทำการตัดไฮโดรเจลให้มีขนาด 1.0x7 เซนติเมตร แล้วเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่สะอาดและปิดให้มิดชิดวางไว้ในห้องทดสอบที่ควบคุมอุณหภูมิ $25 \pm 1.0^\circ$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D882-91 โดยมีสภาวะของการทดสอบดังนี้ ระยะห่างของตัวรองรับตัวอย่าง 50.0 mm ตัววัดแรง 1 N ความเร็วของการสำหรับยืดตัววัดแรง 10 mm/min ทำการทดสอบตัวอย่างละ 5 ครั้ง

ผลและอภิปรายผล

1) ลักษณะเฉพาะของมันและแป้งมันมือเสือ

แป้งที่ได้หลังการสกัดจะมีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียดดังแสดงในภาพที่ 1(ข) ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 11 การวิเคราะห์ความชื้นและเถ้าตามวิธี AOAC (2,000) มีค่าเท่ากับ 4.50 และ 0.07 โดยน้ำหนัก

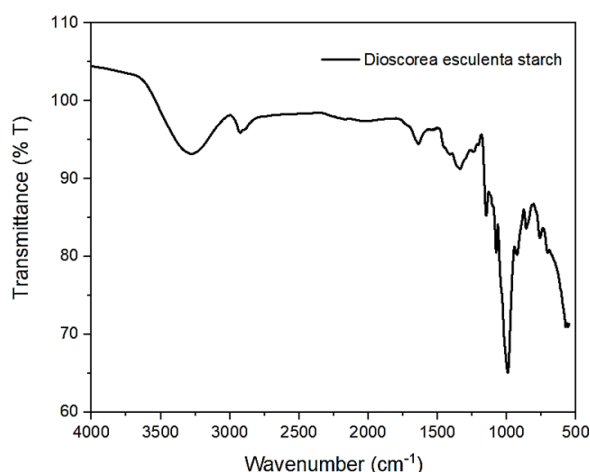


(ก)

(ข)

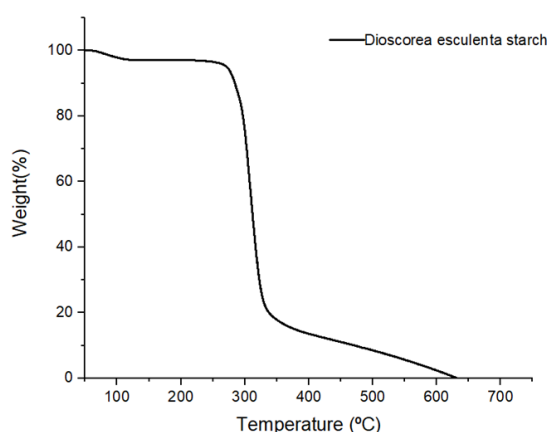
ภาพที่ 1 ภาพถ่าย (ก) มันมือเสือ (ข) แป้งมันมือเสือ

วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของแป้งมันมือเสือด้วยเทคนิค FT-IR ในช่วงเลขคลื่น $4,000 - 600 \text{ cm}^{-1}$ ผล FT-IR สเปกตรัมแสดงดังภาพที่ 2 พบว่าพีคการสั่นที่สำคัญของแป้งมันมือเสือ ได้แก่ พีคการสั่นแบบยืดของ -O-H หมู่ไฮดรอกซิล ที่เลขคลื่น $3,274 \text{ cm}^{-1}$ พีคการสั่นแบบยืดของ -C-H ที่เลขคลื่นช่วง $2,925 \text{ cm}^{-1}$ พีคการสั่นแบบงอของ -C-H ที่เลขคลื่นช่วง $1,366 \text{ cm}^{-1}$ พีคการสั่นแบบยืดของ -C-O สอดคล้องกับโครงสร้างทางเคมีของอะไมโลส และอะไมโลเพกติน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแป้งมันมือเสือ (พจนีย์ ทองโพธิ์ และคณะ, 2561)



