

อิทธิพลของพลาสติกไซเซอร์ต่อการต้านแรงดึง การซึมผ่านของน้ำมัน
และความสามารถในการละลายของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว

**Effects of Plasticizers on Tensile Strength, Oil Resistance
and Solubility of Mung Bean Protein Films**

¹รัตนา จินดาพรรณ และ ¹วิไลลักษณ์ ไฝเพชร

Ratana Chindapan and Wilailuk Faiphet

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลของพลาสติกไซเซอร์ต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว โดยใช้พลาสติกไซเซอร์ 3 ชนิด คือ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล และ โพลีเอทิลีนไกลคอล และแปรอัตราส่วนปริมาณโปรตีนถั่วเขียวต่อปริมาณพลาสติกไซเซอร์ เป็น 3 ระดับ คือ 70:30, 60:40 และ 50:50 พบว่าฟิล์มที่ผลิตโดยใช้โพลีเอทิลีนไกลคอลไม่สามารถขึ้นรูปได้ทุกอัตราส่วน ฟิล์มมีลักษณะเปราะแตกเป็นชิ้นเล็กๆ ขณะที่ฟิล์มซึ่งผลิตโดยใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอล สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ทุกอัตราส่วน เมื่อนำไปวัดความหนา การต้านแรงดึง การซึมผ่านของน้ำมัน และความสามารถในการละลาย พบว่าฟิล์มมีความหนาไม่แตกต่างกัน ค่าการต้านแรงดึงลดลงเมื่อปริมาณพลาสติกไซเซอร์เพิ่มขึ้น สามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำมันได้มากกว่า 90 วัน ยกเว้นฟิล์มที่ผลิตด้วยอัตราส่วนผสมของโปรตีนถั่วเขียวต่อซอร์บิทอลที่ระดับ 50:50 สำหรับความสามารถในการละลายน้ำนั้น เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ พลาสติกไซเซอร์

คำสำคัญ: ฟิล์ม โปรตีนถั่วเขียว พลาสติกไซเซอร์ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล โพลีเอทิลีนไกลคอล

ABSTRACT

The aim of this research was to study the effects of plasticizers on physical properties of mung bean protein film. The mung bean protein films were produced from three different plasticizers namely glycerol, sorbitol and polyethylene glycol with varying ratios of mung bean protein to each plasticizer as 70:30, 60:40 and 50:50. All polyethylene glycol plasticized mung bean protein films could not be formed due to their brittleness, while glycerol and sorbitol plasticized films were formed well regardless of the mung bean protein to plasticizer ratio. Then, thickness, tensile strength, oil resistance and solubility of glycerol and sorbitol plasticized films were determined. The result showed that the thickness of all films was not different. The result showed that increasing plasticizer contents were associated with a decreasing tensile strength. Oil resistance of all films was longer than 90 days except 50:50 of sorbitol plasticized mung bean protein films. Water solubility of plasticized films was higher when increasing plasticizer contents.

Keywords: film, mung bean protein, plasticizer, glycerol, sorbitol, polyethylene glycol

บทนำ

ฟิล์มที่รับประทานได้ (edible film) หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่รับประทานได้ นำมาใช้กับอาหารด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การห่อหุ้มอาหาร (enrobing) การจุ่ม (dipping) การแปรง (brushing) เพื่อป้องกันไม่ให้แก๊ส ไอระเหยผ่านเข้าออกได้ (มณฑาทิพย์, 2535) ประเภทของสารที่รับประทานได้และนิยมนำมาผลิตเป็นฟิล์มบริโภคได้ชนิดหนึ่ง ได้แก่ โปรตีนทั้งจากพืชและสัตว์ เช่น เจลาติน โปรตีนไข่ขาว เคซีน เวย์โปรตีน โปรตีนถั่วเหลือง เป็นต้น เนื่องจากโครงสร้างทุติยภูมิ ตติยภูมิและจตุรภูมิของโปรตีนสามารถถูกตัดแปลงด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น ความร้อน แรงกล ความดัน รังสี หรืออาจถูกตัดแปรด้วยสารเคมีบางชนิด เช่น กรด ต่าง และ อีออนของโลหะ เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปร่างของโปรตีน (protein configuration) และปฏิสัมพันธ์ของโปรตีน (protein interaction) ที่เหมาะสมสำหรับการเกิดฟิล์ม (Krochta,2002)

โดยปกติฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนจะมีความแข็งหรือเปราะ ขึ้นกับปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างสายโปรตีน เนื่องจาก hydrogen bonding, electrostatic forces, hydrophobic bonding และ disulfide cross-linking ดังนั้นในกระบวนการผลิตจึงนิยมเติมสารเชื่อมจำพวก hydrophilic plasticizer ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆ เพราะสามารถเกิด hydrogen bonding และ electrostatic interactions กับสายของโปรตีนได้อย่างสมบูรณ์ โดยพลาสติกไซเซออร์จะทำหน้าที่ลดปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายโปรตีน พลาสติกไซเซออร์ที่นำมาใช้กับฟิล์มบริโภคได้มีหลายประเภท ได้แก่ โมโนแซคคาไรด์ ไดแซคคาไรด์ และโพลิแซคคาไรด์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตสและน้ำผึ้ง ไขมัน และอนุพันธ์ของไขมัน ได้แก่ กรดไขมัน น้ำตาล แอลกอฮอล์ ได้แก่ ซอร์บิทอล (sorbitol) กลีเซอรอล (glycerol) และโพลีเอททิลีนไกลคอล (polyethylene glycol) (Krochta,2002)

พอลิแอล (polyol) หรือ พอลิไฮดริค แอลกอฮอล์ เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลซึ่งหมู่คีโตนหรือ

แอลดีไฮด์ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล พอลิแอลบางชนิดพบในผลไม้โดยเฉพาะพวกที่มีคาร์บอน 6 อะตอม เช่น ซอร์บิทอลหรือสามารถผลิตจากปฏิกิริยาเติมไฮโดรเจนให้กับน้ำตาล (hydrogenation) พอลิแอลมีคุณสมบัติคงทนต่อสารเคมีและความร้อนได้ดีจึงไม่สลายตัวได้ง่าย ดูดซับและเก็บความชื้นได้ดี ละลายน้ำได้ดี มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาล มีแคลอรีเพียง 2.4 กิโลแคลอรีต่อกรัม (Le Bot และ Gouy, 1995) การนำพอลิแอลมาใช้เป็นพลาสติกไซเซออร์ในฟิล์มบริโภคได้มีหลายชนิด ได้แก่ กลีเซอรอลหรือกลีเซอริน (glycerine) เป็นพอลิแอลที่มีคาร์บอน 3 อะตอม มีสูตรโครงสร้าง $C_3H_8O_3$ มีน้ำหนักโมเลกุล 92 เป็นผลพลอยได้ในการผลิตสบู่และกรดไขมัน มีคุณสมบัติเป็นของเหลวที่มีความหนืด รสหวาน 0.6 เท่าของน้ำตาลผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำและแอลกอฮอล์ได้ดีมาก เป็นสารละลายน้ำมันได้ดีพอสมควร ดูดความชื้นจากอากาศได้ ปานกลาง (Windholz, 1976) มีความดันไอน้ำต่ำและไม่ระเหยที่อุณหภูมิปกติ (วิภา, 2546) ฟิล์มบริโภคได้หลายชนิดใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ (Park และคณะ,1993; McHugh และ Krochta,1994; Mark และคณะ,1996; Siew และคณะ,1999) ส่วนซอร์บิทอลเป็นพอลิแอลที่มีคาร์บอน 6 อะตอม น้ำหนักโมเลกุล 182 โครงสร้างโมเลกุล ซอร์บิทอลพบในผักหรือผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิล แพร์ และเชอร์รี่ เป็นต้น ในทางการค้าจะผลิต ดี-ซอร์บิทอล จากการเร่งปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนของ ดี-กลูโคส โดยการย่อยสตาร์ชที่มีความบริสุทธิ์สูงด้วยเอนไซม์จะได้ซอร์บิทอลเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งอยู่ในรูปของ แกรมมา-ซอร์บิทอลซึ่งคงตัว มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาลครึ่งหนึ่ง ละลายน้ำได้ดี สารละลายที่ได้มีความหนืดต่ำ ละลายได้น้อยในน้ำมัน เมื่อใช้ความเข้มข้นร้อยละ 3-60 สามารถรักษาความชื้นและคงลักษณะความยืดหยุ่นไว้ได้ (Le Bot และ Guly,1995) McHugh และ Krochta (1994) ศึกษาการเตรียมฟิล์มจากเวย์โปรตีน (whey protein) โดยใช้ซอร์บิทอลและ กลีเซอรอลเป็น พลาสติกไซเซออร์ พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของทั้งกลีเซอรอลและซอร์บิทอลส่งผลให้

