

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลาสมาโปรตีนจากเลือดสุกร

เลือดสุกร (porcine blood) เป็นส่วนหนึ่งของเศษวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมากที่ได้จากโรงฆ่าสัตว์ ซึ่งมีสารอาหารดังนี้ น้ำร้อยละ 80.9 โปรตีนร้อยละ 17.3 ไขมันร้อยละ 0.23 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 0.07 และแร่ธาตุร้อยละ 0.62 (นิธิยา รัตนานนท์, 2549) องค์ประกอบที่สำคัญของเลือดสุกร คือ พลาสมาโปรตีน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้จากเลือดโดยผ่านการแยกออกจากเม็ดเลือดแดง เป็นสารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูง จึงมีการนำพลาสมาโปรตีนมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในแหล่งอาหารหลายประเภท เช่น ใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารสัตว์ อาหารเสริม (functional food) และยังเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ (nutrition) ในอาหารควบคุมน้ำหนัก (diet food) ช่วยให้อาหารคงตัวมากขึ้น และช่วยปรับปรุงคุณสมบัติขององค์ประกอบในอาหารให้ดีขึ้น เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในซูริมิเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของเจล, ปรับปรุงเนื้อสัมผัสได้กรอบ, ทำให้ไวโนไล, ใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และสารเกิดฟองที่ดีในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น (Ramos-Clamont et al., 2003)

ฟิล์มที่บริโภคนได้

ฟิล์มที่บริโภคนได้ หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่ทำมาจากวัตถุดิบที่สามารถรับประทานได้นำมาใช้กับอาหารโดยการเคลือบผิวของอาหารโดยตรงหรือเตรียมเป็นฟิล์มขึ้นมาก่อนแล้วจึงนำมาใช้กับอาหารด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การห่อหุ้ม การจุ่ม การทาด้วยแปรง หรือการพ่นฝอย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันหรือชะลอการผ่านเข้าออกของก๊าซ ไอน้ำ โอโซน สารละลาย จุลินทรีย์ หรือสารอื่น ๆ จากอาหาร โดยฟิล์มที่เตรียมขึ้นอาจใช้สารชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน โดยนำคุณลักษณะเด่นของสารแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์ โดยชนิดของฟิล์มบริโภคนได้แบ่งได้เป็น 3 ชนิดหลัก ๆ คือ ฟิล์มโปรตีน ฟิล์มลิปิด และฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์ สามารถใช้ในการเคลือบผิวหน้าอาหาร และใช้แทนที่บรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มอาหาร ซึ่งลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์และยืดอายุผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการจำหน่ายสั้น ๆ ในระหว่างการวางจำหน่าย โดยไม่ก่อให้เกิดสารพิษตกค้างในอาหาร และยังเป็นการปรับปรุงสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ได้ เช่น ควบคุมการซึมผ่านของ

ก๊าซ ซึ่งสามารถรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยกีดกันออกซิเจน กลิ่น น้ำมัน หรือความชื้น จนนำไปสู่หน้าที่อื่น ๆ คือ ยับยั้งขบวนการออกซิเดชันหรือยับยั้งจุลินทรีย์ และปรับปรุงลักษณะปรากฏ โครงสร้าง และการเคลื่อนที่จากการขนส่ง (Schou et al., 2005) ซึ่งต้องเป็นไปตามหลักดังนี้ คือ ต้องไม่เป็นอันตรายต่ออาหารหรือองค์ประกอบโดยทั่วไปและมีความปลอดภัยตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (FDA) กำหนด

ฟิล์มโปรตีน

ในปัจจุบันการศึกษาฟิล์มบริเวณไดจากโปรตีนมีมากขึ้นเนื่องจากเป็นฟิล์มที่มีความแข็งแรง และมีคุณสมบัติกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี นอกจากนี้โปรตีนยังมีความสำคัญทางอาหารสูงอีกด้วย ฟิล์มโปรตีนที่มีการศึกษากันมากได้แก่

ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นส่วนประกอบของ 7s และ 11s โกลบูลิน ซึ่งโมเลกุลของโปรตีนทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถเชื่อมด้วยพันธะไดซัลไฟด์ โดยฟิล์มชนิดนี้เตรียมได้จากวัตถุดิบหลัก คือ น้านมถั่วเหลือง (ปนัดดา พวงเกษม, 2540. หน้า 3 อ้างอิงจาก Wu & Bates, 1972. unpagged) หรือ โปรตีนถั่วเหลืองสกัด (ปนัดดา พวงเกษม, 2540. หน้า 3 อ้างอิงจาก Wu & Bates, 1973. unpagged) มีการเติมพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) เพื่อให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่น และปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้น (Chuah et al., 1983; Brandenberg, Weller & Testin, 1993; Cho & Rhee, 2004; Wan & Lee, 2005) มีคุณสมบัติต้านทานออกซิเจนได้ดีแต่ต้านทานไอน้ำได้น้อยเพราะมีความเป็นขั้วสูง และสามารถนำมาบริโภคเป็นส่วนประกอบของซูบ หรือ ทำเป็นเนื้อเทียม นอกจากนี้ยังสามารถใช้ห่อเนื้อมัดหรือผักผลไม้ให้อยู่ในรูปร่างที่ต้องการ เช่น หมูตั้ง หอยจ๊อ เป็นต้น

ฟิล์มจากโปรตีนข้าวสาลี โดยทั่วไปโปรตีนข้าวสาลีหรือกลูเตน (Irissin-Mangata et al., 2001; Hernández-Muñoz, Villalobos & Chiralt, 2004) ประกอบด้วยไกลอะดินร้อยละ 7 ที่เหลือเป็นกลูเตนิน ซึ่งมีพันธะไดซัลไฟด์ทำให้มีลักษณะการยึดเกาะกันของโมเลกุลของโปรตีนเกิดการยืดหยุ่นที่ดี (Gennadios & Weller, 1990) มีความแข็งแรงและกันการซึมผ่านของก๊าซ ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดี แต่ไวต่อความชื้น (Aydin, Weller & Testin, 1991)

ฟิล์มโปรตีนจากข้าวโพด โปรตีนข้าวโพดเป็นโปรตีนที่ละลายได้ในแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 ที่เรียกว่า โปรลามีน (Prolamine) ซึ่งสามารถผลิตได้ในทางการค้า ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ไม่มีซัลเฟอร์และไม่ชอบรวมตัวกับน้ำ ทำให้ไม่ละลายในน้ำและแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ สามารถกีดกันความชื้นได้ดีมาก มีความใสและเงา (Gennadios & Weller, 1990; Aydin, Weller & Testin, 1991; Lai, Padua & Wei, 1996)

นอกจากนี้ยังมีฟิล์มจากโปรตีนจากถั่วลันเตา (Choi & Han, 2001; Jangchud & Chinnan, 1999) เจลาติน (Xiao et al., 2001; Thomazine, Carvalho, & Sobral, Paulo, 2005; Jongjareonrak et al. 2006) เคซีน (Schou et al., 2005) เวย์โปรตีน (Mahmoud & Savello, 1992; McHugh, Auard & Krochta, 1994; Anker, Standing & Hermansson, 2001; Cho, Park & Rhee, 2002; Sothornvit et al., 2003) และโปรตีนจากปลา (เกวียน บัวตุ้ม, 2546; Cuq, Gontard & Gilbert, 1996; Bourtoom, Jantawat & Sanguandeekul, 2006)

ฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์

พอลิแซ็กคาไรด์หลายชนิดสามารถนำมาใช้ผลิตฟิล์ม หรือสารเคลือบบริโภคได้ เช่น แอลจินेट เพคติน คาราจีแนน สตาร์ช สตาร์ชไฮโดรไลเซต และอนุพันธ์ของเซลลูโลส แต่เนื่องจากธรรมชาติของพอลิเมอร์เหล่านี้ชอบน้ำ (hydrophilic) จึงไม่เหมาะกับการต้านทานการซึมผ่านไอน้ำ อย่างไรก็ตามพอลิแซ็กคาไรด์บางชนิดที่ใช้เคลือบอาหารมีลักษณะเหมือนวุ้นสามารถชะลอการสูญเสียความชื้นของอาหารบางอย่างในช่วงอายุการเก็บสั้น ๆ ได้ นอกจากนี้ฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์บางชนิดยังช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และองค์ประกอบอื่น ๆ ของอาหารได้อีกด้วย เช่น ฟิล์มจากแอลจินेट มักใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เพื่อลดการสูญเสียน้ำ ลดปริมาณจุลินทรีย์บนผิวหน้าของชิ้นเนื้อ รักษาสีแดงของเนื้อ ป้องกันการออกซิเดชันของลิปิด และช่วยให้เนื้อสัมผัสของอาหารดีขึ้น (Kester & Fennema, 1986) ฟิล์มพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีการศึกษากันมากได้แก่

ฟิล์มจากอนุพันธ์ของเซลลูโลส อนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ใช้ในการผลิตฟิล์มบริโภคได้อยู่ในรูปของเซลลูโลสอีเทอร์ ได้แก่ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose; CMC) เป็นเกลือโซเดียมของคาร์บอกซีเมทิลอีเทอร์ มีพอลิเมอร์กลูโคสเป็นเส้นตรงเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ beta-1,4 มีความบริสุทธิ์สูงถึงร้อยละ 99.5 ดัดแปรมาจาก cellulose gums มีความใส ช่วยให้การเกิดโฟม อิมัลชัน และเจลมีความคงตัว ใช้แทนที่ไขมัน และควบคุมการเกิดผลึกได้ในอาหารประเภทโปรตีนช่วยปรับปรุงความรู้สึกภายในปาก (mouthfeel) และปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์ขนมอบ คุณสมบัติในฟิล์มทำหน้าที่ในการกักเก็บไขมัน น้ำมัน ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถรักษาความชื้นไว้ในผลิตภัณฑ์ได้ เมื่อเติมพลาสติไซเซอร์ร้อยละ 10-30 สามารถปรับปรุงการยืดตัวและความยืดหยุ่นของฟิล์มได้ถึงร้อยละ 40-50 สามารถป้องกันการเหินจากการออกซิเดชันของไขมันได้ (Hercules Incorporate, 1999) นอกจากนั้นก็มีการใช้เมทิลเซลลูโลส (MC) (Ayranci & Tunc, 2001) ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) หรือ ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส (HPC) โดยการละลายน้ำ การเกิดเจลและการเพิ่มความหนืดของอนุพันธ์ของ

เซลลูโลสจะขึ้นกับความยาวของสายโซ่และระดับการแทนที่ (Degree of substitution) (Greener & Fennema, 1989; Diftis & Kiosseoglou, 2003; Turhan & Sahbaz, 2004)

ฟิล์มจากสตาร์ช เตรียมได้จากแป้งหลายชนิด แต่ฟิล์มจากแป้งต่างชนิดกันก็จะให้คุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น ฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลัง (ปนัดดา พวงเกษม, 2540; Parra et al., 2004) หรือแป้งมันฝรั่ง (Rodriguez et al., 2006) จะยืดหยุ่นได้ดี มีการต้านทานแรงดึงขาดและมีความแข็งแรงของเนื้อฟิล์มสูง มีความโปร่งแสง และละลายน้ำได้ดีกว่าฟิล์มจากแป้งธัญชาติ (เช่น แป้งข้าวโพด และแป้งสาลี) (Whistler, Bemiller & Paschall, 1984) นอกจากนี้ยังมีการแยกส่วนของมิสออกมาเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมเป็นฟิล์มแบบอบเบลต (oblate) คือ ใช้ร่วมกับสตาร์ชและวุ้น หรือใช้ร่วมกับวุ้น ฟิล์มที่ได้จึงไม่มีสีและกลิ่น และมีความแข็งแรงยืดหยุ่นได้ดี เป็นมันวาว ต้านทานไขมันได้สูง (grease) และมีการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ แต่มีข้อเสียคือการละลายอะมิโลสต้องใช้อุณหภูมิสูงภายใต้ความดัน (มณฑาทิพย์ ยูนฉลาด, 2534)

ฟิล์มเพคติน เตรียมจากเพคติน (pectin) ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์สกัดได้จากพืช โดยแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ high-methoxy และ low-methoxy ในการขึ้นรูปฟิล์มสามารถเกิดเจลได้ถึง 55% ที่ความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3 โดยเฉพาะ low-methoxy ต้องการแคลเซียมเป็นส่วนผสมในการขึ้นรูป ลดการสูญเสียน้ำและปรับปรุงลักษณะปรากฏของอาหาร และกีดกันออกซิเจนได้ดี (Farber et al., 2003; Mariniello et al., 2003) เนื่องจากฟิล์มเพคตินสามารถยอมให้น้ำซึมผ่านได้สูง จึงมักใช้ร่วมกับลิปิดเพื่อใช้กับผลิตภัณฑ์ได้กว้างขึ้น นอกจากนั้นยังใช้สารละลายเพคตินเคลือบบนผิวอาหารโดยตรง เพื่อช่วยเก็บรักษาอาหาร (Mariniello et al., 2003; Zsivanovits et al., 2004; Cheng, Karim & Seow, 2006)

ฟิล์มคาราจีแนน เตรียมจากคาราจีแนน (carageenan) ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง โดยส่วนใหญ่สกัดมาจากสาหร่าย *Chondrus crispus* ซึ่งตามธรรมชาติมีอยู่ 3 รูปแบบ คือ แคปปาคาราจีแนน (χ) โอโอตาคาราจีแนน (ι) และแลมดาคาราจีแนน (λ) เป็นเจลที่อุณหภูมิ 122-140 องศาฟาเรนไฮต์ และคงตัวได้ดีในช่วงความเป็นกรดต่างกว้าง ช่วยให้เจลแข็งแรงเมื่อขึ้นรูป ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส ในอุตสาหกรรมนมช่วยให้มีลักษณะความคงตัว ลดการสูญเสียความชื้น การเกิดออกซิเดชัน และการสลายตัวขององค์ประกอบของอาหาร (Farber et al., 2003) โดยการเกิดเจลของสารละลายคาราจีแนนที่ถูกทำให้เย็นนั้น เมื่อนำไปเคลือบหรือห่อหุ้มอาหารจะป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ดี จึงมักใช้เจลผสมคาราจีแนนและวุ้นที่มีส่วนผสมของกรดซอร์บิกเคลือบขึ้นเนยแข็งเทียมกึ่งแข็ง (Intermediate moisture cheese analog) ช่วยลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ได้ (วิซชรา บัวทุม, 2545)

ฟิล์มลิดิโอดิมัลชัน

ฟิล์มลิดิโอดิมัลชัน โดยทั่วไปไม่นิยมขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มแต่จะใช้เป็นสารเคลือบ เมื่อใช้กับผักผลไม้ จะช่วยชะลอการเสื่อมเสียจากการหายใจที่จะทำให้ผลไม้เกิดการสุกงอม และไม่เกิดการสะสมของ กลิ่นรสผิดปกติในเนื้อเยื่อของผลไม้ได้ โดยสารประกอบลิดิโอดิมัลชันรวมทั้งอะซิติกเลต ไมโนกลี เซโรไตร์ ไบโอรธมาติ และสารตั้งผิว (Rodriguez et al., 2006) สามารถนำมาเคลือบผิวอาหารได้ นอกจากนี้ในการผลิตแผ่นฟิล์มจากโปรตีนหรือพอลิแซ็กคาไรด์ยังใช้ลิดิโอดิมัลชันร่วมด้วย เพื่อช่วยปรับปรุง สมบัติการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มให้ลดลง (Ayranci & Tunc, 2001; Bravin, Peressini & Sensidoni, 2004) ลิดิโอดิมัลชันใช้ได้แก่

กรดสเตียริก (stearic acid) หรือ octadecanoic acid เป็นกรดไขมันอิ่มตัวชนิดหนึ่ง มีสายคาร์บอนเป็นเส้นตรงและมีหมู่คาร์บอกซิลอยู่ปลายสุด สูตรเคมีคือ $C_{17}H_{35}COOH$ ใช้เป็นส่วนผสมผลิตลูกกวาด สบู่ เครื่องสำอาง และยาง มีคุณสมบัติในการกีดกันน้ำ และเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดี (Tanaka et al., 2001; Grant, 1997)

