



ศักยภาพต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากใบมะรุมและเปลือกมังคุดบนฟิล์มเจลลาติน
จากปลา และการประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารทอด

โดย

อาจารย์ ดร.พีรยา โชติถนอม และคณะ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัย
งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2554
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม



ศักยภาพด้านออกซิเดชันของสารสกัดจากใบมะรุุมและเปลือกมังคุดบนฟิล์มเจลลาติน
จากปลา และการประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารทอด

คณะผู้วิจัย

อาจารย์ ดร.พีรยา โชติถนอม

อาจารย์ ดร.มังกร ศรีสะอาด

ผศ. ดร.อนุชิตามุ่งงาม

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัย
งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2554
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2554 และขอบพระคุณภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่สนับสนุนด้านเครื่องมือ และสถานที่ในการทำงานวิจัย

พริยา โชติถนอม

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดเจลาตินจากหนังปลาตุก การเตรียมฟิล์มจากเจลาตินที่สกัดได้ และศึกษาผลกระทบของสารสกัดเปลือกมังคุดและโบมะรุมีที่มีต่อคุณสมบัติของฟิล์ม และความสามารถในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปลาทอด พบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดโบมะรุมี อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณเจลาตินและโปรตีนที่ได้ โดยพบอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 65 องศาเซลเซียส การบ่มสารละลายเจลาตินด้วยความร้อนขึ้นก่อนขึ้นรูปแผ่นฟิล์มทำให้ได้ฟิล์มที่แข็งแรงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การใช้กลีเซอรอลปริมาณมากจะทำให้ฟิล์มยืดหยุ่นแต่อาจส่งผลเสียต่อการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ สารสกัดเปลือกมังคุดความเข้มข้น 750-2,250 ppm มีผลให้ฟิล์มมีความแข็งแรงลดลงไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 กรณีที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ การใช้ plasticizer ผสมระหว่างกลีเซอรอลและซอร์บิทอล ช่วยเพิ่มความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีขึ้น สารสกัดเปลือกมังคุดมีแนวโน้มในการชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าสารสกัดโบมะรุมี และสามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปลาทอดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ในถุงที่ผลิตจากฟิล์มเจลาตินที่ผลิตได้

Abstract

The objective of this research were to investigate the conditions for gelatin extraction and gelatin film preparation. Another object was to study the impact of extracts from mangosteen peel (*Garcinia mangostana* L.) and drumstick leaves (*Moringa oleifera* Lam.) on gelatin film properties and their antioxidant activity on the film. The efficiency of the obtained films on fried fish preservation was also evaluated. The results show that, mangosteen peel extract showed higher phenolic content and antioxidant activity than drumstick leaf extract. Temperature was the major effect on gelatin volume and protein yield. An appropriate temperature was 65°C. Steam heating of gelatin solution prior the film formation step could significantly increase the film strength ($p < 0.05$). Higher than 50% of film strength was decreased when film solution was mixed with 750-2,250 ppm mangosteen peel extract for the glycerol plasticized film. Plasticizer blend of glycerol and sorbitol could increase water vapor resistance of gelatin film. Mangosteen peel extract seems to retard the oxidation of and microbial growth of fried fish product kept in gelatin pouch for 14 days as compared to drumstick leaf extract.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
บทที่1 บทนำ	1
บทที่2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่3 วิธีดำเนินงานวิจัย	17
บทที่4 ผลการดำเนินงาน	20
บทที่5 สรุปผลการทดลอง	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก	32