ฟิล์มมีค่าการต้านแรงดึงลดลงและการยืดเพิ่มขึ้น อีกทั้งพบว่าซอร์บิทอลมีประสิทธิภาพดีกว่ากลีเซอรอล เพราะฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลเป็น พลาสติกไซเซออร์มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำกว่าฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอลเป็น พลาสติกไซเซออร์ ส่วนพอลิเอทิลีนไกลคอลมีสูตรทั่วไป $H(OCH_2CH_2)_nOH$ โดยที่ n มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 4 พอลิเอทิลีนไกลคอลมีลักษณะเป็นผลึกสีขาวหรืออยู่ในรูปของเหลวใสมีความข้นหนืด ละลายน้ำได้ดี ให้สารละลายใส เสื่อมเสียยาก เนื่องจากเชื้อราไม่สามารถเจริญได้ ความเป็นพิษต่ำ เช่น พอลิเอทิลีนไกลคอล 400 มีค่า n อยู่ระหว่าง 8.2-9.1 น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย 380-420 อยู่ในรูปของเหลวข้นหนืด มีกลิ่นเล็กน้อย จุดความชื้นได้ง่ายพอสมควร (Windholz และคณะ, 1976) มี รายงานการศึกษาการใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลเป็น พลาสติกไซเซออร์ในฟิล์มบริโภคได้ เช่นเดียวกับพอลิออล ซินดีอื่น ๆ (Park และคณะ, 1993; Siew และคณะ, 1999)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของ ชนิดและปริมาณพลาสติกไซเซออร์ต่อสมบัติทางกายภาพของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว ได้แก่ การต้านแรงดึง (tensile strength) การต้านทานการซึมผ่านของน้ำมัน (grease resistance) และการละลาย (solubility)

วิธีการทดลอง

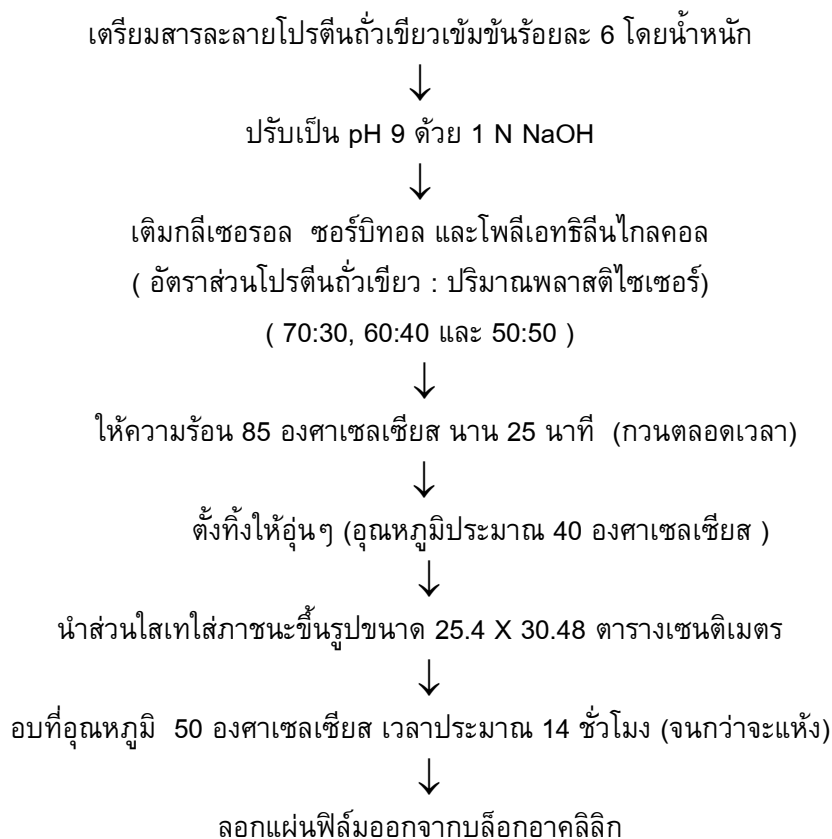
1. ศึกษาขั้นตอนและวิธีการสกัดโปรตีน ดัดแปลงตามวิธีของ Thompson (1977)

นำถั่วเขียวซีกที่กะเทาะเปลือกออกแล้วมาทำความสะอาด บดให้ละเอียดด้วยเครื่องโม่หิน (stone mill) นำส่วนที่ผ่านการโม่อย่างละเอียดแล้วไปสกัดโปรตีนถั่วเขียว โดยละลายแป้งถั่วเขียวในน้ำกลั่น ด้วยอัตราส่วนแป้งถั่วเขียวต่อน้ำกลั่น 1:15 (W/V) ปรับ pH ด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้น 1 N ให้มีค่า pH เท่ากับ 9 กวนนาน 20 นาที บั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 9,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 4 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศา

เซลเซียส นำส่วนใสมาปรับ pH เป็น 4.2-4.5 ด้วยสารละลาย HCl เข้มข้น 1 N จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 9,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 4 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เก็บส่วนตะกอนมาล้างด้วยน้ำกลั่นด้วยอัตราส่วนตะกอนโปรตีนต่อน้ำกลั่น 1:15 (W/V) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธี AOAC (1995)

2. ศึกษาการเตรียมฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียว

เตรียมสารละลายโปรตีนถั่วเขียวเข้มข้นร้อยละ 6.0 โดยน้ำหนัก ปรับ pH 9 ด้วยสารละลาย 1 N NaOH เติมกลีเซอรอล ซอร์บิทอล โพลีเอทิลีนไกลคอล แปรอัตราส่วนของปริมาณโปรตีนถั่วเขียวต่อปริมาณ พลาสติกไซเซออร์ 70:30, 60:40 และ 50:50 โดยน้ำหนัก พร้อมทั้งกวนผสมให้เข้ากันประมาณ 5 นาที ให้ความร้อนจนสารละลายผสมมีอุณหภูมิถึง 85 องศาเซลเซียส (กวนตลอดเวลา) เป็นเวลา 25 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำสารละลายที่ได้มา 27 มิลลิลิตร เทใส่บล็อกอากิลิกขนาด 25.4 X 30.48 ตารางเซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 14 ชั่วโมง จนแห้งสนิท จากนั้นลอกแผ่นฟิล์มที่ได้จากบล็อกอากิลิกและบันทึกลักษณะปรากฏ (appearance)



ภาพที่ 1 แสดงการเตรียมฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว

3. ศึกษาสมบัติทางกายภาพ

(1) ความหนา (thickness) ตัวอย่างฟิล์มขนาด 12 X 12 ตารางเซนติเมตร วัดความหนาโดยใช้ไมโครมิเตอร์ (SMIEC, ประเทศจีน) ที่ตำแหน่งต่างกัน 5 ตำแหน่ง หาค่าเฉลี่ย

(2) การวัดความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์ม (film solubility) จัดแปลงตามวิธีการของ Perez-Gago และคณะ (1999) โดยตัดฟิล์มให้มีขนาด 1.5 X 1.5 ตารางเซนติเมตร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 24 ชั่วโมง เก็บในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) จุ่มชิ้นฟิล์มลงในหลอดทดลองที่มีน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ซึ่งเติม 0.01% potassium sorbate ปิดหลอดทดลองด้วยกระดาษฟลอยด์ เขย่าตลอดเวลาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำเศษฟิล์มที่ค้างบนกระดาษกรองไปอบ

ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 24 ชั่วโมง เก็บในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

% Soluble matter =

$$\frac{\text{Initial dry weight} - \text{Final dry weight}}{\text{Initial dry weight}} \times 100$$

(3) การต้านแรงดึงขาด วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-XT2 Model ประเทศสหรัฐอเมริกา) ตามขั้นตอนใน ASTM method D882-91 (ASTM,1991) โดยใช้หัวทดสอบชนิดหัวหนีบ 2 หัว ตัดฟิล์มตัวอย่างขนาด 1.5 X 13 ตารางเซนติเมตร ยึดปลายข้างหนึ่งของชิ้นตัวอย่างกับหัวหนีบให้แน่น แล้วยึดปลายอีกข้างหนึ่ง เริ่มทดสอบโดยปรับเครื่องทดสอบให้มีอัตราเร็วในการวัดเป็น 20 มิลลิเมตร/วินาที และมีค่า load cell เท่ากับ 25 นิวตัน อ่านค่าที่ได้จากคอมพิวเตอร์

(4) ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำมัน ดัดแปลงตามวิธีการของ มอก. 654-2529 นำแผ่นฟิล์ม ขนาด 12 X 12 ตารางเซนติเมตร ชั่งทรายชุดละ 2 กรัม วางบนแผ่นฟิล์มซึ่งวางบนกระดาษขาว โดยจัด กองทรายให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 เซนติเมตร หยดน้ำมันพืชลงบนกองทราย สังเกตว่า น้ำมันเกือบจะอึดตัวไม่เลอะออกนอกกองทราย สังเกต ทุก 24 ชั่วโมง เพื่อดูคราบน้ำมันบนกระดาษ หาก พบว่าบนกระดาษทรายพบน้ำมันเมื่อใดคิดเวลา ทั้งหมดเป็นความสามารถในการซึมผ่านของน้ำมัน

