

คุณสมบัติของฟิล์มประกอบ Biopolymer จากแป้งและเพคติน

Properties of Biopolymer Composite Films from Starch and Pectin

ภริสา ทศวิล¹ อรพิน เกิดชูชื่น¹ และ ณัฏฐา เลหากุลจิตต์¹
Tassavil, P.¹, Kerdchoechen, O.¹, and Laohakunjit, N.¹

Abstract

Properties of biopolymer composite films from starch and pectin were studied. Composite film was prepared by co-dissolving rice starch and different concentrations (0, 1, 2 and 3%) of pectin. Appearances of composite films were thin sheet, clear, translucent, flexible, different texture on each of the two sides (smooth and rough) and 86.33-95.67 μm of thickness. Tensile strength and elongation of rice starch-pectin films were not significant difference ($p>0.05$). However, water vapor permeability and solubility of composite films decreased, when pectin concentration increased. Water vapor permeability and solubility of composite film from 3% pectin-rice starch film were lowest at 59.20 $\text{g}/\text{m}^2\text{day}$ and 40.77%, respectively.

Keywords: rice starch, pectin, composite films, properties of biopolymer films

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มประกอบของแป้งและเพคติน โดยเตรียมสารละลายแป้งข้าวเจ้า และเพคตินที่ความเข้มข้นต่างๆ (ร้อยละ 0, 1, 2 และ 3) พบว่าลักษณะปรากฏของฟิล์มแป้งผสมข้าวเจ้า-เพคตินเป็นแผ่นบางๆ แผ่นฟิล์มทั้งสองด้านแตกต่างกัน ด้านหนึ่งเรียบ และมันวาว อีกด้านหนึ่งเป็นปุ่มเล็กๆ ขรุขระ มีความหนาของฟิล์มประมาณ 86.33-95.67 ไมโครเมตร การต้านทานแรงดึงขาด และการยืดตัวของฟิล์มประกอบแป้งข้าวเจ้า-เพคติน 3 ความเข้มข้น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่การซึมผ่านของไอน้ำและการละลายน้ำของฟิล์มประกอบลดลง เมื่อความเข้มข้นของเพคตินเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะฟิล์มประกอบแป้งข้าวเจ้า-เพคตินความเข้มข้นร้อยละ 3 มีค่าการซึมผ่านไอน้ำ และการละลายน้ำของฟิล์มต่ำที่สุดเท่ากับ 59.20 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และร้อยละ 40.77 ตามลำดับ

คำสำคัญ: แป้งข้าวเจ้า เพคติน ฟิล์มประกอบ คุณสมบัติของฟิล์มโพลีเมอร์ธรรมชาติ

คำนำ

ผู้บริโภคมีความกังวลเพิ่มมากขึ้นเกี่ยวกับปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากวัสดุที่ไม่น่าสามารถย่อยสลายได้ง่าย หรือใช้เวลานานในการย่อยสลาย หรือเกิดมลพิษต่อสภาวะแวดล้อมเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายหรือกำจัด ในขณะที่ความต้องการอาหารที่มีคุณภาพเพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนามาจากวัสดุธรรมชาติ เช่น โพลีแซคคาไรด์ โปรตีน และ/หรือลิปิด แม้ว่าฟิล์มที่บริโภคได้ไม่มีจุดมุ่งหมายในการทดแทนบรรจุภัณฑ์สังเคราะห์ในท้องตลาดทั้งหมด แต่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้บรรจุภัณฑ์สังเคราะห์ พร้อมกับทำหน้าที่ในการควบคุมการเคลื่อนย้ายของความชื้น กลิ่นรส และน้ำมันระหว่างส่วนประกอบในอาหารกับบรรจุภัณฑ์ (Krochta และ Jonhston, 1997) การนำฟิล์มที่บริโภคได้มักขึ้นกับชนิดของวัสดุ ราคา ง่าย หน้าที่ สมบัติเชิงกล (ความแข็งแรง และความยืดหยุ่น) คุณภาพการมองเห็น (ใส และขุ่น) และการป้องกันการซึมผ่านไอน้ำ ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งลักษณะที่ผู้บริโภคยอมรับเหล่านั้นนอกเหนือเป็นผลมาจากชนิดของวัสดุตามธรรมชาติแล้ว ยังขึ้นกับสภาวะของการผลิตฟิล์ม เช่น ความเข้มข้นของวัสดุ ขึ้นตอนการผลิต อุณหภูมิ ชนิดและความเข้มข้นของวัสดุเจือปน ได้แก่ พลาสติไซเซอร์ สารป้องกันการจับตัวน้ำแข็ง สารป้องกันการออกซิเดชัน เป็นต้น (Debeaufort และคณะ, 1998; Guilbert และคณะ, 1996)

ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตฟิล์มที่บริโภคได้และฟิล์มที่ย่อยสลายได้เน้นการผลิตฟิล์มประกอบที่มีส่วนผสมระหว่างพอลิแซคคาไรด์ โปรตีน และลิปิด เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์ม (Garcia และคณะ, 2004) แป้งและเพคตินเป็นพอลิแซคคาไรด์ธรรมชาติ ที่สามารถนำมาผลิตฟิล์มที่บริโภคได้ โดยแป้งข้าวเจ้ามีโครงสร้างที่ประกอบด้วยอะมิโลส และอะมิโลเพคติน ที่

¹คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 83 หมู่ 8 ถนนเทียนทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพฯ 10150

¹School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 83 Mu 8 Tientalay Rd., Thakam, Bangkokuntein, Bangkok 10150

สามารถผลิตได้จากการปลูกข้าว เมื่อนำมาผลิตเป็นฟิล์มแล้วสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ส่วนเพคตินเป็นส่วนประกอบหลักของผนังเซลล์พืช พบมากในผลไม้วงศ์ส้ม ประกอบด้วยโครงสร้างโมเลกุลของ β -1,4 D-galacturonic acid และ α -1,4 D-galacturonic acid- α -1,2-rhamnose (Savary และ Nunez, 2004) ถูกนำมาใช้เป็นสารทำให้เกิดเจล และสารให้ความคงตัวในอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องสำอาง และเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค เช่น มีคลอเลสเตอรอลต่ำ ช่วยรักษาระดับน้ำตาล และลดการเกิดมะเร็ง (Jackson และคณะ, 2007) เพคตินยังถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์หลากหลาย เช่น ฟิล์มที่บริโภคและย่อยสลายได้ สารให้ความเหนียว กระดาษ โฟม และสารพลาสติกไซเซอร์ (Mohnen, 2008) งานทดลองนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มประกอบ biopolymer จากแป้งข้าวเจ้าและเพคตินที่ความเข้มข้นต่างๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมฟิล์มที่บริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ละลายในน้ำแล้วให้ความร้อน เต็มซอร์บิทอล (พลาสติกไซเซอร์) ความเข้มข้นร้อยละ 30 แล้วผสมเพคตินความเข้มข้นร้อยละ 0, 1, 2 และ 3 โดยน้ำหนัก (ละลายในน้ำและให้ความร้อน) นำสารละลายฟิล์มจากส่วนผสมของสารละลายแป้งผสมพลาสติกไซเซอร์ต่อสารละลายเพคตินอัตราส่วนเท่ากับ 1:1 จากนั้นขึ้นรูปฟิล์ม และนำแผ่นฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมเพคตินมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังนี้ 1) ความหนาของฟิล์ม โดยใช้ micrometer (Fisher Scientific, Pittsburgh, PA) 2) การต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength: TS) และการยืดตัว (elongation: E) โดยเครื่อง Instron Universal Testing Machine Model 1000 (ASTM standard D-882, 1964) 3) การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability: WVTR) โดยใช้ ASTM E96-80 (1990) และ 4) การละลายน้ำได้ของฟิล์ม (solubility of films)(Shin, 1996) และความชื้นของฟิล์ม (moisture content)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะปรากฏของไบโอพอลิเมอร์ฟิล์ม พบว่าฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ โปร่งแสง ผิวทั้งสองด้านต่างกัน ด้านหนึ่งเรียบและมันวาว อีกด้านหนึ่งขรุขระและไม่มันวาว ส่วนลักษณะของฟิล์มเพคตินทั้ง 3 ความเข้มข้น มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ โปร่งใส เรียบเนียน มีความมันวาว และยืดหยุ่นได้ดี ขณะที่ฟิล์มแป้งผสมข้าวเจ้า-เพคตินมีลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ทั้งสองด้านแตกต่างกัน ด้านหนึ่งเรียบและมันวาว อีกด้านหนึ่งเป็นปุ่มเล็กๆ และขรุขระ สำหรับความหนาของไบโอพอลิเมอร์ฟิล์มพบว่า ฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีความหนาประมาณ 100.00 ไมโครเมตร ส่วนความหนาของฟิล์มเพคตินประมาณ 42.00-54.00 ไมโครเมตร เมื่อนำสารละลายฟิล์มทั้งสองชนิดมาผสมกัน มีผลทำให้ฟิล์มผสมแป้งข้าวเจ้า-เพคตินมีความหนาของแผ่นฟิล์มลดลงเมื่อเทียบกับฟิล์มแป้งข้าวเจ้า (Table 1)