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาขยะรวมของโลก และปัญหาการขาดแคลนน้ำมันเป็นสิ่งที่หลายประเทศให้ความสนใจและกังวลใจ ขยะที่เพิ่มขึ้นนี้ส่วนใหญ่เป็นขยะพลาสติกซึ่งย่อยสลายได้ยากหรือไม่ย่อยสลายเลย อีกทั้งวัตุถุติบในการผลิตพลาสติกเหล่านี้ได้มาจากอุตสาหกรรมน้ำมันปิโตรเลียม ปัญหาทั้งสองประการจึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อแหล่งป้อนวัตุถุติบให้กับอุตสาหกรรมผลิตพลาสติกในอนาคต การพัฒนาพลาสติกชนิดใหม่ๆที่สามารถย่อยสลายได้เพื่อการใช้งานทั่วไปจากแหล่งวัตุถุติบที่สามารถผลิตขึ้นใหม่ได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะประเทศแถบยุโรป เช่น ประเทศฝรั่งเศสที่กำลังมีมาตรการเข้มในการห้ามใช้ฟิล์มพลาสติกเช่น polyethylene สำหรับการนำเข้าสินค้าในปี 2010 นี้ นอกจากนี้การรักษาสุขภาพกำลังได้รับความสนใจจากคนทั่วโลก ซึ่งตื่นตัวกับการนำผลผลิตทางธรรมชาติมาใช้ประโยชน์เพื่อสุขภาพ การหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีหรือสารสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์อาหารกำลังเป็นที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง การใช้สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสังเคราะห์ เช่น BHT BHA และ TBHQ สามารถยับยั้งการเกิดกระบวนการออกซิเดชันได้ แต่สารสังเคราะห์เหล่านี้มีข้อจำกัดการใช้ คือมีความเป็นพิษเมื่อใช้ในระดับที่ไม่เหมาะสม มีความสามารถในการละลายน้ำและการแพร่สู่น้ำเยื่อสัตว์ได้ต่ำ ทำให้มีประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ต่ำเมื่อใช้ในปริมาณน้อย ทำให้เกิดปัญหาการใช้สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสังเคราะห์เกินปริมาณที่กำหนดดังที่ปรากฏตามสื่อต่างๆอยู่เสมอ การใช้สารสกัดจากพืชที่มีองค์ประกอบต้านการเกิดออกซิเดชันและการเจริญของจุลินทรีย์เป็นทางเลือกที่น่าสนใจยิ่ง ผลจากการวิจัยของ พงศธร มั่นทะ พิรยา โชติถนอม และบุษกร ทองใบ (2552) (ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก งบประมาณแผ่นดิน ปี 2552 รหัสโครงการย่อย 2552A10903003: การผลิตแอคทีฟฟิล์มที่มีส่วนประกอบของสารแอนติออกซิแดนซ์และสารต้านจุลินทรีย์จากพืช และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ปลาทอด) พบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดมีคุณสมบัติดีมากในการเป็นสารต้านออกซิเดชันบนแผ่นฟิล์มที่ผลิตจาก Sodium caseinate แต่มีฤทธิ์ต่ำสำหรับฟิล์มที่ผลิตจาก Carboxymethyl cellulose ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ประเภทพอลิแซคคาไรด์ คณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการต่อยอดงานวิจัย คือการผลิต การผลิตฟิล์มธรรมชาติจากประเภทเจลาตินที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากเปลือกมังคุดและใบมะรุม โดยมีเหตุผล 3 ประการ คือ 1) ประเทศเรามีของเสียประเภทหนังปลาหรือหนังสัตว์ต่างๆจำนวนมากจึงควรนำมาใช้ผลิตฟิล์มเจลาตินให้คุ้มค่าที่สุด 2) ใบมะรุมและเปลือกมังคุดมีคุณสมบัติต้านออกซิเดชันที่ดีและเรามีผลิตผลจำนวนมาก ซึ่งยังไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในวงกว้างอย่างเต็มที่ และ 3) ฟิล์มจากโปรตีนเป็นฟิล์มธรรมชาติ ที่มีความสามารถในการปลดปล่อยสารแอนติออกซิแดนซ์ได้สูง

ฟิล์มประเภทโปรตีนนอกจากมีคุณค่าทางโภชนาการแล้วยังมีคุณสมบัติด้านการป้องกันการซึมผ่านของอากาศและน้ำได้ในระดับดี (Chen, 2002) และสามารถเตรียมได้ง่ายเนื่องจากสามารถละลายน้ำได้ดี ซึ่งคุณสมบัติของฟิล์มขึ้นอยู่กับวิธีการเตรียม ชนิดและปริมาณ Plasticizers/Additives ที่ใช้ ระดับการ