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ผลทางสถิติ แบบ Completely Randomized Design (CRD) ทดลอง 3 ซ้ำและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่าง โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้ MINITAB statistical software (Mini-tab Inc.2000)

ผลการทดลอง

1. ผลการสกัดโปรตีนถั่วเขียว

โปรตีนที่สกัดได้มีลักษณะเป็นตะกอนสีเหลือง ครีม มีกลิ่นของถั่วเขียว และเมื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง พบว่า โปรตีนถั่วเขียวสกัดที่อบแห้งแล้วมีลักษณะเป็น ตะกอนแข็ง มีสีน้ำตาลปนเหลือง มีโปรตีนเป็น องค์ประกอบโดยเฉลี่ยร้อยละ 70

2. ผลการศึกษาการเตรียมฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว

การเตรียมฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว พบว่าการ ควบคุม pH ของสารละลายโปรตีนเป็น 9 ก่อนเติม พลาสติกไซเซออร์ร่วมกับให้ความร้อนจนสารละลายผสม มีอุณหภูมิถึง 85 องศาเซลเซียส เพื่อให้โปรตีนเกิดการคลายตัว ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของ hydrophobic group และ sulfhydryl group บนสายโปรตีน ซึ่งจะ ช่วยสนับสนุนการสร้างโพลีเมอร์ของโปรตีนที่แข็งแรง (Cricle และ Whitney,1964) เนื่องจากสามารถเกิด hydrophobic bonding และ disulfide cross-linking

ระหว่างสายโปรตีนได้เพิ่มขึ้น ซึ่งแรงระหว่างพันธะ ดังกล่าวมีอิทธิพลมากกว่าแรงผลัก (repulsion forces) เมื่อ pH สูงกว่า isoelectric point (pi) ของโปรตีน (Perez-Gago และ Krochta,1999)

ลักษณะปรากฏ

ฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่เติมกลีเซอรอล และ ซอร์บิทอล ในอัตราส่วน 70:30, 60:40 และ 50:50 โดยน้ำหนัก สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ ลักษณะ ปรากฏของฟิล์ม คือ มีลักษณะเนื้อสัมผัสค่อนข้าง เหนียว เป็นมันมีสีเหลืองใส และมีกลิ่นของถั่วเขียว เล็กน้อย ส่วนฟิล์มที่เติมโพลีเอทิลีนไกลคอลนั้น ไม่ สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ในทุกอัตราส่วน โดย ฟิล์มที่ผลิตได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปราะและแตก ออกเป็นชิ้น ไม่สามารถลอกออกจากบล็อกอากาศได้ แสดงว่าฟิล์มขาดความยืดหยุ่น Siew และ คณะ (1999) รายงานว่าปริมาณและชนิดของพลาสติกไซเซออร์ มีอิทธิพลต่อสมบัติทางกลของฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญ เพราะการเติมพลาสติกไซเซออร์น้อยเกินไป ฟิล์มจะแข็ง เปราะ แต่ถ้าเติมมากเกินไปฟิล์มที่ได้จะอ่อนนุ่ม การ เติมพลาสติกไซเซออร์ส่งผลให้แรงปฏิสัมพันธ์ระหว่าง สายโปรตีนลดลง (Lieberman และ Gilbert,1973) โดยพลาสติกไซเซออร์จะเข้าแทรกและเกิด H-bonding กับโครงร่างตาข่ายของโปรตีน (protein matrix) ทำให้ ฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น แต่การเติมโพลีเอทิลีน ไกลคอลร้อยละ 30-50 ยังคงทำให้ฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว เปราะแตก แสดงว่าระดับของโพลีเอทิลีนไกลคอลที่ ใช้นั้นอาจน้อยเกินไป หรืออาจไม่เหมาะสมสำหรับการ ผลิตฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว เพราะโพลีเอทิลีนไกลคอล มีขนาดโมเลกุลใหญ่เกินไป จึงไม่สามารถเข้าแทรก และเกิด H-bonding กับโครงร่างตาข่ายของโปรตีนได้ อย่างสมบูรณ์ (Chick และ Ustunol ,1998) ทำให้แรง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายโปรตีนไม่ลดลง แม้จะเพิ่มโพลี เอทิลีนไกลคอลจนถึงร้อยละ 50 แล้วก็ตาม ฟิล์มก็ ยังคงแข็งและเปราะเกินไป ส่วนกลีเซอรอลและ ซอร์ บิทอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าจึง สามารถเกิด H- bonding กับโปรตีนได้มากกว่า เมื่อ

