

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและชีวเคมีของฟิล์มไคโตซานผสมกรดแกลลิก สำหรับบรรจุภัณฑ์ผลิตผลสด
Physical and Biochemical Properties of Chitosan Film Combined with Gallic Acid
for Fresh Produce Packaging

พริมา พิริยางกูร¹ ชลิตา แสงทอง¹ และ จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล²
Phiriyangkul, P.¹, Sangthong, C.¹ and Poubol, J.²

Abstract

This study aimed to develop the edible film for fresh produce. A 1% chitosan was incorporated with 1% glycerol and 0, 0.5, 1 and 1.5% (w/v) gallic acid. They were dried at 50°C for 72 hours. Physical and biochemical properties of chitosan film mixed with gallic acid were determined. The study showed that the values of thickness, water vapor permeability, water solubility, phenolic contents and antioxidant increased while that of transparency and moisture content were decreased as the concentrations of gallic acid increased. The values of tensile strength (TS) and elongation at break (EB) were in the range of 5.823-8.057 MPa and 0.192-0.436%, respectively. This film could be used for fresh produce packaging.

Keywords: chitosan film, gallic acid, physical properties, antioxidant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฟิล์มที่บริโภคได้สำหรับผลิตผลสด โดยผสมไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1 ร่วมกับกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 1 และกรดแกลลิกความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1 และ 1.5 (w/v) ตามลำดับ โดยอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นศึกษาสมบัติทางกายภาพและชีวเคมีของแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมกรดแกลลิก จากการศึกษาพบว่าแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้มีค่าความหนา ค่าการซึมผ่านของไอน้ำ ค่าการละลายน้ำ ปริมาณสารฟีนอล และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดแกลลิกที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่แผ่นฟิล์มมีค่าความโปร่งใส และค่าความชื้นลดลงตามความเข้มข้นของกรดแกลลิกที่เพิ่มขึ้น โดยฟิล์มมีค่าความต้านทานแรงดึงอยู่ในช่วง 5.823-8.057 เมกะปาสคาล และมีค่าความยืดหยุ่นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.192-0.436 ซึ่งฟิล์มที่ผลิตได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับบรรจุภัณฑ์ของผลิตผลสด

คำสำคัญ: ฟิล์มไคโตซาน กรดแกลลิก คุณสมบัติทางกายภาพ สารต้านอนุมูลอิสระ

คำนำ

กรดแกลลิกเป็นสารทุติยภูมิ จัดเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบได้ในธรรมชาติ เช่น บลูเบอร์รี่ แอปเปิ้ล องุ่น และชา ซึ่งสามารถดูดซับออกซิเจน เป็นพลาสติกไฮเซอร์เมื่อรวมตัวกับไบโอพอลิเมอร์ มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (Limpisophon และ Schleinig, 2017; Zarandona และคณะ, 2020) ด้านจุลชีพ (Zarandona และคณะ, 2020) เช่น *Escherichia coli* และ *Salmonella* sp. (Poubol และ Phiriyangkul, 2019) สารประกอบฟีนอลิกมีผลต่อคุณสมบัติทางกลของฟิล์มไคโตซาน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของพันธะไฮโดรเจน แรงดึงดูดทางไฟฟ้า (electrostatic) พันธะแบบไม่มีขั้ว (hydrophobic forces) และ/หรือปฏิกิริยาทางเคมี (Wang และคณะ, 2019) ไคโตซานนิยมนำมาใช้เป็นแอคทีฟฟิล์ม (active film) เนื่องจากเป็นสารชีวภาพที่ย่อยสลายได้ (biodegradable) สร้างใหม่ทดแทนได้ (renewable) (Muxika และคณะ, 2017) มีสมบัติต้านจุลชีพ และต้านอนุมูลอิสระ (Wrona และคณะ, 2015) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา ศึกษาสมบัติ

¹ สาขาวิชาชีวเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Division of Biochemistry, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kam Phaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

² สาขาวิชาจุลชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kam Phaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

ทางกายภาพ และชีวเคมีของแผ่นฟิล์มไคโตซานผสมกรดแกลลิกสำหรับบรรจุภัณฑ์ผลิตผลสด

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมฟลุ่มไคโตซาน-กรดแกลลิก

ละลายไคโตซาน (low molecular weight, Sigma-Aldrich) ความเข้มข้นร้อยละ 1 ลงในสารละลายกรดแอสซิติค ความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แลวเติมกลีเซอรอลความเข้มข้นร้อยละ 1 จากนั้นนำสารละลายไคโตซานที่ผสมกับกรดแกลลิกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 (ชุดควบคุม), 0.5, 1.0 และ 1.5 แลวเทสารละลายไคโตซาน-กรดแกลลิก ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไปอบในตูอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เก็บในโถดูดความชื้นนาน 24 ชั่วโมง