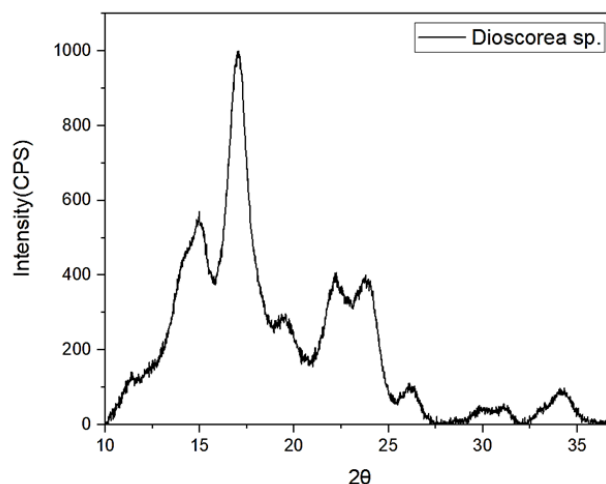
ภาพที่ 2 FT-IR สเปกตรัมของแป้งมันมือเสือ

ศึกษาสมบัติเสถียรภาพทางความร้อนและการสูญเสียน้ำหนักเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิค TGA ได้ผลการทดสอบเป็นร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเมื่อรับความร้อนของแป้งมันมือเสือ แสดงดังภาพที่ 3 พบว่าแป้งมันมือเสือมีการสลายตัวทางความร้อนสามช่วง โดยช่วงแรกเริ่มที่ 50 - 120 องศาเซลเซียสเป็นการระเหยของโมเลกุลน้ำ มีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 5 % ช่วงที่สองเริ่มที่ 250 - 350 องศาเซลเซียส และช่วงสุดท้ายที่ 350 - 625 องศาเซลเซียส บอกลถึงการสลายตัวขององค์ประกอบในแป้ง ช่วงเริ่มต้นของการสูญเสียน้ำหนักของแป้งมันมือเสือ เนื่องจากโครงสร้างเส้นตรงของอะไมโลส (amylose) ช่วงสุดท้ายของการสูญเสียน้ำหนักของแป้งเนื่องจากโครงสร้างร่างแห (cross-link structure) ของอะไมโลเพกติน (amylopectin) มีการสูญเสียน้ำหนักประมาณ 80 %



ภาพที่ 3 TGA เทอร์โมแกรมของแป้งมันมือเสือ

จากการวิเคราะห์รูปแบบของโครงสร้างผลึกของแป้งมันมือเสือ ด้วยเทคนิค XRD ดังแสดงในภาพที่ 4 จาก X-ray diffraction diagram ของแป้งมันมือเสือแสดงลักษณะของพีคที่ 2θ พีคเดี่ยวประมาณ 15, 17 และ 19.7° พีคคู่ที่ 22 และ 24° ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแป้งชนิด B-Type ซึ่งโครงสร้างผลึกเป็นแบบเฮกซะโกนัลที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ 36 โมเลกุลในหนึ่งยูนิตเซลล์ ส่งผลให้แป้งมันมือเสือเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนและมีน้ำเป็นพลาสติกไซเซอร์ (ณัชชชี ณัชปภาสมัน และคณะ, 2559)