Table 1 Thickness and appearance of biopolymer films.

Biopolymer films	Thickness [μ m]	Appearance
Rice	100.00a	Clear, soft, flexible, different texture on each of the two side
1% pectin	42.00f	Clear, transparent, thin, smooth, flexible, glossy
2% pectin	53.33e	Clear, transparent, smooth, flexible, glossy
3% pectin	54.00e	
Rice + 1% pectin	86.33d	Clear, translucent, flexible, different texture on each of the two sides (smooth and rough)
Rice + 2% pectin	90.67c	
Rice + 3% pectin	95.67b	
F-test	**	
LSD	1.97	
C.V.(%)	1.75	

Remark: ** Significant at $p \leq 0.01$

a, b, c,... Data in each column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษากลสมบัติของฟิล์ม biopolymer พบว่าฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีการต้านทานแรงดึงขาดต่ำ แต่มีการยืดตัวสูง โดยมีค่าเท่ากับ 4.58 MPa และร้อยละ 45.40 ตามลำดับ ขณะที่ฟิล์มเพคตินทั้ง 3 ความเข้มข้นมีค่าการต้านทานแรงดึงเพิ่มสูงขึ้นตามความเข้มข้นของเพคตินที่เพิ่มสูง โดยมีค่าระหว่าง 10.25 – 38.56 MPa ส่วนการยืดตัวของฟิล์มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) จาก Table 2 แสดงสมบัติของฟิล์มประกอบแป้ง-เพคตินที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน พบว่าค่าการต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวของฟิล์มไม่แตกต่างกัน แต่ค่าการละลายเพคตินมีอิทธิพลต่อสมบัติทางเชิงกลของฟิล์มแป้งข้าวเจ้า เห็นได้จากการเพิ่มขึ้นของค่าการต้านทานแรงดึงขาดที่เพิ่มขึ้น 5.9 เท่าของฟิล์มแป้ง และการลดลงของค่าการยืดตัวของฟิล์มเพคตินลดลง 2-5 เท่าของฟิล์มแป้ง เนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลแป้งและเพคติน ในฟิล์มประกอบแป้ง-เพคติน โดยเฉพาะการรวมตัวระหว่างโมเลกุลอะมิโลสของแป้งกับเพคติน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นง่ายกว่าสายโซ่แบบกิ่งของอะมิโลเพคติน (Mathew และ Abraham, 2008) สอดคล้องกับความต้านทานแรงดึงขาดที่เพิ่มขึ้น และการยืดตัวลดลงของฟิล์มแป้งข้าวเจ้าผสมโคโคแซน (Bourtoom และ Chinnan, 2008) เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มแป้งข้าวเจ้า

สำหรับการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มพบว่า ฟิล์มแป้งข้าวเจ้ามีค่าการซึมผ่านไอน้ำสูงที่สุด (170.57 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน) เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มเพคติน และฟิล์มประกอบแป้ง-เพคติน (Table 2) ซึ่งฟิล์มเพคตินมีค่าการซึมผ่านไอน้ำลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพคตินเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับฟิล์มประกอบจากแป้งข้าวเจ้าและเพคติน ที่มีค่าการซึมผ่านไอน้ำลดลงจาก 92.60 เป็น 63.10 และ 59.20 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน เมื่อความเข้มข้นของเพคตินเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ทางด้านการละลายของฟิล์มพบว่าฟิล์มประกอบทั้ง 3 แบบ มีค่าการละลายน้ำของฟิล์มลดลงเมื่อเทียบกับฟิล์มแป้งและฟิล์มเพคติน โดยมีค่าการละลายน้ำของฟิล์ม ร้อยละ 40.77-58.50 (Table 2) ซึ่งค่าการละลายน้ำนี้ใกล้เคียงกับงานวิจัยเกี่ยวกับฟิล์มประกอบระหว่างพอลิแซ็กคาไรด์กับโปรตีน หรือพอลิแซ็กคาไรด์กับพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น แป้ง อัลจิเนต เพคติน โปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนเวย์ (Fabra และคณะ, 2008; Lafargue และคณะ, 2007; Coughlan และคณะ, 2004; Parris และคณะ, 1995) รวมทั้งงานวิจัยโดย Lafargue และคณะ (2007) ที่ศึกษาฟิล์มผสมจากแป้งและคาร์ราจีแนน และรายงานค่าการซึมผ่านต่ำกว่าฟิล์มควบคุม เนื่องจากอิทธิพลของพันธะไฮโดรเจนภายในโมเลกุลระหว่างโมเลกุลพอลิเมอร์ของแป้งและ K-คาร์ราจีแนน ทำให้ช่องว่างระหว่างโมเลกุลขนาดใหญ่ลดลง ซึ่งเป็นตัวการสำคัญต่อการลดลงของการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม ขณะที่ความชื้นของฟิล์มประกอบแป้ง-เพคตินมีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับร้อยละ 10.20-11.93 อย่างไรก็ตามค่าความชื้นของฟิล์มประกอบแป้ง-เพคตินต่ำกว่าฟิล์มเพคตินทั้ง 3 ความเข้มข้น

Table 2 Mechanical properties, water vapor transmission rate, solubility and moisture contents of biopolymer films.

Biopolymer films	Mechanical properties		Water vapor transmission rate [g/m ² day]	Solubility [%]	Moisture contents [%]
	Tensile strength [MPa]	Elongation [%]			
Rice	4.58e	45.40a	170.57a	93.53b	10.67de
1% pectin	10.25d	13.73c	129.10b	83.53d	14.23a
2% pectin	29.78b	12.60c	127.97bc	86.73c	12.93b
3% pectin	38.56a	12.20c	125.20c	98.80a	13.20b
Rice + 1% pectin	26.93c	25.03b	92.60d	58.50e	11.93c
Rice + 2% pectin	27.03c	23.50b	63.10e	53.87f	10.20e
Rice + 3% pectin	26.63c	24.53b	59.20f	40.77g	10.80d
F-test	**	**	**	**	**
LSD	2.10	2.53	3.57	2.17	0.51
C.V.(%)	5.93	6.01	2.15	1.95	2.81

Remark: ** Significant at $p \leq 0.01$

a, b, c,... Data in each column with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