2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และชีวเคมีของฟิล์มไคโตซานผสมกรดแกลลิก

วิเคราะห์ความหนา การซึมผ่านไอน้ำ การละลายน้ำ ความโปร่งแสง ความชื้น ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength: TS) และค่าความยืดหยุ่น (elongation at break: EB) ของฟิล์มไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1 ผสมกรดแกลลิก วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลโดยวิธี Folin-Ciocalteu (Singleton และคณะ, 1999) แล้วเทียบกับกราฟมาตรฐานแกลลิกแอสซิติค และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ferric reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie และ Strain, 1996) แล้วเทียบกับกราฟมาตรฐานของวิตามินซี วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ โดยใช้โปรแกรม SPSS 16.0 ที่ระดับความเชื่อมั่น $p \leq 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์มไคโตซานผสมกรดแกลลิก

จากการทดลอง พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของกรดแกลลิกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความหนา การซึมผ่านของไอน้ำ และการละลายน้ำของแผ่นฟิล์มไคโตซานร้อยละ 1 มีค่ามากขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยจะมีความหนา 0.224-0.390 มิลลิเมตร ค่าการซึมผ่านไอน้ำ 0.099-0.286 กรัมต่อตารางเมตร. วินาที. ปาสคาล และมีค่าการละลายน้ำ 0.780-2.308 (Figure 1A, 1B) อาจเนื่องจากปริมาณกรดแกลลิกที่เพิ่มขึ้น ทำให้โมเลกุลระหว่างไคโตซานกับกรดแกลลิกจับกันเป็นผลึก ขัดขวางการวางตัวขนานกัน การจัดเรียงตัวของโมเลกุลไม่เป็นระเบียบและมีช่องว่างระหว่างโมเลกุลมากขึ้น ทำให้โมเลกุลน้ำเคลื่อนที่ผ่านโครงสร้างของฟิล์มได้ง่าย ส่งผลให้ความหนาและความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้น โครงสร้างของกรดแกลลิกซึ่งหมู่ $-COOH$ และ $-OH$ ซึ่งเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำ ทำให้ฟิล์มมีการละลายน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกรดแกลลิกเพิ่มขึ้น (Sun และคณะ, 2014) ความโปร่งใสและความชื้นของแผ่นฟิล์มมีค่าลดลง โดยมีค่าร้อยละ 15.397-24.157 และ 1.147-2.527 ตามลำดับ เมื่อเพิ่มปริมาณกรดแกลลิก (Figure 1B, 1C) เนื่องจากฟิล์มมีความหนามากขึ้น ทำให้ความสามารถในการส่องผ่านของแสงลดลงความโปร่งใสลดลง ผลการทดสอบสมบัติการทนแรงดึง และความยืดหยุ่น ของแผ่นฟิล์มไคโตซานมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุด เท่ากับ 8.057 เมกะปาสคาล และมีค่าความยืดหยุ่นสูงสุดของแผ่นฟิล์มร้อยละ 0.436 ($p \leq 0.05$) (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับผลของ Sun และคณะ (2014) ที่พบว่าเมื่อผสมกรดแกลลิกปริมาณน้อยในฟิล์มไคโตซาน ทำให้สมบัติการทนแรงดึงจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าปริมาณกรดแกลลิกมากจะลดสมบัติการทนแรงดึงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ $-NH_3^+$ ของสายไคโตซานและหมู่ $-OH$ ของกรดแกลลิก โดยมีผลช่วยให้การเกิด crosslink ดีขึ้น ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของโมเลกุลและพื้นที่ว่างในเมทริกซ์ของฟิล์มลดลง (Rezaee และคณะ, 2018)

2. การศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมีของฟิล์มไคโตซานผสมกรดแกลลิก

จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณกรดแกลลิกในฟิล์มไคโตซาน ปริมาณฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) (Table 1) เนื่องจากกรดแกลลิกเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Zarandona และคณะ (2020)