กรดลอริก (lauric acid) เป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่ได้จากมะพร้าว ละลายในอีเทอร์และตัวทำละลายอินทรีย์ ใช้ในอุตสาหกรรมยา และในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถป้องกันการหืน และยืดอายุการเก็บรักษา มีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์

ทวิน 80 (Tween 80) เป็นกลุ่มไขมันในกลุ่ม oleate ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของซอร์บิทอลที่ได้จากผลไม้ชนิดต่าง ๆ เป็นสารละลายที่มีความบริสุทธิ์สูง ชื่อเคมีคือ Polysorbate 80, Polyoxyethylene sorbitan monooleate หรือ Polyethyleneglycol sorbitol monooleate solution มีมวลโมเลกุลเท่ากับ 1,310 มีการยอมรับให้ใช้ได้ ในอุตสาหกรรมอาหาร ไม่ก่อให้เกิดความระคายเคืองและมีระดับความเป็นพิษต่ำมาก โดย WHO ระบุปริมาณการใช้ไว้ที่ 25 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เช่น ไอศกรีม วิตามิน แร่ธาตุ อาหารดอง ช่วยในการเกิดเจลในขนมหวาน ซอส และคอกเทลชีส ในอุตสาหกรรมยาช่วย ในการละลายและเพิ่มความคงตัวของตัวยาที่มีส่วนผสมของโปรตีน (Isaksson & Jansson, 2002)

การเตรียมฟิล์มที่บริโภคได้

การเตรียมฟิล์มจะอาศัยแรงในการเกิดฟิล์ม 2 ชนิด ซึ่งเกิดจากโครงสร้างของพอลิเมอร์ คือ แรงแอดฮีชัน (adhesion) เป็นแรงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์กับสารอื่นที่เติมลงไป และแรงโคฮีชัน (cohesion) เป็นแรงระหว่างโมเลกุลของตัวพอลิเมอร์เอง ซึ่งจะเกิดขึ้นระหว่างการเกิดฟิล์ม ทำให้เกิดการเชื่อมต่อกันด้วยพันธะที่แข็งแรง หากแรงโคฮีชันมีค่ามากจะทำให้ฟิล์มมี

ความยืดหยุ่น ความเป็นรูพรุน และการแพร่ผ่านของก๊าซและสารละลายลดลง ระดับของแรงโคฮีชันขึ้นอยู่กับโครงสร้างและสมบัติทางเคมีของวัสดุทำฟิล์ม การละลายในการเตรียมฟิล์ม ธรรมชาติของตัวถูกละลายและการเจือจาง โดยความยาวของสายพอลิเมอร์ก่อให้เกิดการยึดเกาะกันได้ดี และการกระจายของกลุ่มที่มีขั้วอย่างมีระเบียบในสายพอลิเมอร์ ช่วยให้เกิดพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิกระหว่างสายโซ่ทำให้มีความแข็งแรง ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มได้แก่ ความหนาแน่น ความอัดแน่น (compactness) ความโปร่งเป็นรูพรุน (porosity) ความสามารถในการซึมผ่าน (permeability) ความยืดหยุ่น (flexibility) และความเปราะ (วิชชา บัวชุม, 2545) ส่วนวัสดุที่ไม่ละลายน้ำ เช่น ไขมันหรือไข สามารถเกิดฟิล์มในรูปอิมัลชันด้วยสารละลายในตัวถูกละลายที่เหมาะสม

การขึ้นรูปฟิล์มจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐาน ประกอบด้วย พอลิแซ็กคาไรด์, โปรตีน และไขมัน และอีกส่วนหนึ่งคือ พลาสติไซเซอร์ เพื่อลดแรงกระทำระหว่างสายพอลิเมอร์ และเกิดพันธะไฮโดรเจนกับสายพอลิเมอร์ ได้ดี โดยสารเหล่านี้จะเพิ่มคุณสมบัติทางกลของฟิล์มให้ดีขึ้น ทำให้เนื้อฟิล์มมีความยืดหยุ่นตัวเพิ่มมากขึ้น (รัตน จินดาพรรณ, จินดา บุญคง และ จิรศักดิ์ แก้วเกิด, 2547-2548; Schou et al., 2005) นอกจากนี้ชนิดและปริมาณพลาสติไซเซอร์ที่ใช้ในฟิล์มแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสมบัติไม่ยืดหยุ่นของฟิล์ม โดยทั่วไปการขึ้นรูปสามารถทำได้หลายวิธีแต่ที่นิยม คือ การเทสารละลายฟิล์มลงบนวัสดุต่าง ๆ (solvent casting) เช่น แผ่นกระจกเคลือบซิลิโคนแล้วนำไปทำแห้งด้วยลมร้อนบนภาชนะปิดสนิทแล้วทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง หรือทำให้แห้งด้วยไอน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, 2534) นอกจากนั้นอาจขึ้นรูปด้วยเอกซ์ทรูชัน (extrusion) ซึ่งมักใช้กับสตาร์ชที่มีส่วนประกอบของอะมิโลสถึงร้อยละ 50-80 แต่ต้องทำให้อะมิโลสเป็นเทอร์โมพลาสติกเสียก่อนขึ้นรูป (Mumma, 1967; Herald et al., 2002) และการขึ้นรูปโดยทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง (drum drier) แต่วิธีนี้จะให้ฟิล์มที่มีลักษณะเปราะและแตกง่ายถ้าเก็บรักษาโดยไม่ควบคุมความชื้น (Hullinger, 1965)

ในปัจจุบันมีการใช้ฟิล์มบริโภคได้กันอย่างแพร่หลาย ฟิล์มโปรตีนเป็นฟิล์มบริโภคได้อีกชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ทางอาหาร และได้มีการพัฒนาและปรับปรุงคุณสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มโปรตีนให้ดีขึ้น โดยเตรียมเป็นฟิล์มโปรตีนลิปิดอิมัลชัน และเลือกใช้กรดไขมันได้หลายชนิด เช่น กรดสเตียริก กรดลอริก และ ทวิน 80 ซึ่งช่วยให้สมบัติการกักตุนน้ำดีขึ้น (Bozdemir & Tutas, 2003; Bravin, Peressini & Sensidoni, 2004) หรือโดยการเตรียมเป็นฟิล์มโปรตีนพอลิแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ใช้ คือ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose), เพคติน

(pectin) และคาราจีแนน (carageenan) โดยสารประเภทนี้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก มีความปลอดภัย และไม่เป็นพิษ (Kester & Fennema, 1986) จัดอยู่ในกลุ่ม GRAS (generally recognized as safe) เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัยโดยไม่มีกฎหมายควบคุมการใช้ (FDA, 1986) เนื่องจากพอลิแซ็กคาไรด์มีสายพอลิเมอร์ที่ยาวเมื่อนำไปละลายน้ำจะทำให้สารละลายมีความหนืดเหนียว (Faulks, 1993) จากสมบัตินี้จะช่วยในการขึ้นรูปช่วยให้เจลมีความแข็งแรง ทำให้อิมัลชันมีความคงตัว กีดกันออกซิเจนและกลิ่นได้ดี ป้องกันการสูญเสียรสชาติของอาหารได้ และยังกีดกันไขมันได้ดี ป้องกันการหืนของอาหารเนื่องจากพอลิแซ็กคาไรด์สามารถลดการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ได้ (Hercules Incorporate, 1999; National Organic Standards Board Technical Advisory Panel, 2002)