ปริมาณการใช้เท่ากัน ทำให้เกิด H- bonding ระหว่างสายโปรตีนลดลง ส่งผลให้ฟิล์มมีความแข็งแรงลดลง ความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น

อัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อพลาสติกไซเซออร์ 70:30, 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ มาศึกษาความหนา ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำมัน การต้านแรงดึง และความสามารถในการละลายของฟิล์ม

3. ผลการศึกษาทางกายภาพ

นำฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวซึ่งผลิตได้จากการใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ที่

ตารางที่ 1 แสดงความหนาของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซออร์

อัตราส่วนของโปรตีนต่อพลาสติกไซเซออร์ (โดยน้ำหนัก)	ความหนา (มม.)	
	กลีเซอรอล ^{ns}	ซอร์บิทอล ^{ns}
70:30	0.099±0.000	0.100 ±0.006
60:40	0.097±0.008	0.100 ±0.010
50:50	0.103±0.008	0.095 ±0.008

หมายเหตุ ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันแสดงค่าเฉลี่ยความหนาของฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 2 แสดงความสามารถในการละลายของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซออร์

อัตราส่วนของโปรตีนต่อพลาสติกไซเซออร์ (โดยน้ำหนัก)	ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)	
	กลีเซอรอล	ซอร์บิทอล
70:30	22.007±3.692 ^c	25.918±1.787 ^c
60:40	31.238±2.237 ^b	29.423±0.990 ^b
50:50	32.406±1.515 ^a	30.301±1.376 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c} ที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงการต้านแรงดึงของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซออร์

อัตราส่วนของโปรตีนต่อพลาสติกไซเซออร์ (โดยน้ำหนัก)	การต้านแรงดึง (นิวตัน)	
	กลีเซอรอล	ซอร์บิทอล
70:30	12.307±0.434 ^a	10.142±0.19 ^a
60:40	3.242±0.391 ^b	6.507±0.359 ^b
50:50	3.307±0.354 ^b	3.687±0.009 ^c

หมายเหตุ ^{a,b,c} ที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4 แสดงความสามารถในการซึมผ่านของน้ำมันของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลและซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซออร์

อัตราส่วนของโปรตีนต่อพลาสติกไซเซออร์ (โดยน้ำหนัก)	การซึมผ่านของน้ำมัน (วัน)	
	กลีเซอรอล	ซอร์บิทอล
70:30	> 90	> 90
60:40	> 90	> 90
50:50	> 90	เฉลี่ย 56

ความหนา

ความหนาของแผ่นฟิล์มกลีเซอรอลจะอยู่ในช่วง 0.097-0.103 มิลลิเมตร และความหนาของแผ่นฟิล์มซอร์บิทอลจะอยู่ในช่วง 0.095-0.100 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของกลีเซอรอลและซอร์บิทอลไม่มีผลต่อความหนาของฟิล์ม ($p \geq 0.05$) อาจเนื่องมาจากการเตรียมสารละลายโปรตีนถั่วเขียวก่อนการขึ้นรูปได้ใช้ pH ที่ระดับเดียวกันคือ pH 9 ซึ่งเป็น pH ที่ทำให้โปรตีนถั่วเขียวละลายได้ดีโดยไม่เกิดการเสียสภาพ (Thompson,1977) ทำให้ความหนืดของสารละลายตัวอย่างฟิล์มไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้การเตรียมสารละลายฟิล์มได้ควบคุมน้ำหนักรวมของส่วนผสมให้เท่ากันทุกทรีตเมนต์ และควบคุมปริมาตรของสารละลายฟิล์มต่อพื้นที่ของบล็อกอะคลิลิกให้มีความใกล้เคียงกัน จึงสามารถควบคุมความหนาของฟิล์มเพื่อป้องกันอิทธิพลของความหนาต่อสมบัติทางกายภาพอื่นๆ