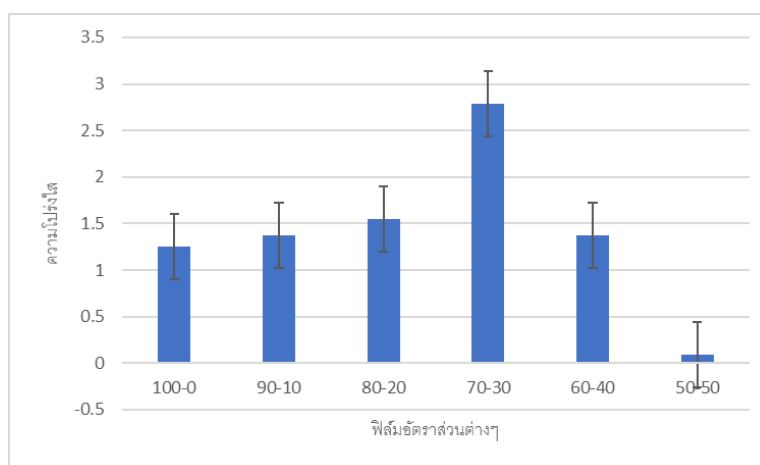
ภาพที่ 4 XRD diagram ของแป้งมันมือเสือ

2) การทดสอบสมบัติของแผ่นฟิล์ม

ลักษณะทางกายภาพด้วยภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลและการทดสอบสมบัติทางแสงของฟิล์มที่เตรียมจากเจลาตินและแป้งมันมือเสือที่อัตราส่วนต่าง ๆ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ดังแสดงในภาพที่ 5 และ 6 ตามลำดับ พบว่าฟิล์มพอลิเมอร์ผสมมีความเข้ากันได้เป็นเนื้อเดียวกันและมีความหนาประมาณ 0.24 - 0.43 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามพบว่าการขึ้นรูปฟิล์มพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วน 50:50 (ภาพที่ 6(จ)) นั้นไม่สามารถลอกฟิล์มได้อย่างสมบูรณ์ มีรอยฉีกขาดของฟิล์ม จากลักษณะทางกายภาพของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมที่สังเกตด้วยภาพถ่ายแสดงได้ว่าการเตรียมฟิล์มพอลิเมอร์ผสมที่ใช้เจลาตินเป็นองค์ประกอบหลักนั้น สามารถเติมปริมาณแป้งมันมือเสือได้สูงสุดร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก มากไปกว่านั้นจากการทดสอบความโปร่งใสของแผ่นฟิล์มอัตราส่วน 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 ดังแสดงในภาพที่ 7 พบว่าของแผ่นฟิล์มเจลาตินและแป้งมันมือเสือที่เตรียมได้มีความโปร่งแสงอยู่ในช่วง 0.09 - 2.79 จึงกล่าวได้ว่าการเติมแป้งมีผลต่อความโปร่งใสของแผ่นฟิล์ม โดยเฉพาะที่อัตราส่วนอัตราส่วน 70:30 มีค่าความโปร่งใสสูงที่สุด เพราะเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกระจายตัวของพอลิเมอร์ผสมทำให้เกิดอันตรกิริยากันระหว่างสายโซ่โมเลกุลแผ่นฟิล์มจึงมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน

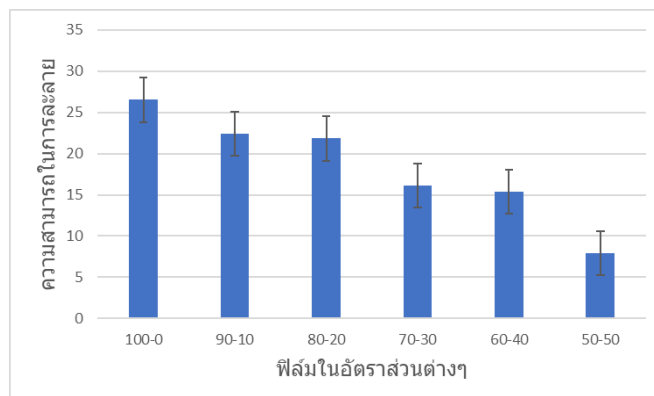
ลวไว้ได้นาน แต่ปล่อยน้ำออกมาได้ยาก เช่น บิสลวจะ จึงทำให้ไม่ ทยอยนำมาประยุกต์ใช้ได้น้อยกว่าหลาย เนื่องจากมีความเข้ากัน ของมนุษย์ (biocompatibility) เช่น การนำมาทำคอนแทกเลนส์ ซึ่งจะ ระบายเคืองแสบตา หรือใช้เป็นแผ่นปิดแผลช่วยดูดซับของเหลว และสามารถใช้เป็นสารนำส่งยา (drug delivery) สำหรับ วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นในดิน ทำให้พืชสามารถเจริญ โตได้เร็วและคงอยู่ ปล่อยน้ำที่ดูดซึมไว้ออกมา นอกจากนี้ใน ธรรมชาติ เนื่องจากสามารถดูดซับน้ำได้ดี วัสดุโพลิเมอร์สังเคราะห์จากปิโตรเคมีซึ่งย่อยสลายได้ยาก ดังนั้น โพลิเมอร์สังเคราะห์ร่วมกับโพลิเมอร์ธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยม ในการสังเคราะห์ด้วยการกราฟต์มอนอเมอร์บนสายโซ่โมเลกุล ย่อยสลายทางชีวภาพและลดปริมาณการใช้โพลิเมอร์จากปิโตร เคมี ข้อดี คือ หาได้ง่าย มาจากแหล่งที่สามารถทดแทนได้ และเป็น ได้รับความสนใจได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวโพด มันฝรั่ง พืช	ลวไว้ได้นาน แต่ปล่อยน้ำออกมาได้ยาก เช่น บิสลวจะ จึงทำให้ไม่ ทยอยนำมาประยุกต์ใช้ได้น้อยกว่าหลาย เนื่องจากมีความเข้ากัน ของมนุษย์ (biocompatibility) เช่น การนำมาทำคอนแทกเลนส์ ซึ่งจะ ระบายเคืองแสบตา หรือใช้เป็นแผ่นปิดแผลช่วยดูดซับของเหลว และสามารถใช้เป็นสารนำส่งยา (drug delivery) สำหรับ วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นในดิน ทำให้พืชสามารถเจริญ โตได้เร็วและคงอยู่ ปล่อยน้ำที่ดูดซึมไว้ออกมา นอกจากนี้ใน ธรรมชาติ เนื่องจากสามารถดูดซับน้ำได้ดี วัสดุโพลิเมอร์สังเคราะห์จากปิโตรเคมีซึ่งย่อยสลายได้ยาก ดังนั้น โพลิเมอร์สังเคราะห์ร่วมกับโพลิเมอร์ธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยม ในการสังเคราะห์ด้วยการกราฟต์มอนอเมอร์บนสายโซ่โมเลกุล ย่อยสลายทางชีวภาพและลดปริมาณการใช้โพลิเมอร์จากปิโตร เคมี ข้อดี คือ หาได้ง่าย มาจากแหล่งที่สามารถทดแทนได้ และเป็น ได้รับความสนใจได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวโพด มันฝรั่ง พืช	ลวไว้ได้นาน แต่ปล่อยน้ำออกมาได้ยาก เช่น บิสลวจะ จึงทำให้ไม่ ทยอยนำมาประยุกต์ใช้ได้น้อยกว่าหลาย เนื่องจากมีความเข้ากัน ของมนุษย์ (biocompatibility) เช่น การนำมาทำคอนแทกเลนส์ ซึ่งจะ ระบายเคืองแสบตา หรือใช้เป็นแผ่นปิดแผลช่วยดูดซับของเหลว และสามารถใช้เป็นสารนำส่งยา (drug delivery) สำหรับ วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นในดิน ทำให้พืชสามารถเจริญ โตได้เร็วและคงอยู่ ปล่อยน้ำที่ดูดซึมไว้ออกมา นอกจากนี้ใน ธรรมชาติ เนื่องจากสามารถดูดซับน้ำได้ดี วัสดุโพลิเมอร์สังเคราะห์จากปิโตรเคมีซึ่งย่อยสลายได้ยาก ดังนั้น โพลิเมอร์สังเคราะห์ร่วมกับโพลิเมอร์ธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยม ในการสังเคราะห์ด้วยการกราฟต์มอนอเมอร์บนสายโซ่โมเลกุล ย่อยสลายทางชีวภาพและลดปริมาณการใช้โพลิเมอร์จากปิโตร เคมี ข้อดี คือ หาได้ง่าย มาจากแหล่งที่สามารถทดแทนได้ และเป็น ได้รับความสนใจได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวโพด มันฝรั่ง พืช
(ก) 100:0	(ข) 90:10	(ค) 80:20
	นำมาประยุกต์ใช้ได้น้อยกว่าหลาย เนื่องจากมีความเข้ากัน ของมนุษย์ (biocompatibility) เช่น การนำมาทำคอนแทกเลนส์ ซึ่ง ระบายเคืองแสบตา หรือใช้เป็นแผ่นปิดแผลช่วยดูดซับของเหลว และสามารถใช้เป็นสารนำส่งยา (drug delivery) สำหรับ วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นในดิน ทำให้พืชสามารถเจริญ โตได้เร็วและคงอยู่ ปล่อยน้ำที่ดูดซึมไว้ออกมา นอกจากนี้ใน ธรรมชาติ เนื่องจากสามารถดูดซับน้ำได้ดี วัสดุโพลิเมอร์สังเคราะห์จากปิโตรเคมีซึ่งย่อยสลายได้ยาก ดังนั้น โพลิเมอร์สังเคราะห์ร่วมกับโพลิเมอร์ธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยม ในการสังเคราะห์ด้วยการกราฟต์มอนอเมอร์บนสายโซ่โมเลกุล ย่อยสลายทางชีวภาพและลดปริมาณการใช้โพลิเมอร์จากปิโตร เคมี ข้อดี คือ หาได้ง่าย มาจากแหล่งที่สามารถทดแทนได้ และเป็น ได้รับความสนใจได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวโพด มันฝรั่ง พืช	นำมาประยุกต์ใช้ได้น้อยกว่าหลาย เนื่องจากมีความเข้ากัน ของมนุษย์ (biocompatibility) เช่น การนำมาทำคอนแทกเลนส์ ซึ่ง ระบายเคืองแสบตา หรือใช้เป็นแผ่นปิดแผลช่วยดูดซับของเหลว และสามารถใช้เป็นสารนำส่งยา (drug delivery) สำหรับ วัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นในดิน ทำให้พืชสามารถเจริญ โตได้เร็วและคงอยู่ ปล่อยน้ำที่ดูดซึมไว้ออกมา นอกจากนี้ใน ธรรมชาติ เนื่องจากสามารถดูดซับน้ำได้ดี วัสดุโพลิเมอร์สังเคราะห์จากปิโตรเคมีซึ่งย่อยสลายได้ยาก ดังนั้น โพลิเมอร์สังเคราะห์ร่วมกับโพลิเมอร์ธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยม ในการสังเคราะห์ด้วยการกราฟต์มอนอเมอร์บนสายโซ่โมเลกุล ย่อยสลายทางชีวภาพและลดปริมาณการใช้โพลิเมอร์จากปิโตร เคมี ข้อดี คือ หาได้ง่าย มาจากแหล่งที่สามารถทดแทนได้ และเป็น ได้รับความสนใจได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าวโพด มันฝรั่ง พืช
(ง) 70:30	(จ) 60:40	(ฉ) 50:50