พลาสติกไซเซออร์

พลาสติกไซเซออร์ (plasticizer) ตามนิยามของ IUPAC หมายถึง สารที่เข้าไปรวมอยู่กับพลาสติกหรือ elastomer แล้วช่วยเพิ่มความอ่อนตัว ความคงทนต่อการใช้งาน และการยืดตัว (Bakker, 1986) แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ พลาสติกไซเซออร์ภายนอก (external plasticizer) เป็นสารที่เติมลงไปในการสร้างพอลิเมอร์แล้วทำให้เกิดสารเชิงซ้อนหรือการจับกลุ่มของโมเลกุล เนื่องจากพลาสติกไซเซออร์ไปยึดจับกับพอลิเมอร์ด้วยพันธะเวเลนซ์ทุติยภูมิ (secondary valency) ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนลงเกิดโครงสร้างที่อ่อนตัว และพลาสติกไซเซออร์ภายใน (internal plasticizer) เป็นสารที่เติมลงไปแล้วช่วยให้เกิดพอลิเมอร์ (copolymerization) พลาสติกไซเซออร์ควรรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิเมอร์ที่ใช้ทำฟิล์ม และมีแรงระหว่างโมเลกุลคล้ายคลึงกัน มีจุดเดือดสูง ระเหยยาก และละลายในตัวทำละลายได้ดี และต้องไม่เป็นพิษ ไม่ติดไฟ ไม่มีกลิ่น สี รส โดยพลาสติกไซเซออร์ที่ใช้ต้องได้รับอนุญาตจาก FDA โดยมีการพิสูจน์และยอมรับแล้วว่าไม่เป็นอันตรายจากผู้บริโภคทั้งในระยะเฉียบพลัน และระยะยาว ซึ่งมีหลายประเภทได้แก่ โมโน-ได- และโอลิโกแซ็กคาไรด์ พอลิฮอล และลิปิดหรืออนุพันธ์ของลิปิด ปริมาณที่ใช้โดยทั่วไปประมาณร้อยละ 10-60 โดยน้ำหนักแห้ง (ปนัดดา พวงเกษม, 2540. หน้า 14 อ้างอิงจาก Guilbert, 1986. unpagged)

พอลิฮอล (polyol) หรือพอลิไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลซึ่งหมู่คีโตนหรือแอลดีไฮด์ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล บางชนิดพบในผลไม้ที่มีคาร์บอน 6 อะตอม เช่น ซอร์บิทอล หรือผลิตได้จากปฏิกิริยาเติมไฮโดรเจนให้กับน้ำตาล (hydrogenation) คงทนต่อสารเคมีและ

ความร้อนทำให้ไม่สลายตัวได้ง่าย ละลายน้ำได้และดูดซับความชื้นได้ดี เนื่องจากเป็นสารที่มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาลจึงมีการนำไปใช้กับผู้ป่วยโรคเบาหวาน และไม่ทำให้ฟันผุเพราะแบคทีเรียในปากไม่สามารถใช้ได้ โดย JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) ได้กำหนดปริมาณการใช้บริโภคต่อวัน (ADI) ของพอลิฮอลเป็น "not specified" หมายถึง สามารถบริโภคได้ในระดับที่จำเป็นต่อกระบวนการแปรรูปเพื่อให้ได้อาหารที่มีคุณลักษณะตามต้องการ อย่างไรก็ตามผู้ใหญ่ไม่ควรบริโภคเกิน 60-80 กรัมต่อวัน และเด็กอายุ 5-16 ปีไม่ควรบริโภคเกิน 30-40 กรัมต่อวัน เพราะจะทำให้เกิดการระบายท้องได้ (Le Bot & Gouy, 1995) พอลิฮอลที่นำมาใช้มีหลายชนิดได้แก่ กลีเซอรอล ซอร์บิทอล และพอลิเอทิลีนไกลคอล 400

กลีเซอรอล (glycerol) เรียกในชื่ออื่นๆ คือ glycerin, glycerine หรือ 1,2,3-propanetriol ซึ่งอยู่ในรูปเอสเทอร์ สูตรโมเลกุลคือ $C_3H_8O_3$ หลอมละลายได้ที่อุณหภูมิ 17.8 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็น syrup lipid ประเภท trihydric alcohol สามารถดูดซับอากาศได้ดี เมื่อเติมลงไปในฟิล์ม กลีเซอรอลจะเข้าไปจับกับตำแหน่งมีขั้วของโปรตีน ทำให้ฟิล์มยืดออกได้มากขึ้น โดยปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีสมบัติการต้านทานแรงดึงขาดลดลง สามารถยืดตัวได้มากขึ้น (Schou et al., 2005; Shaw et al., 2002) แต่ก็ทำให้ฟิล์มอ่อนแอลงด้วย และยังไวต่อความชื้นกีดกันไอน้ำได้ต่ำ จึงทำให้ฟิล์มมีการซึมผ่านไอน้ำเพิ่มขึ้น (Irissin-Mangata et al., 2001) นอกจากนี้ยังมีการใช้กลีเซอรอลเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางค์ทำให้หน้าชุ่มชื้น ใช้เติมในผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีและช่วยให้เกิดความคงตัวในอาหาร ใช้เป็นสารหล่อลื่นที่ดี ป้องกันการแข็งตัว (antifreeze) (Chemical and Other Safety Information, 2005) ใช้ในอุตสาหกรรมลูกกวาด (candy) เพื่อให้ผิวเกิดความมันวาว และทำหน้าที่เป็นสารปฏิชีวนะ (antibiotic) ด้วย

ซอร์บิทอล (sorbitol) เป็นสารธรรมชาติ พบในผลไม้หลายชนิด ชื่อเคมีคือ hexane-1,2,3,4,5,6-hexaol สูตรโมเลกุลคือ $C_6H_{14}O_6$ เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์อยู่ในรูปผลึกสีขาว คงตัว เมื่อละลายน้ำจะได้ของเหลวที่มีความหนืดต่ำ มีแคลอรีน้อยกว่าน้ำตาล ใช้เป็นส่วนผสมการผลิตลูกกวาดและเค้ก ในอุตสาหกรรมอาหารอื่นๆ ช่วยรักษาความชื้นและช่วยให้องค์ประกอบอาหารมีความคงตัว และช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์ขนมอบ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งในซูริมิ และเป็นสารออกซิไดซ์ที่แรง (Wells & Wang, 2003) เนื่องจากซอร์บิทอลมีสมบัติในความเป็นขั้วสูง เก็บความชื้นได้ดี ทำให้การซึมผ่านไอน้ำเกิดได้ช้า (วิชรชา บัวชุม, 2545) จึงทำให้ฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลมีค่าการซึมผ่านไอน้ำต่ำกว่าฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอลและพอลิเอทิลีนไกลคอล 400 (วัฒนา วิรุฒิกกร, 2541)

พอลิเอทิลีนไกลคอล 400 (polyethylene glycol 400) เป็นพอลิเมอร์ของ ethylene oxide มีสูตรโครงสร้างคือ $H-(O-CH_2-CH_2)_n-OH$ ละลายได้ในน้ำ เมทานอล เบนซีน และไดคลอโรมีเทน แต่ไม่ละลายในไดเอทิลอีเทอร์ และเฮกเซน เมื่อน้ำหนักโมเลกุลเพิ่มขึ้นจะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น แต่การละลายน้ำลดลง ไม่มีความเป็นพิษ ใช้ได้ในผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่น ป้องกันแบคทีเรียได้ ใช้เติมเพื่อลดการหดตัวในการกระจายตัวของแป้ง และยังเป็นวัตถุเจือปนในอาหาร (food additive) ที่สามารถใช้ในอาหารได้ และมีการเติมลงในกระบวนการผลิตยาเพื่อลดความเป็นพิษและออกฤทธิ์ยาได้นานขึ้น และฟังก์ชันนอลกรุปของ พอลิเอทิลีนไกลคอลจะให้ polyurethane elastomers มีคุณสมบัติเป็น rubberiness ซึ่งใช้ในการก่อให้เกิดฟอง (foam rubber) และไฟเบอร์ (spandex) (Liu, Latona & Dimaio, 2002)