การละลายน้ำของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว

พบว่าปริมาณพลาสติกไซเซออร์ทั้ง 2 ชนิด มีผลต่ออัตราการละลายน้ำของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยพบว่าอัตราการละลายน้ำของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณพลาสติกไซเซออร์ที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) เนื่องจากกลีเซอรอลและซอร์บิทอลเป็นพอลิออลที่มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดี เพราะเป็น hydrophilic plasticizers (Krochta, 2002) ดังนั้นการเติมพลาสติกไซเซออร์ทั้ง 2 ชนิดนี้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ hydrophilicity ของฟิล์มเพิ่มขึ้น

ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการละลายน้ำระหว่างฟิล์มกลีเซอรอลและฟิล์มซอร์บิทอล พบว่าการใช้พลาสติกไซเซออร์ร้อยละ 30 ฟิล์มกลีเซอรอลละลายน้ำได้น้อยกว่าฟิล์มซอร์บิทอล แต่เมื่อใช้พลาสติกไซเซออร์เพิ่มสูงขึ้นถึงร้อยละ 40 และ 50 ฟิล์มกลีเซอรอลสามารถละลายได้ดีกว่าฟิล์มซอร์บิทอล เนื่องจากคุณสมบัติของกลีเซอรอลสามารถดูดความชื้นได้มากกว่าซอร์บิทอล (Chick และ Ustunol,1998) นอกจากสามารถดูดความชื้นได้มากกว่าซอร์บิทอลยังสามารถเกิดปฏิกิริยาที่แข็งแรงกับน้ำได้ดีและง่ายต่อการรวมตัวเข้าไปในโครงสร้างตาข่ายของพันธะไฮโดรเจน (Laohakunjit และ Noomhorm, 2004)

การต้านแรงดึง

จากการศึกษาการต้านแรงดึงของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว โดยใช้พลาสติกไซเซออร์ 2 ชนิด คือ กลีเซอรอลและซอร์บิทอล พบว่าปริมาณพลาสติกไซเซออร์มีผลต่อการต้านแรงดึงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยพบว่าค่าการต้านแรงดึงจะลดลงตามปริมาณพลาสติกไซเซออร์ที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3) เนื่องจากการเติมพลาสติกไซเซออร์จำพวกพอลิออลซึ่งสามารถเข้าจับกับ hydrophilic sites บนโมเลกุลโปรตีนได้ง่ายส่งผลให้ internal hydrogen bonding ระหว่างโมเลกุลของโปรตีนในฟิล์มลดลง ทำให้ฟิล์มมีค่าการต้านแรงดึงลดลง (Lieberman และ Gilbert,1973) และเมื่อเปรียบเทียบการลดลงของการต้านแรงดึงระหว่างฟิล์มกลีเซอรอลและฟิล์มซอร์บิทอล พบว่าเมื่อเพิ่มพลาสติกไซเซออร์ระหว่างร้อยละ 30-50 ฟิล์มกลีเซอรอลมีอัตราการลดลงของการต้านแรงดึงสูง

กว่าฟิล์มซอร์บิทอล แสดงว่าการเพิ่มกลีเซอรอลมีอิทธิพลต่อการต้านแรงดึงมากกว่าการเพิ่มซอร์บิทอล เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กกว่าซอร์บิทอลจึงสามารถเกิด hydrogen bonding และ electrostatic interactions กับสายของโปรตีนได้อย่างสมบูรณ์มากกว่า และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกลได้มากกว่า (Krochta, 2002)

การซึมผ่านของน้ำมัน

ปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นระหว่างร้อยละ 30-50 ไม่มีผลต่อการซึมผ่านของน้ำมันเพราะฟิล์มกลีเซอรอลทั้งหมดสามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำมันได้มากกว่า 90 วัน (ติดตามผลเพียง 90 วัน) การใช้ซอร์บิทอลร้อยละ 30 - 40 ฟิล์มซอร์บิทอลสามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำมันได้มากกว่า 90 วันเช่นกัน แต่เมื่อใช้ซอร์บิทอลเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 50 ฟิล์มสามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำมันได้โดยเฉลี่ย 56 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มกลีเซอรอลและฟิล์มซอร์บิทอลที่ใช้พลาสติกไซเซอร์ร้อยละ 50 ซึ่งมีค่าการต้านแรงดึงใกล้เคียงกัน พบว่าฟิล์มซอร์บิทอลต้านทานการซึมผ่านของน้ำมันได้ดีกว่าฟิล์มกลีเซอรอล (ตารางที่ 3 และ 4) อาจเป็นเพราะฟิล์มซอร์บิทอลสามารถเกิด hydrophobic interaction กับน้ำมันได้ดีกว่าฟิล์มกลีเซอรอล เนื่องจากซอร์บิทอลมี hydrophobic properties สูงกว่ากลีเซอรอล (Chick และ Ustunol, 1998)