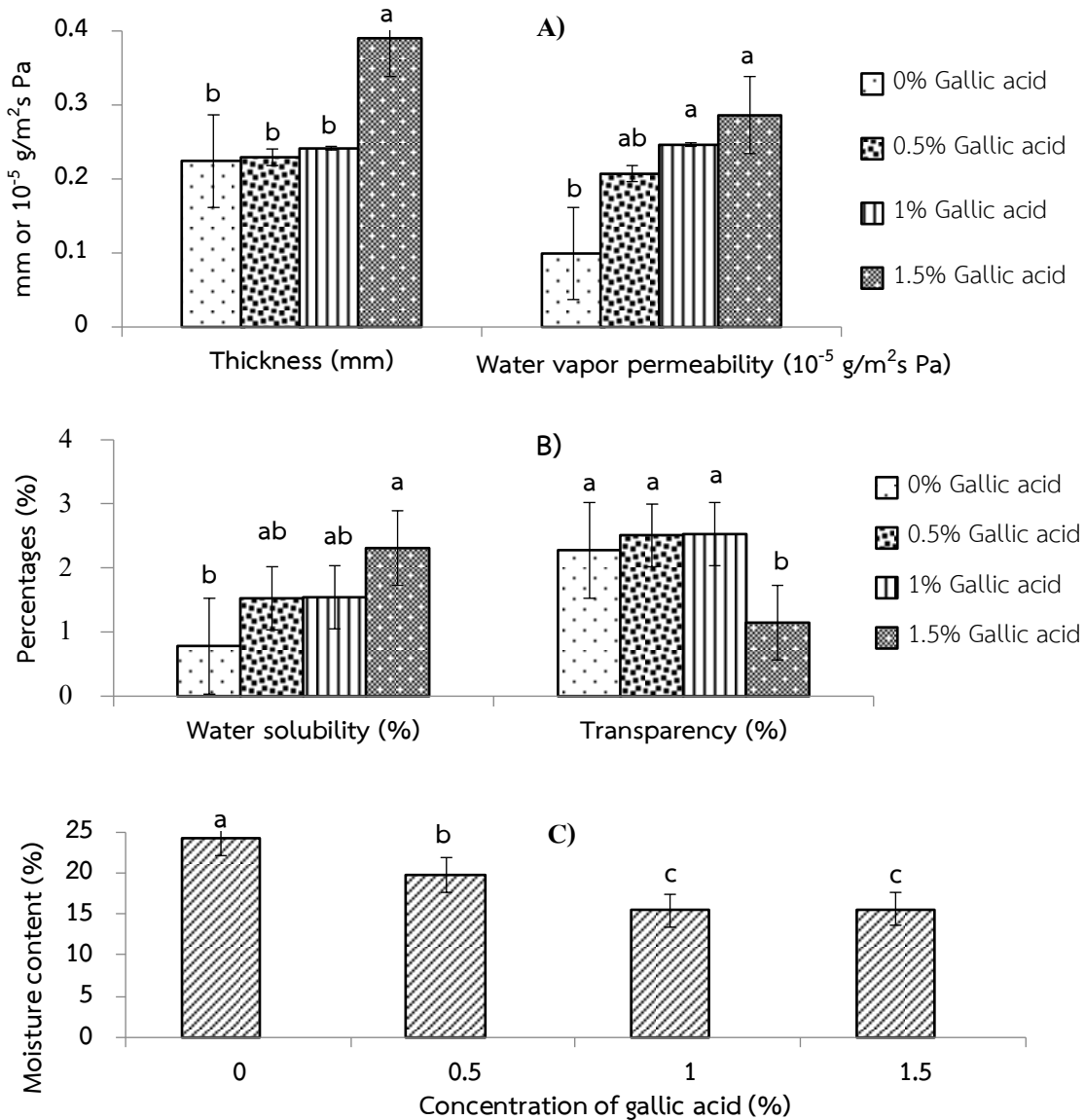


Figure 1 Physical properties of the chitosan (1%) films combined with glycerol (1%) and gallic acid (0, 0.5, 1 and 1.5%); (A) thickness and water vapor permeability, (B) water solubility and transparency and (C) moisture content.