การทบทวนเอกสารงานวิจัย

ผลของชนิดและความเข้มข้นพลาสติกไฮดรอกซีต่อคุณสมบัติของฟิล์ม

ปนัดดา พวงเกษม (2540) เตรียมฟิล์มบริโกลได้จากแป้งมันสำปะหลังโดยใช้ความเข้มข้นร้อยละ 5 และมีพอลิเอทิลีนไกลคอล 400 กลีเซอรอล และซอร์บิทอลร้อยละ 10-30 โดยน้ำหนัก เป็นพลาสติกไฮดรอกซี พบว่าฟิล์มซอร์บิทอลมีลักษณะใส ผิวเรียบ เมื่อนำไปห่อหุ้มผลตรอบเบอร์รี่ แบบแครอท และมะเขือเทศ จะมีค่าการซึมผ่านของออกซิเจนและไอน้ำต่ำสามารถต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำได้สูงถึง 120 วัน และปิดผนึกได้ด้วยความร้อน เมื่อนำไปบรรจุเครื่องปรุงระหมักสำเร็จรูปรสต้มยำ พบว่ามีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานถึง 22 เดือน โดยไม่มีแสงส่องผ่าน และละลายในน้ำเดือดภายใน 5 นาที แต่เมื่อใช้ฟิล์มแป้งโดยการเคลือบผิวจะไม่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและไม่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้

นพรัตน์ มะเห และ ไพรัตน์ ไสภโณตร (2541) ศึกษาฟิล์มจากโคโคแทน และส่วนผสมของโคโคแทนกับอนุพันธ์เซลลูโลส พบว่าเมื่อความเข้มข้นของโคโคแทนเพิ่มขึ้นทำให้ความหนา, ความหนาแน่นผิวหน้า และการต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มขึ้น ส่วนการซึมผ่านไอน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโคโคแทนเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 1.0 และเมื่อความเข้มข้นของโคโคแทนเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 1 การซึมผ่านไอน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สำหรับฟิล์มผสมระหว่างโคโคแทนและอนุพันธ์ของเซลลูโลส มีค่าการต้านทานแรงดึงขาดสูงที่สุดและสูงกว่าการผสมกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส โดยฟิล์มผสมระหว่างโคโคแทนและไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส มีความยืดหยุ่นมากกว่าการผสมกับเมทิลเซลลูโลส เมื่อนำมาเติมซอร์บิทอลจะมีการต้านแรงดึงขาดสูงกว่าฟิล์มที่เติมกลีเซอรอล แต่กลีเซอรอลมีผลทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นและมีค่าการซึมผ่านไอน้ำสูงกว่า

ซอร์บิทอล เมื่อเติมกรดลอริกและกรดสเตียริกจะมีการซึมผ่านไอน้ำเพียงเล็กน้อย โดยกรดลอริกป้องกันการซึมผ่านไอน้ำได้ดีกว่ากรดสเตียริก และนำฟิล์มที่เติมกรดไขมันทั้งสองชนิดผสมกันที่ความเข้มข้นร้อยละ 45 พบว่ามีการซึมผ่านไอน้ำต่ำกว่าฟิล์มที่เติมกรดลอริกเพียงชนิดเดียว และฟิล์ม โคโคแซนผสมอนุพันธ์ของเซลลูโลสและเติมกรดไขมันผสมสามารถย่อยสลายได้เร็วกว่าฟิล์มโคโคแซนที่เติมกรดไขมันผสม เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 35 วัน พบว่าฟิล์มทั้ง 3 ชนิดสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 90 ขณะที่ฟิล์มพีวีซีสูญเสียน้ำหนักเพียงร้อยละ 17 ส่วนฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลย่อยสลายได้เกือบสมบูรณ์เมื่อฝังดินเป็นเวลา 35 วัน เมื่อนำไปเคลือบขึ้นปลาพบว่าการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางเคมีเพียงเล็กน้อยตลอดระยะเวลาเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสหลังจากวันที่ 50 พบว่าหูดควบคุม (ไม่เคลือบ) มีสีเข้มกว่าหูดที่มีการเคลือบ

รัตนา จินดาพรรณ, จิรนาถ บุญคง และ จีรศักดิ์ แก้วเกิด (2547) ทดลองผลิตฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียวเข้มข้นร้อยละ 6 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และมีกลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ และมีความเป็นกรด-ด่าง คือ 7, 8 และ 9 อัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อปริมาณกลีเซอรอลที่ใช้คือ 100:0, 60:40 และ 50:50 พบว่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมเท่ากับ 9 และอัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล 70:30 มีการซึมผ่านไอน้ำต่ำที่สุด และมีการต้านทานแรงดึงขาดสูงที่สุดและความต้านทานน้ำมันและไขมันได้มากกว่า 200 ชั่วโมง เมื่อนำมาบรรจุเครื่องปรุงรสพะหนี่กึ่งสำเร็จรูป พบว่าสามารถปิดผนึกได้ด้วยความร้อน และเก็บรักษาได้นานกว่า 3 เดือน และฟิล์มสามารถละลายได้หมดในน้ำเดือดภายใน 90 วินาที

Mahmoud & Savello (1992) ศึกษาผลของการใช้กลีเซอรอลต่อค่าแรงที่ทำให้ฟิล์มแตกและปริมาณความชื้นของฟิล์มเวียโปรตีน โดยใช้กลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.125, 0.25, 0.50, 1.0 และ 2.0 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น จะทำให้แรงที่ใช้ในการทำให้ฟิล์มเวียโปรตีนแตกมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 100 ถึง 1900 กรัมต่อตารางเมตร และความชื้นยังเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 28

Gontard, Guilbert & Cuq (1993) ศึกษาผลของปริมาณกลีเซอรอลต่อการทนต่อแรงที่มทะลุ (puncture strength) ของฟิล์มกลูเตน โดยใช้กลีเซอรอลปริมาณ 0-33.3 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง พบว่าฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอลตั้งแต่ 15 กรัมขึ้นไปจะทำให้ฟิล์มมีค่าการต้านทานแรงที่มทะลุลดลงจาก 2 ถึง 0.25 นิวตัน และการเสียรูปเพิ่มขึ้นจาก 5 ถึง 20 มิลลิเมตร และมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเพิ่มขึ้นจาก 0.00345 ถึง 0.00545 กรัม.มิลลิเมตร/เซนติเมตร²/24 ชั่วโมง

Park et al. (1993) ศึกษาผลของชนิดและความเข้มข้นของพลาสติกไฮเซอร่ต่อสมบัติของฟิล์มเมทิลเซลลูโลส และฟิล์มไฮดรอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยมีพอลิเอทิลีนไกลคอล พรอพิลีนไกลคอล และ กลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.17, 0.33, 0.50 และ 0.66 โดยปริมาตรต่อน้ำหนักเซลลูโลส เป็นพลาสติกไฮเซอร่ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณพลาสติกไฮเซอร่ ฟิล์มจะมีการต้านทานแรงดึงขาดลดลง และมีการยืดตัวเพิ่มขึ้น และปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากที่สุด ส่วนการซึมผ่านไอน้ำและออกซิเจนของฟิล์มทั้ง 2 ชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของกลีเซอรอลไม่มีผลต่อการซึมผ่านของออกซิเจนของฟิล์มทั้ง 2 ชนิด

McHugh, Auard & Krochta (1994) ศึกษาผลของพลาสติกไฮเซอร่ต่อการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มเวียโปรตีน โดยใช้พลาสติกไฮเซอร่ 3 ชนิด คือ พอลิเอทิลีนไกลคอล กลีเซอรอล และ ซอร์บิทอล และใช้ความเข้มข้นที่ระดับเดียวกันคือ ร้อยละ 37.5 และ 50 โดยน้ำหนักแห้ง พบว่าที่ระดับความเข้มข้นเท่ากัน ฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลจะมีการซึมผ่านไอน้ำต่ำกว่าพลาสติกไฮเซอร่อีก 2 ชนิด และเมื่อใช้สารชนิดเดียวกันแต่เพิ่มความเข้มข้น จะทำให้การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังศึกษาถึงการใช้กลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0-60 ในฟิล์มเวียโปรตีน พบว่าเมื่อปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น ฟิล์มมีการซึมผ่านไอน้ำเพิ่มขึ้นจาก 0.6 ถึง 7.6 กรัม.มิลลิเมตร/ปาสคาล/ชั่วโมง/เมตร²