สรุป

กลีเซอรอลและซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ที่สามารถใช้ในการผลิตฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวได้ดีกว่าโพลีเอทิลีนไกลคอล ฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่ผลิตได้มีสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันตามปริมาณและชนิดของพลาสติกไซเซอร์ที่ใช้ การเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลและซอร์บิทอลส่งผลให้ฟิล์มสามารถละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น การต้านแรงดึงลดลง แต่การเพิ่มกลีเซอรอลมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการละลายน้ำและการต้านแรงดึงของฟิล์มสูงกว่าการเพิ่มซอร์บิทอล และเมื่อใช้พลาสติกไซเซอร์เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 50 ฟิล์มทั้งสองชนิด

มีค่าการต้านแรงดึงใกล้เคียงกัน แต่ฟิล์มกลีเซอรอลสามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำมันได้ดีกว่าฟิล์มซอร์บิทอล

เอกสารอ้างอิง

- มณฑาทิพย์ ยูนฉลาด. 2535. ฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้. วารสารอาหาร. 22:1-6
- วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2546. คุณสมบัติและประโยชน์ของกลีเซอรอล. วารสารอาหาร. 33:87-89
- ASTM. 1991. Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. D882-91 *In* Annual Book of American Society for Testing Methods, ASTM, Philadelphia, pp.313-321
- AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 12th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
- Chick, J. and Ustunol, Z. 1998. Mechanical and Barrier Properties of Lactic Acid and Rennet Precipitated Casein-Based Edible Films. *J. Food Sci.* 63:1024-1027.
- Choi W.S and Jung H.H. 2001. Physical and Mechanical Properties of Pea-Protein-based Edible Film. *J. Food Sci.* 66:319-322.
- Cricle, S.J. and Whitney, R.W. 1964. Rheology of Soy Protein Dispersion Effect of Heat and other Factors on Gelation. *Cereal Chem.* 41:152-154.
- Krochta, J.M. 2002. Proteins as Raw Materials for Films and Coatings : Definitions, Current Status, and Opportunities, pp.1-32. *In* Gennadios, A. (ed), Protein-Based Films and Coatings. CRC Press, Florida.
- Laohakunjit, N. and Nookhorm, A. 2004. Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier

- Properties of Rice Starch Film. Starch/Starke. 56:348-356
- Le Bot, Y. and Gouy, P.A. 1995. Polyols from Starch, p.155-177 *In* Kearsley, M.W. and Dziedic, S.Z. (ed.), Handbook of Starch Hydrolysis Product and their Derivatives. Blackie Acad. & Professional, London 275 p.
- Lieberman, E.R. and Gilbert, S.G. 1973. Gas Permeation of Collagen Films as Affected by Crosslinkage, Moisture, and Plasticizer Content. *J. Polym. Sci.* 41:33-43.
- Mark, A.M., Roth, W.B., Mehlretter, C.L. and Rist, C.E. 1966. Oxygen Permeability of Amylomaize Starch Films. *Food Technol.* 20:75-77.
- McHugh, T.H. and Krochta, J.M. 1994. Sorbital – vs Glycerol-Plasticized Whey Protein Edible films : Integrated Oxygen Permeability and Tensile Property Evaluation. *J. Agric. Food Chem.* 42:841-845.
- Minitab. 2000. MINITAB for Windows, release 13, ed. Minitab, Inc. State College, Pennsylvania.
- Park, H.J., Weller, C.L., Vergano, P.J. and Testin, R.F. 1993. Permeability and Mechanical Properties of Cellulose-based Edible Films. *J. Food Sci.* 56:1361-1364.
- Perez-Gago, M.B. and Krochta, J.M. 1999. Water Vapor Permeability of Whey Protein Emulsion Films as Affected by pH. *J. Food Sci.* 64:695-698.
- Thompson, L.U. 1977. Preparation and Evaluation of Mungbean Protein Isolates. *Journal of Food Science.* 46:202-206.
- Windholz, M.S., Budvari S., Stroumts L.Y. and Fertig, M.N. 1976. The Merck Index. Ninth Edition, Merck & Co., Inc., Rahway, New York
- Siew, D.C.W., Heilmann, C., Easteal, A.J. and Conney, R.P. 1999. Solution and Film Properties of Sodium Caseinate/Glycerol and Sodium Caseinate/Polyethylene Glycol Edible Coating Systems, *J. Agric. Food Chem.* 47:3432-3440.