ภาพที่ 5 ภาพถ่ายฟิล์มโพลิเมอร์ผสมเจลาตินและแป้งมันมือเสือที่อัตราส่วนต่าง ๆ



ภาพที่ 6 แผนภูมิค่าความโปร่งใสของแผ่นฟิล์มที่อัตราส่วนต่าง ๆ

จากการทดสอบความสามารถในการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มเจลาตินและแป้งมันมือเสือที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าความสามารถในการละลายของแผ่นฟิล์มลดลงตามปริมาณของแป้ง เนื่องจาก การเพิ่มแป้งมันมือเสือเข้าไปเกิดอันตรกิริยาระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลกับพอลิเพปไทด์ของเจลาตินภายในเมทริกซ์ฟิล์มจึงทำให้ความสามารถในการละลายลดลง พันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงสามารถเกิดขึ้นได้จากหมู่ไฮดรอกซิล (O-H) และกลุ่มเอไมด์ (N-H) ของเจลาติน อันตรกิริยาดังกล่าวอาจนำไปสู่การขัดขวางเจลาตินในการสร้างพันธะกับโมเลกุลของน้ำ ส่งผลให้ความสามารถในการละลายน้ำได้ลดลง จากข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 7 บ่งชี้ได้ว่าแป้งมันมือเสือมีส่วนช่วยในการปรับปรุงความต้านทานน้ำของแผ่นฟิล์มเจลาตินได้