สรุปผล

การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มประกอบระหว่างแป้งข้าวเจ้าและเพคติน พบว่าฟิล์มประกอบแป้ง-เพคตินมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มที่ทั้งสองด้านแตกต่างกัน ด้านหนึ่งเรียบ และมันวาว อีกด้านหนึ่งเป็นปุ่มเล็กๆ และขรุขระ ความหนาของแผ่นฟิล์มเท่ากับ 86.33-95.67 ไมโครเมตร ส่วนคุณสมบัติทางเชิงกล (การต้านแรงดึงขาด และการยืดตัว) ของฟิล์มแป้ง-เพคตินทั้งสามชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ฟิล์มประกอบแป้งข้าวเจ้า-เพคตินความเข้มข้นร้อยละ 3 มีค่าการซึมผ่านไอน้ำ และการละลายน้ำของฟิล์มต่ำที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- American Standard for Testing and Materials, 1964, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, ASTM D 1434-82, Annual Book of ATSM Standard, Philadelphia.
- American Standard for Testing and Materials, 1990, Standard Test Method for Water Vapor Transmission, ASTM E 96-80, Annual Book of ATSM Standard, Philadelphia.
- Bourtoom, T. and Chinnan, M.S., 2008, Preparation and Properties of Rice Starch-Chitosan Blend Biodegradable Film, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 41: 1633-1641.
- Coughlan, K., Shaw, N.B., Kerry, J.F. and Kerry, J.P., 2004, Combined Effects of Proteins and Polysaccharides on Physical Properties of Whey Protein Concentrate-Based Edible Films, *Journal of Food Science*, 69(6): 271-275.
- Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J.A. and Voilley, A., 1998, Edible Films and Coatings: Tomorrow packaging: A Review, *Critical Reviews in Food Science*, 38(4): 299-313.
- Fabra, M.J., Talens, P. and Chiralt, A., 2008, Effect of Alginate and λ -Carrageenan on Tensile Properties and Water Vapour Permeability of Sodium Caseinate-Lipid Based Films, *Carbohydrate Polymers*, 70: 419-426.
- Guilbert, S., Gontard, N. and Gorris, L.G.M., 1996, Prolongation of Shelf-Life of Perishable Food Products Using Biodegradable Films and Coatings, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 29: 10-17.
- Garcia, M.A., Pinotti, A., Martino, M.N. and Zaritzky, N.E., 2004, Characterization of Composite Hydrocolloid Films, *Carbohydrate Polymers*, 56: 339-345.
- Jackson, C.L., Dreaden, T.M., Theobald, L.K., Tran, N.M., Beal, T.L., Eid, M., Gao, M.Y., Shirley, R.B., Stoffel, M.T., Kumar, M.V. and Mohnen, D., 2007, Pectin Induces Apoptosis in Human Prostate Cancer Cells: Correlation of Apoptotic Function with Pectin Structure, *Glycobiology*, 17: 805-819.
- Krochta, J.M. and Johnston, C.D., 1997, Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and opportunities, *Food Technology*, 51(2): 60-74.
- Lafargue, D., Lourdin, D. and Doublier, J.L., 2007, Film-Forming Properties of a Modified Starch/ κ -Carrageenan Mixture in Relation to Its Rheological Behaviour, *Carbohydrate Polymers*, 70: 101-111.
- Mathew, S. and Abraham, T.E., 2008, Characterisation of Ferulic Acid Incorporated Starch-Chitosan Blend Films, *Food Hydrocolloids*, 22: 826-835.
- Mohnen, D., 2008, Pectin Structure and Biosynthesis, *Current Opinion in Plant Biology*, 11: 266-277.
- Parris, N., Coffin, D.R., Joubran, R.F. and Pessen, H., 1995, Composition Factors Affecting the Water Vapor Permeability and Tensile Properties of Hydrophilic Films, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43: 1432-1435.
- Savary, B.J. and Nunez, A., 2004, Gas Chromatography-Mass Spectrometry Method for Determining the Methanol and Acetic Acid Contents of Pectin Using Headspace Solid-Phase Microextraction and Stable Isotope Dilution, *Journal of Chromatography A*, 1017: 151-159.
- Shin, F.F., 1996, Edible Film from Rice Protein Concentrate and Pullulan, *Cereal Chemistry*, 73: 406-409.