เชื่อมข้ามของ Collagen และน้ำหนักรโมเลกุล มีรายงานการใช้ฟิล์มจาก Sodium caseinate ห่อผลิตภัณฑ์ขนมปัง (Schou et al., 2005) ผลจากการทดลองพบว่า ฟิล์มจากโซเดียมเคซิเนตช่วยลดความแข็งของขนมปังได้ดี และยังสามารถช่วยรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผักและผลไม้ได้ดี (Krochta et al., 1990) ที่ผ่านมามีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาถึงคุณสมบัติของฟิล์มเจลาตินที่ผลิตจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงหน้าที่ต่างๆที่ดีและทนต่อความร้อนสูง แต่มีราคาสูง เมื่อเปรียบเทียบกับเจลาตินจากหนังปลาและเกล็ดปลาและมีผลงานวิจัยจำนวนมากแล้ว (Ledward, 1986; Norland, 1999; Bertan et al., 2005; Menegalli et al., 1999; Simon-Lukasik and Ludescher, 2004) ขณะที่ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับฟิล์มเจลาตินที่ผลิตจากปลาและเกล็ดปลายังต้องมีการค้นคว้าต่อไป ดังจะพบว่างานวิจัยใหม่ๆให้ความสนใจฟิล์มเจลาตินที่ผลิตปลามากขึ้น (Gómez-Estaca et al., 2009; Gómez-Guillen et al., 2009; Rattaya et al., 2009; Gómez-Estaca et al., 2007)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงขอเสนอโครงร่างงานวิจัยเพื่อ ศึกษาศักยภาพด้านออกซิเดชันของสารสกัดจากไบโอมะรุมและเปลือกมังคุดบนฟิล์มจากเจลาติน โดยศึกษากระบวนการผสมสารสกัดที่เหมาะสมเพื่อรักษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ต่างๆ รวมทั้งลักษณะปรากฏ และศึกษาผลสัมฤทธิ์การนำฟิล์มที่ผลิตได้ไปใช้กับผลิตภัณฑ์ทอด (ใช้เป็นแบบจำลองผลิตภัณฑ์) โดยมีเป้าหมายเพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชัน หรือกลิ่นเหม็นหืน และการเปลี่ยนแปลงสีในระหว่างการเก็บรักษาหรือวางจำหน่าย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเจลาตินจากหนังปลา และแผ่นฟิล์มที่เหมาะสม
2. เพื่อศึกษากระบวนการ (วิธีการผสมและปริมาณ) ผสมสารสกัดจากไบโอมะรุมและเปลือกมังคุดในสารละลาย และบนแผ่นฟิล์มเจลาติน
3. เพื่อศึกษาความสามารถในการออกฤทธิ์ต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเปลี่ยนแปลงสีในผลิตภัณฑ์อาหารทอดของแผ่นฟิล์มที่ผลิตได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โลกกำลังจะเผชิญวิกฤตด้านน้ำมันและขยะพลาสติก จึงควรลดการใช้พลาสติกซึ่งได้จากจากอุตสาหกรรมน้ำมันปิโตรเลียมโดยตรง ซึ่งยังส่งผลกระทบต่อโลกร้อนได้อีกประการหนึ่ง บรรจุภัณฑ์จากธรรมชาติกำลังอยู่ในความสนใจของนักวิจัยและองค์การค้ำระหว่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศในแถบยุโรป ประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการผลิตวัตถุดิบทั้งพืชและสัตว์ ในปัจจุบันนักวิจัยให้ความสนใจผลิตฟิล์มเจลาตินจากหนังและเกล็ดปลามากขึ้น เนื่องจากมีปริมาณมากจากอุตสาหกรรมประมงและผลิตภัณฑ์อาหาร และหากสามารถผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์แอคทีฟโดยใช้สารสกัดจากใบมะรุมและเปลือกมังคุดจะส่งเสริมให้เกิดมูลค่าของผลิตวัตถุดิบทางการเกษตรของไทยอย่างยิ่ง ใบมะรุมและเปลือกมังคุดซึ่งมีปริมาณมากในประเทศไทย ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในด้านของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทั้งการต้านจุลินทรีย์และต้านอนุมูลอิสระ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาศักยภาพของฟิล์มเจลาติน ที่มีส่วนผสมของสารสกัดดังกล่าว โดยทั้งนี้ต้องวิจัยถึงผลกระทบของการผสมสารสกัดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงหน้าที่ต่างๆ ซึ่งโดยทั่วไปสารสกัดหรือรงควัตถุที่เติมลงไปจะกระทบต่อฐานวิทยาของพอลิเมอร์ ซึ่งจะทำให้สูญเสียคุณสมบัติพึงประสงค์บางอย่าง เช่น ความใส การเกิดผลึกของพอลิเมอร์ขึ้นในระหว่างการใช้งาน การยอมให้น้ำหรือออกซิเจนผ่านได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตามความรุนแรงของปรากฏการดังกล่าวขึ้นอยู่กับกระบวนการเตรียมสารละลายฟิล์มและการผสมสารสกัดและชนิด Additives ซึ่งควรหาจุดที่เหมาะสม คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษากระบวนการเตรียมสารละลายฟิล์ม การผสมสารสกัดใบมะรุมและเปลือกมังคุดและชนิดของ Additives ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีสมบัติต้านออกซิเดชันได้และยังคงรักษาคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่น และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของฟิล์มหลังการผสมสารสกัดเปลือกมังคุด โดยทดสอบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ คือ ผลิตภัณฑ์ปลาทอด