ภาพที่ 7 แผนภูมิการละลายของแผ่นฟิล์มที่อัตราส่วนต่าง ๆ

จากการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มเจลาคตินและแป้งมันมือเสือในอัตราส่วนต่างๆ ตั้งแต่อัตราส่วน 100:00, 90:10, 80:20, 70:30 และ 60:40 พบว่าการเติมแป้งมันมือเสือช่วยในการปรับปรุงสมบัติเชิงกลทั้งการทนต่อแรงดึงและค่า Young's modulus โดยเฉพาะที่อัตราส่วน 70:30 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกระจายตัวของพอลิเมอร์ผสมทำให้เกิดอันตรกิริยากันระหว่างสายโซ่โพลิเมอร์ จึงทำให้ทั้งค่าการทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นจากฟิล์มที่ไม่เติมแป้งถึง 470 % ตามลำดับ แต่เมื่อเติมแป้งปริมาณที่มากขึ้นกลับส่งผลทั้งความแข็งแรงและความยืดหยุ่นลดลง เพราะปริมาณของแป้งที่มากขึ้นจนทำให้การกระจายตัวของสายโซ่โพลิเมอร์ไม่ดี

ตารางที่ 1 แสดงค่าความทนต่อแรงดึง และค่า Young's modulus ของแผ่นฟิล์มที่อัตราส่วนต่าง ๆ

อัตราส่วน	ค่าทนต่อแรง (MPa)	ระยะยืดก่อนขาด
100:0	0.27 ± 0.02	$2.83 \times 10^{-2} \pm 0.007$
90:10	0.59 ± 0.03	$4.90 \times 10^{-3} \pm 0.0009$
80:20	1.07 ± 0.13	$5.97 \times 10^{-3} \pm 0.003$
70:30	1.55 ± 0.07	$6.17 \times 10^{-3} \pm 0.001$
60:40	0.25 ± 0.32	$3.46 \times 10^{-3} \pm 0.002$

สรุปผล

มันมือเสือจัดเป็นมันพื้นเมืองสกุลแยม (*Dioscorea eslansata* (Lour.) Burtkill.) จัดอยู่ในวงศ์ Dioscoraceae ที่ซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นในจังหวัดนครราชสีมา แป้งที่ได้หลังการสกัดจะมีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด แป้งที่สกัดได้มีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 11 การวิเคราะห์ความชื้นและเถ้าตามวิธี AOAC (2000) มีค่าเท่ากับ 4.50 และ 0.07 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ หาลักษณะเฉพาะโดยการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของแป้งมันมือเสือของแป้งด้วยเทคนิค FTIR โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD และร้อยละการสูญเสียน้ำหนักด้วยเทคนิค TGA สามารถยืนยันลักษณะเฉพาะของแป้งสกุลแยมและโครงสร้างผลึกของแป้งเป็นแบบ B-type จากนั้นนำแป้งที่สกัดผสมกับเจลาตินเพื่อหล่อขึ้นรูปฟิล์ม ในอัตราส่วนต่างๆ 100:0 90:10 80:20 70:30 60:40 และ 50:50 ร้อยละโดยน้ำหนัก (% w/w) โดยมีกลีเซอรอลน้ำหนักร้อยละ 5 ของพอลิเมอร์ผสมทั้งหมดทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ ฟิล์มพอลิเมอร์ที่เตรียมได้ถูกนำไปทดสอบความสามารถในการละลายน้ำ ความโปร่งใส และสมบัติเชิงกลที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะแผ่นฟิล์มผสมที่อัตราส่วน 70:30 ค่าการทนต่อแรงดึงเพิ่มขึ้นมากกว่า 470 % จากฟิล์มที่ไม่เติมแป้ง จากงานวิจัยนี้ได้อาศัยความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแป้งมันมือเสือกับการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุบรรจุยาประเภทแคปซูลเปลือกแข็ง

ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรทดสอบสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานเช่น มุมสัมผัสน้ำ เพื่ออธิบายสมบัติความชอบน้ำของแผ่นฟิล์มในงานวิจัยต่อไป
- 2) ศึกษาทดสอบปลดปล่อยยาตัวอย่างในสภาวะจำลองภายในร่างกายโดย pH ต่าง ๆ
- 3) ศึกษาเพิ่มเติมความเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ผสม เพื่อให้ได้ผลที่ครอบคลุมยิ่งขึ้น เช่น SEM (Scanning electron microscope: SEM)
- 4) ศึกษาอันตรกิริยาระหว่างหมู่ฟังก์ชันของแป้งและเจลาตินโดยเทคนิค DSC และ FTIR

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนขอขอบคุณงบประมาณในการทำวิจัยจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และศูนย์อนุรักษ์และพัฒนาทรัพยากรภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลาง

บรรณานุกรม

- ณัชชชี ฌัชภาสมัน, สันทณีย์ ปัญจอนนทัม และ ดุษฎี อุตภาพ. (2559). ผลการคัดแปรแบ่งด้วยวิธีการความร้อนขึ้นต่อสมบัติและโครงสร้างของแป้งที่มีโครงสร้างแบบ A และ B. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, 39(2), 257-270.
- ปรางทิพย์ รักษาสุข และ ฐิติมา เลี่ยมกระโทก. (2563) *การสังเคราะห์พอลิเมอร์ดูดซึมน้ำได้มาก แป้งมันมือเสือ-กราฟต์-พอลิ(ไซเตียม อะคริเลต) สำหรับใช้เป็นวัสดุปลูก*. [ปริญญานิพนธ์ ไม่ได้มีการตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยราชชมงคลอีสาน.
- พจน์ กุลวานิช และ ดุษฎี ขาววานิช. (2546). *การนำแป้งมาทดแทนการใช้เจลาตินในอุตสาหกรรมการผลิตเปลือกแคปซูลชนิดแข็ง* (รายงานผลงานวิจัย). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พณีย์ ทองโพธิ์, พิมพ์นิภา กันทาตง, โรเบิร์ต มอลลอย, และ รัตนฐาภัทร บุญเกิด. (2561). การสังเคราะห์และสมบัติของแผ่นไฮโดรเจลพอลิ(ไซเตียม 2-อะคริลาไมโด-2-เมทิลโพรเพน ซัลโฟเนต) และผลของการเติมแป้งมันสำปะหลังเจลาติน. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 23(2), 1059-1069.
- วันแข็ง สิทธิกิจโยธิน. (2558). *โครงการการเตรียมเปลือกแคปซูลชนิดแข็งจากทังมารินกัมและไดโตซาน* (รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สันทณีย์ ปัจจอนนท, วิทวัส จิรนนทกุล, และ ดุษฎี อุตภาพ. (2557). สมบัติทางกายภาพและโครงสร้างโมเลกุลของแป้งกลอย (*Dioscorea hispida* Dennst) และแป้งมันมือเสือ (*Dioscorea esculenta* (Lour.) Burkill). *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, 32(2), 185-198.
- สุมลรัตน์ อัมพวัน, จันทรสมร สายศรี, และ อนิชา สุขสมบุญ. (2557). สมบัติของฟลาวร์มันมือเสือและการใช้ทดแทนแป้งสาลีในโดนัทยีสต์. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 45(2), 169-172.
- Nuozi, Z., Hongsheng, L., Long, Y., Xingxan, L., Ling, C. & Robert, S. (2013). Developing gelatin-starch blends for use as capsule materials. *Carbohydrate Polymer*, 92, 455-461.
- Sarbon, N. M., Badii, F., & Howell, N. K. (2013). Preparation and characterization of chicken skin gelatin as an alternative to mammalian gelatin. *Food Hydrocolloids*, 30, 143-151.