สรุปผล

จากการศึกษาฟิล์มโคไตซานผสมกรดแกลลิกพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณกรดแกลลิก ความหนา การซึมผ่านของไอน้ำ การละลายน้ำ ปริมาณฟีนอลิกและสารต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความโปร่งใสและความชื้นลดลง สมบัติการทนแรงดึงและความยืดหยุ่นจะเพิ่มขึ้นเมื่อเมื่อผสมกรดแกลลิกปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่หากปริมาณกรดแกลลิกมากเกินไปจะทำให้ค่าการทนแรงดึงและความยืดหยุ่นลดลง ทั้งนี้ฟิล์มโคไตซานผสมกรดแกลลิกที่พัฒนาขึ้น มีสมบัติทางกายภาพและชีวเคมีที่น่าสนใจต่อการนำไปประยุกต์ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับผลสดต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหลักสูตรวิทยาศาสตรชีวภาพ สาขาวิชาชีวเคมี โครงการจัดตั้งภาควิชาจุลชีววิทยา กองทุนพัฒนานิสิต คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

Table 1 Tensile strength (TS), elongation at break (EB), total phenolic (TPC) and antioxidant content of the chitosan (1%) films combined with glycerol (1%) and gallic acid (0, 0.5, 1 and 1.5%)

Gallic acid (%)	Chitosan (1%) films with glycerol (1%)			
	TS (MPa)	EB (%)	TPC (mg GAE/ml)	Antioxidant (mg Vitamin C/ml)
0	ND	ND	0.001±0.001 ^d	0.005±0.001 ^c
0.5	8.057±0.420 ^a	0.192±0.019 ^c	0.018±0.003 ^c	1.921±0.292 ^b
1	7.819±0.419 ^a	0.436±0.009 ^a	0.152±0.003 ^b	2.220±0.155 ^b
1.5	5.823±1.031 ^b	0.304±0.035 ^b	0.186±0.010 ^a	4.912±0.189 ^a

Values are expressed as mean ± SD (n=3). Different upper-case letters in the same column indicate significantly different ($p < 0.05$). ND: Not determined.

เอกสารอ้างอิง

- ศุภศิลา มณีรัตน์ และธรรมบุญ โปรตปราน, 2553, การพัฒนาฟิล์มและสารเคลือบจากเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ของ *Weissella confusa* NH02 ที่ผสมสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เพื่อยืดอายุการเก็บเนื้อหมูแช่เย็น, รายงานวิจัย คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 142 หน้า
- Benzie, I.F.F. and Stain, J.J., 1996, The Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as measure of antioxidant power: The FRAP Assay, *Analytical Biochemistry*, 239: 70–76.
- Poubol, J. and Phiriyangkul, P., 2019, Inhibition of *Escherichia coli* and *Salmonella* sp. using Chitosan-Gallic Acid Films, *Agricultural Science Journal*, 50(3)(Suppl.): 264-267.
- Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R.M., 1999, Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates by Means of Folin-Ciocalteu Reagent, *Methods in Enzymology*, 299: 152–178.
- Limpisophon, K. and Schleining, G., 2017, Use of Gallic Acid to Enhance the Antioxidant and Mechanical Properties of Active Fish Gelatin Film, *Journal of Food Science*, 82: 80–89.
- Mehdizadeh, T., H. Tajik, S. M. R. Rohani and A. R. Oromiehie, 2012, Antibacterial, Antioxidant and Optical Properties of Edible Starch-Chitosan Composite Film Containing *Thymus kotschyanus* Essential Oil, *Veterinary Research Forum*, 3(3): 167-173.
- Muxika, A., Etxabide, A., Uranga, J., Guerrero, P., de la Caba, K., 2017, Chitosan as a Bioactive Polymer: Processing, Properties and Applications, *International Journal of Biological Macromolecules*, 105:1358-1368
- Rezaee, M., Askari, G., Emam Djomeh, Z., Salami, M., 2018, Effect of Organic Additives on Physicochemical Properties and Antioxidant Release from Chitosan-Gelatin Composite Films to Fatty Food Simulant, *International Journal of Biological Macromolecules*, 114(15): 844-850.
- Sun, X., Wang, Z., Kadouh, H., Zhou, K., 2014, The Antimicrobial, Mechanical, Physical and Structural Properties of Chitosan-Gallic Acid Films, *LWT - Food Science and Technology*, 57(1): 83-89.
- Wang, H., Yong, H., Gao, L., Li, L., Jin, M., Liu, J., 2019, Preparation and Characterization of Antioxidant and pH-Sensitive Films Based on Chitosan and Black Soybean Seed Coat Extract, *Food Hydrocolloids*, 89: 56-66.
- Wrona, M., Bentayeb, K., and C. Nerin, 2015, A Novel Active Packaging for Extending the Shelf-Life of Fresh Mushrooms (*Agaricus bisporus*), *Food Control*, 54: 200-207.