Cuq, Gontard & Gilbert (1996) ศึกษาอิทธิพลของความหนาที่มีต่อสมบัติของฟิล์มจากไมโอไฟบริลลาของปลา โดยใช้ myofibrillar protein-based powders 20 กรัม และพลาสติกไฮเซอร่ที่ใช้คือ ซูโครสและซอร์บิทอล อย่างละ 17.5 กรัมต่อน้ำหนักแห้ง 100 กรัม พบว่าความหนาไม่มีผลต่อความขุ่นของฟิล์ม ร้อยละของการลายน้ำ การยืดตัว และสัมประสิทธิ์การคลายตัว เมื่อความหนาเพิ่มขึ้นแรงที่จุดขาดของฟิล์มก็เพิ่มขึ้นด้วย

Gennadios et al. (1996) ศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มโปรตีนไข่ขาว โดยมีกลีเซอรอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 30, 40 และ 50 และพอลิเอทิลีนไกลคอล และซอร์บิทอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 และ 60 โดยน้ำหนักของโปรตีน เป็นพลาสติกไฮเซอร่ พบว่าฟิล์มซอร์บิทอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 มีการซึมผ่านไอน้ำต่ำที่สุด และฟิล์มพอลิเอทิลีนไกลคอลมีค่าการยืดตัวสูงที่สุด และฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอลและพอลิเอทิลีนไกลคอลมีค่าการต้านทานแรงดึงขาดมากกว่าฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอล

Jangchud & Chinnan (1999) ศึกษาชนิดและปริมาณของพลาสติกไฮเซอร่ที่มีผลต่อคุณสมบัติของฟิล์มโปรตีนถั่ว พลาสติกไฮเซอร่ที่ใช้คือ กลีเซอริน ซอร์บิทอล พอลิเอทิลีนไกลคอล และพรอพิลีนไกลคอลอย่างละ โดยใช้ปริมาณเดียวกันคือ 0.67, 1.17 และ 1.67 กรัมต่อกรัมโปรตีน

และระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากันคือ 6.0, 7.5 และ 9.0 พบว่าฟิล์มโปรตีนถั่วมีการต้านทานแรงดึงลดลง การยืดตัวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกลีเซอรินเพิ่มขึ้น และเมื่อความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นจาก 7.5 เป็น 9.0 พบว่าฟิล์มจะมีความชื้นเพิ่มขึ้น

Rhim (1999) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกลของฟิล์มโปรตีนถั่วเหลือง โดยใช้พอลิเอทิลีนไกลคอลแอลจีเนต (polyethylene glycol alginate) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5, 10, 15, 17.5 และ 20 เป็นพลาสติกไซเซอร์ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณพอลิเอทิลีนไกลคอลแอลจีเนตจนถึงร้อยละ 10 ฟิล์มมีการซึมผ่านไอน้ำและการละลายลดลง และเมื่อเพิ่มปริมาณตั้งแต่ร้อยละ 17.5 ขึ้นไป พบว่าฟิล์มจะมีการยืดตัวที่ลดลง

Anker, Stading & Hermansson (2001) ศึกษาอายุของฟิล์มโปรตีนที่มีผลต่อสมบัติทางกลและการกีดกัน พลาสติกไซเซอร์ที่ใช้คือ กลีเซอรอลและซอร์บิทอล พบว่าฟิล์มกลีเซอรอลมีปริมาณความชื้นลดลงจากร้อยละ 22 เหลือร้อยละ 15 ภายใน 45 วัน และคงที่จนกระทั่ง 120 วัน มีค่า stress at break เพิ่มขึ้น, ค่า strain at break ลดลง และการส่งผ่านอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก -56 เป็น -45 องศาเซลเซียส โดยฟิล์มซอร์บิทอลมีปริมาณความชื้นคงที่ที่ร้อยละ 9 ซึ่งฟิล์มทั้ง 2 ชนิดมีอัตราการซึมผ่านไอน้ำคงที่

Cho & Rhee (2002) ศึกษาผลของการเติมพลาสติกไซเซอร์ที่มีผลต่อการดูดซับความชื้นของฟิล์มโปรตีนถั่วเหลือง โดยใช้กลีเซอรอล ซอร์บิทอล และกลีเซอรอลร่วมกับซอร์บิทอลที่อัตราส่วน 1:1 ในระดับความเข้มข้น 0.3, 0.5 และ 0.7 กรัมต่อกรัมโปรตีน พบว่าฟิล์มกลีเซอรอลมีการดูดซับน้ำสูงกว่าชนิดอื่น และมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้น และการดูดซับน้ำลดลงเมื่อใช้กลีเซอรอลร่วมกับซอร์บิทอล และมีการยืดตัวเพิ่มขึ้นแต่การต้านทานแรงดึงขาดลดลง ดังนั้นฟิล์มที่มีปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นจะไวต่อความชื้นสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลง ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์นั้นมีผลต่อความเข้มข้นของซอร์บิทอลอย่างชัดเจนจากค่าการต้านทานแรงดึงขาดที่ลดลง

Bozdemir & Tutas (2003) ศึกษาผลของพลาสติกไซเซอร์ต่อสมบัติการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มโกลด์เป็นกัม พลาสติกไซเซอร์ที่ใช้คือ กลีเซอรอล โพรพิลีนไกลคอล และพอลิเอทิลีนไกลคอล 200 โดยใช้ปริมาตรเดียวกันคือ 0.3, 0.6, 0.9 และ 1.2 มิลลิลิตร และซอร์บิทอล 0.364, 0.728, 1.092 และ 1.456 กรัม และลิปิดที่ใช้คือ stearopten และ beeswax พบว่าฟิล์มที่เติมพอลิเอทิลีนไกลคอล 200 และซอร์บิทอลมีการซึมผ่านของไอน้ำต่ำที่สุด ซึ่งพอลิเอทิลีนไกลคอล 200 ไปลดการจับกันของพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล ทำให้การซึมผ่านไอน้ำลดลง และฟิล์มที่เติมซอร์บิทอลและ beeswax มีลักษณะใสกว่าฟิล์มอื่นๆ โดยการเติมลิปิดทำให้การซึมผ่านไอน้ำต่ำกว่า

Tomasula, Yee & Parris (2003) ศึกษาการซึมผ่านของออกซิเจนของฟิล์มที่ผลิตจาก เคซีน, แคลเซียมเคซีน และอะซิเตตแคลเซียมเคซีน (acetate calcium caseinate) ร้อยละ 4 น้ำหนักต่อน้ำหนัก โดยพลาสติกไฮดรอกซีที่ใช้ คือ กลีเซอรอล และกลีเซอรอลร่วมกับพอลิโพรพิลีนไกล คอลที่อัตราส่วน 3:1 ในปริมาณร้อยละ 30 พบว่าฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลร้อยละ 30 และฟิล์มที่เติม กลีเซอรอลร่วมกับพอลิโพรพิลีนไกลคอลจะมีการยืดตัวสูง แต่ฟิล์มกลีเซอรอลร่วมกับพอลิโพรพิลีน ไกลคอลจะมีการซึมผ่านไอน้ำต่ำกว่าการใช้กลีเซอรอลเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะฟิล์มแคลเซียม เคซีนยังมีการซึมผ่านของออกซิเจนและไอน้ำต่ำที่สุด ซึ่งฟิล์มเคซีนและฟิล์มแคลเซียมเคซีนที่ เติมกลีเซอรอลสามารถม้วนงอได้โดยไม่มีการแตกขณะพับครึ่ง

Wells & Wang (2003) ศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มโปรตีนถั่ว โดยใช้อัตราส่วนของ กลีเซอรอลต่อซอร์บิทอลต่าง ๆ กัน ปริมาณ 5 กรัม นำไปห่อหุ้มคูกี้ม้วนฝรั่งเป็นเวลา 30 วัน พบว่า ฟิล์มที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรอลต่อซอร์บิทอลเท่ากับ 4:1 สามารถรักษาความแน่นเนื้อของคูกี้ได้ จึงมีความเป็นไปได้ในการรักษาลักษณะอาหารได้ดี เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร

Hong & Krochta (2004) ศึกษาโครงสร้างของฟิล์มโปรตีนจากหางนมร่วมกับ LDPE โดยใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไฮดรอกซี พบว่าฟิล์มมีลักษณะปรากฏที่ดี ยืดหยุ่นได้ และเกาะติดกัน ระหว่างฟิล์ม ทำให้การซึมผ่านของออกซิเจนลดลง มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ โดยการซึมผ่านของ ออกซิเจนเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น จึงเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้แทนที่บรรจุภัณฑ์ พลาสติก เพื่อทำห่อหุ้มที่กีดกันออกซิเจน

Mehyar & Han (2004) ศึกษาผลของความชื้นสัมพัทธ์และพลาสติกไฮดรอกซีต่อสมบัติทาง กายภาพและทางกลของฟิล์มอะมิโลสจากข้าวที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และฟิล์มจากแป้งถั่ว โดยใช้ แป้งข้าวอะมิโลส (amylose) และแป้งถั่วร้อยละ 3 ที่เติมกลีเซอรอลต่อแป้งในอัตราส่วน 1:2 พบว่า การเติมกลีเซอรอลของฟิล์มแป้งข้าวยืดติดกับจานมากกว่าฟิล์มแป้งถั่ว และมีความชื้นสูงกว่าฟิล์ม ที่ไม่เติมกลีเซอรอล เมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 51 ไปเป็น 90 การต้านแรงดึงขาดของ ฟิล์มทั้ง 2 ชนิดมีค่าลดลงขณะที่การยืดตัวเพิ่มสูงขึ้น แต่มีการซึมผ่านไอน้ำใกล้เคียงกัน และกีดกัน ออกซิเจนได้ดี ฟิล์มแป้งถั่วจึงให้การละลายที่ต่ำแต่แข็งแรง โดยมีสมบัติในการกีดขวางที่ดี แต่ ฟิล์มแป้งข้าวให้การยืดตัวได้ดีกว่าแต่มีความเปราะ และกีดขวางออกซิเจนได้เล็กน้อย

Schou et al. (2005) ศึกษาสมบัติของฟิล์มโซเดียมเคซีนและการนำไปใช้กับอาหาร โดยใช้สารละลายโซเดียมเคซีน 2.5 กรัม ที่มีอัตราส่วนกลีเซอรอลต่อโปรตีนเท่ากับ 0.08, 0.16, 0.24 และ 0.32 น้ำหนักต่อน้ำหนัก พบว่าฟิล์มมีลักษณะโปร่งใส โดยอัตราส่วนของกลีเซอรอลต่อ โปรตีนเท่ากับ 0.16 จะให้ฟิล์มที่ทนต่อการพับได้สูงสุดปราศจากการแตก เมื่อนำไปห่อหุ้มขนมปัง

ที่มีระยะเวลาการเก็บ 6 ชั่วโมง สามารถลดความแข็งลงได้มากกว่าครึ่งหนึ่ง และเมื่อความชื้นและปริมาณกลีเซอรอลมีค่าเพิ่มขึ้นการบรรจุสูงสุด และสมบัติทางกลจะมีค่าลดลง แต่เมื่ออัตราส่วนของกลีเซอรอลต่อโปรตีนเท่ากับ 0.24 และ 0.32 การยืดตัวและการซึมผ่านไอน้ำจะเพิ่มขึ้น

การปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มโดยเตรียมเป็นฟิล์มโปรตีน-พอลิแซ็กคาไรด์

Mishra, Mann & Joshi (2001) ศึกษาปฏิกิริยาของเวย์โปรตีนร่วมกับเพคติน โดยใช้อัตราส่วนของเวย์โปรตีนต่อเพคตินเท่ากัน ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 เก็บไว้ในอุณหภูมิ 60 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 10 และ 15 วัน และประเมินผลจากตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของอิมัลชันเท่ากับร้อยละ 0.025, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 0.75 และ 1.0 และประเมินความคงตัวหลังเก็บไว้ในอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำไปเก็บไว้ในอ่างน้ำแข็ง เป็นเวลา 15 นาที นำไปเซนตริฟิวส์เพื่อคำนวณหาความคงตัว การเกิดเจลจะใช้เจลที่มีความเข้มข้นของโปรตีนร้อยละ 4, 8, 12, 16 และ 20 โดยน้ำหนัก ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.6, 7.5 และ 8.5 พบว่าหลังจากเก็บไว้ 15 วัน ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.0 ฟิล์มทั้ง 2 ชนิดมีการละลายลดลง โดยเวย์โปรตีนละลายได้มากกว่าเวย์โปรตีนเพคติน และเวย์โปรตีนเพคตินมีความคงตัวของอิมัลชันน้อยกว่า โดยความคงตัวลดลงตามปริมาณเพคตินที่เพิ่มขึ้น ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8.5 เพคตินเกิดเจลได้ดี และเร็วกว่าเวย์โปรตีน หลังเก็บไว้ 15 วันเพคตินมีปริมาณฟองเพิ่มขึ้นและมีมากที่สุดที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.6 และมีความคงตัวสูงกว่า โดยปริมาณฟองที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงการละลายและความยืดหยุ่นของฟิล์มจึงทำให้ฟิล์มเหนียวมากขึ้น

Diftis & Kiosseoglou (2003) ศึกษาคุณสมบัติของอิมัลชันโปรตีนถั่วเหลืองร่วมกับการใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยใช้อัตราส่วนของโปรตีนถั่วเหลือง (soy bean protein isolate) ต่อคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 (มีความหนืด 3 ระดับ คือ ต่ำ, ปานกลาง และสูง) เท่ากับ 1:1 และ 1:3 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) พบว่าสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองต่อคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีสีน้ำตาลเข้มกว่า และหลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 3-5 สัปดาห์ ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.5 ขนาดหยดการแพร่กระจายน้อยกว่าสารละลายโปรตีนถั่วเหลือง และการเป็นอิมัลชันเพิ่มขึ้น การรวมกันของหยดน้ำมันลดลง และสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองต่อคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่อัตราส่วน 1:1 มีการละลายสูงกว่าสารละลายโปรตีนถั่วเหลือง โดยการละลายลดลงตามปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่เพิ่มขึ้น ส่วนคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่มีความหนืดปานกลางจะมีความคงตัวของอิมัลชันสูงที่สุด และที่อัตราส่วน 1:1 ทั้งความหนืดต่ำและปานกลางจะเกิดฟองได้อย่างรวดเร็ว

Mariniello et al. (2003) ศึกษาวิธีการเตรียมฟิล์มบริโกลได้จากเพคตินร่วมกับแป้งถั่วเหลือง โดยใช้เอนไซม์ *Streptovorticillium* TGase substrate protein และเตรียมฟิล์มจากคอลลอยด์ร่วมกับเพคติน โดยใช้ *Streptovorticillium* TGase ช่วยให้การครอสลิงค์ไอโซเพพไทด์มีความคงตัวสูง โดยพบว่าอัตราส่วนเพคตินต่อแป้งถั่วเหลืองที่เหมาะสมคือ 2:1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ฟิล์มมีผิวหน้าเรียบและเป็นเนื้อเดียวกัน และเมื่อปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้นความแข็งแรงและการยืดหยุ่นตัวจะลดลง

Neiryck et al. (2004) ศึกษาคุณสมบัติความคงตัวของอิมัลชันของชั้นโปรตีนจากหางนมร่วมกับการใช้เพคติน โดยอัตราส่วนของโปรตีนร้อยละ 5 ต่อเพคตินเท่ากับ 1/0, 4/1, 2/1, 1/1 และ 0/1 ละลายด้วยกรดอะซิติก 50 มิลลิโมลต่อลิตร ในสารละลายโซเดียมอะซิเตดบัฟเฟอร์ ที่มีความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4.0 และ 5.5 และเติมน้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 20 พบว่าความร้อนในการทำแห้งเหนี่ยวนำให้เพคตินจับกับโปรตีนด้วยพันธะโควาเลนต์ และที่ความเป็นกรดต่าง 5.5 ปรับปรุงการเป็นอิมัลชันให้ดีขึ้น โดยเพคตินที่อัตราส่วนเท่ากับ 4/1 มีการละลายของโปรตีนมากที่สุด และอิมัลชันมีความคงตัวสูง ซึ่งที่ความเป็นกรดต่างนี้พบว่าประจุลบมีผลต่อขนาดของหยดอิมัลชัน ทำให้การจับกันของโปรตีนที่บริเวณเชื่อมต่อกันเพิ่มมากขึ้น และทำให้ความคงตัวของไฟฟ้าสถิตในช่องว่างอะตอมมีมากขึ้น

การปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มโดยเตรียมเป็นฟิล์มโปรตีน-ลิดอิมัลชัน

Ayranci & Tunc (2001) ศึกษาปริมาณกรดที่มีผลต่อการแพร่ไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ของฟิล์มเซลลูโลส โดยใช้เมทิลเซลลูโลส 3 กรัม พอลิเอทิลีนไกลคอล 1.18 กรัม เอทานอล 66 มิลลิลิตร และกรดไขมันคือ กรดสเตียริก กรดปาล์มมิติก และกรดลอริก อย่างละ 5, 15, 25 และ 40 กรัม พบว่าเมื่อปริมาณกรดเพิ่มขึ้นฟิล์มมีการซึมผ่านไอน้ำลดลง โดยฟิล์มที่ใช้กรดสเตียริก 40 กรัม มีการซึมผ่านไอน้ำน้อยที่สุด และที่ 15 กรัม พบว่าฟิล์มมีการแพร่ของคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด

Cho, Park & Rhee (2002) ศึกษาสมบัติของฟิล์มโปรตีนร่วมกับโซเดียมเคซีนและคอร์น-ซีน โดยใช้อัตราส่วนของโปรตีนต่อโซเดียมเคซีนเท่ากับ 50:50, 60:40 และ 70:30 น้ำหนักต่อน้ำหนัก และเติมซอร์บิทอล 3 กรัม ปรับปรุงความเป็นกรดต่างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 10 และเติมสารละลายคอร์น-ซีนที่เติมกรดสเตียริก 5, 10, 15 และ 20 กรัมต่อคอร์น-ซีน 100 กรัม และเติมพอลิเอทิลีนไกลคอล 5.48 กรัม และกลีเซอริน 6.08 กรัม พบว่าอัตราส่วนของโปรตีนต่อโซเดียมเคซีนที่เพิ่มขึ้นและเติมคอร์น-ซีนที่เติมกรดสเตียริก 10 กรัม ทำให้การต้านแรงดึงขาดเพิ่มขึ้น การซึมผ่านไอน้ำลดลง และชั้นคอร์น-ซีนยึดออกลดลง

Lai, Padua & Wei (1996) ศึกษาสมบัติและโครงสร้างของฟิล์มคอรัน-ซิน ที่มีกรดปาล์มมิติกและกรดสเตียริกเป็นพลาสติไซเซอร์ พบว่าการต้านทานแรงดึงขาดและการดูดซับน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกรดปาล์มมิติกและกรดสเตียริกมีค่าลดลง

Tanaka et al. (2001) ศึกษาชนิดและปริมาณไขมันที่มีผลต่อสมบัติของฟิล์มโปรตีนจากปลา โดยใช้สารละลายโปรตีนจากปลาทะเลสาบพันธุ์ *Makaira mazara* ร้อยละ 3.0 มีความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 10 โดยเติมกลีเซอรอลร้อยละ 50 และไขมัน 3 ชนิด คือ 1) กรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ กรดลอริก กรดปาล์มมิติก กรดสเตียริก และไขมัน 2) กรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิก 3) น้ำมัน ได้แก่ น้ำมันถั่ว (peanut oil) น้ำมันข้าวโพด น้ำมันสลัด (salad oil) และน้ำมันตับปลา (Cod liver oil) ร้อยละ 20 และ 40 น้ำหนักต่อน้ำหนักของโปรตีน พบว่าฟิล์มลอริกมีการต้านทานแรงดึงขาดสูงที่สุด ซึ่งฟิล์มสเตียริกจะให้การต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัวต่ำที่สุด ส่วนฟิล์มโอเลอิกจะให้การยืดตัวสูงที่สุดและกีดกันการซึมผ่านไอน้ำได้ดี

Bravin, Peressini & Sensidoni (2004) ศึกษาชนิดและปริมาณของอิมัลชันและลิปิดที่มีผลต่อสมบัติและโครงสร้างของฟิล์มไขมันพอลิแซ็กคาไรด์ โดยใช้เมทิลเซลลูโลส 1.44 กรัม ในสารละลายที่มีอัตราส่วนของน้ำต่อเอทิลแอลกอฮอล์ เท่ากับ 2:1 เติมคอรันสตาร์ช 3.19 กรัม และกลีเซอรอล 1.16 กรัม เป็นพลาสติไซเซอร์ ลิปิดที่ใช้คือ soybean oil และ cocoa butter ร้อยละ 10 และ 20 และมี GMS (glyceryl monostearate), ทวิน 60 และ ทวิน 80 ร้อยละ 10 และ 30 เป็นอิมัลชัน พบว่าฟิล์ม soybean oil ร้อยละ 10 มีการซึมผ่านไอน้ำน้อยกว่า cocoa butter และเมื่อเติมทวิน 80 ลงใน soybean oil และ cocoa butter จะให้ฟิล์มที่มีการซึมผ่านไอน้ำน้อยที่สุดและน้อยกว่าฟิล์มที่ไม่เติมอิมัลชัน แต่ cocoa butter มีการต้านทานแรงดึงขาดต่ำแต่การยืดตัวสูง แต่ soybean oil ที่เติม GMS มีการต้านทานแรงดึงขาดต่ำและการยืดตัวสูง ดังนั้นการเติมอิมัลชันช่วยให้สมบัติโดยรวมของ cocoa butter ดีขึ้น แต่ไม่มีผลต่อ soybean oil

Yoshida & Antunes (2004) ศึกษาผลของการเติมกรดสเตียริกในฟิล์มเวย์โปรตีนอิมัลชัน โดยใช้โปรตีนเข้มข้นร้อยละ 6.5 กลีเซอรอลร้อยละ 3 และกรดสเตียริกร้อยละ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.0 โดยปรับความเป็นกรด-ด่างด้วยโซเดียมคลอไรด์ 1 โมลาร์ ให้เท่ากับ 5.0, 6.0, 7.0 และ 9.0 พบว่าสารละลายมีความหนืดสูง ยากต่อการจัดฟองอากาศก่อนขึ้นรูป กรดสเตียริกเข้มข้นร้อยละ 0.25 ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.0 มีการละลายของโปรตีน การซึมผ่านไอน้ำ และการต้านทานแรงดึงขาดสูงที่สุด แต่ที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 9.0 มีการยืดตัวและการเกาะติดกันสูงกว่า โดยสมบัติของฟิล์มทุกด้านลดลงตามปริมาณกรดสเตียริกที่เพิ่มขึ้น

Bertan et al. (2005) ศึกษาผลของการรวมตัวกันของยางจากต้นไม้ (Brazilian elemi) ลงในฟิล์มเจลาตินโดยใช้กรดปาล์มมิติคผสมกับกรดสเตียริก โดยฟิล์มเจลาตินจะใช้เจลาติน 10 กรัม triacetin ร้อยละ 15 ส่วนฟิล์มผสมกรดไขมันจะใช้กรดสเตียริก กรดปาล์มมิติค และกรดปาล์มมิติคผสมกับกรดสเตียริกอัตราส่วนเท่ากับ 1:1 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ลงในสารละลายฟิล์มเจลาติน และฟิล์มผสมยางไม้จะใช้ยางไม้ร้อยละ 1, 2.5, 5, 10, 15 และ 20 พบว่าฟิล์มยางไม้ร้อยละ 10 กัดกันไอน้ำได้ดีที่สุดแต่มีการละลายของแข็งและความขุ่นของฟิล์มสูงกว่าฟิล์มเจลาติน แต่ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 มีการยึดตัวน้อยที่สุด และการเติมกรดสเตียริกก็ลดการซึมผ่านไอน้ำได้ดีที่สุด แต่สมบัติทางกลกลับมีค่าน้อยกว่ากรดปาล์มมิติค