มะรุม (Horse radish tree, Drumstick, *Moringa oleifera* Lam.)

มะรุมนเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางที่ถูกปลูกไว้ในบริเวณบ้านไทยมาแต่โบราณ ต้นมะรุมนพบได้ทุกภาคในประเทศไทย ทางภาคเหนือเรียกว่า "ผักมะค้อนก้อม" ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียก "ผักอีฮูมหรือผักอีฮิม" มะรุมนจัดเป็นพืชที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก เพราะสามารถใช้เป็นอาหาร โดยส่วนใบ ผล (ฝัก) ดอก และ ผลอ่อนของมะรุมนได้รับการจัดให้เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูงในหลายประเทศ โดยเฉพาะในประเทศอินเดีย ปากีสถาน ฟิลิปปินส์ ฮาวาย และอีกหลายประเทศในทวีปแอฟริกา มีรายงานว่าใบของมะรุมนประกอบด้วยเบต้าแคโรทีน โปรตีน วิตามินซี แคลเซียม และโปแตสเซียมปริมาณสูง ซึ่งจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่ดี จึงช่วยยืดอายุของอาหารที่มีไขมันปริมาณสูงได้ เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระที่หลากหลาย ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก และแคโรทีนอยด์ สารออกฤทธิ์ในใบมะรุมนมีหลายชนิด ได้แก่ สารประกอบ phenolics ในกลุ่ม flavonoid เช่น quercetin and kaempferol (Siddhuraju and Becker, 2003) และสารในกลุ่ม glucosinolate ได้แก่ 4-(α -L-rhamnopyranosyloxy)-benzylglucosinolate (Bennett et al., 2003) ซึ่งสารเหล่านี้ล้วนมีฤทธิ์ทางชีวภาพ ทั้งด้านการป้องกันและรักษา ตลอดจนการป้องกันการเสื่อมเสียของอาหาร จึงทำให้มะรุมนมีฤทธิ์ชีวภาพที่น่าสนใจ

เปลือกมังคุด (Mangosteen, *Garcinia mangostana* L.)

เปลือกมังคุดซึ่งมีปริมาณสูงถึง 60% โดยน้ำหนักของผล มีสารออกฤทธิ์ชีวภาพหลายชนิด เช่น Xanthones, α - และ δ -mangostin, Polyphenols, Quinones, Tannin, Catechins, Polysaccharides, Stilbenes และ anthocyanins เป็นต้น สารทั้งหมดมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและเสริมสุขภาพในหลายๆด้าน โดยเฉพาะ แอนโธไซยานินส์ ซึ่งเป็น phytochemical ที่ให้สีน้ำเงิน จนถึงสีแดง ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น โครงสร้างทางเคมี และ pH ของตัวทำละลาย เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิกในเปลือกมังคุดมีหลากหลายชนิด พบว่าสารสกัดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณแอนโธไซยานินส์ เท่ากับ 2430.7 และ 484.26 mg/100g ตามลำดับ เมื่อทดสอบความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่ามีค่าการยับยั้งอนุมูลอิสระที่คิดเป็นค่า 50% inhibitory concentration (IC₅₀) เท่ากับ 2,444 ppm (พงศธร มั่นทะ, พีรยา โชติถนอม และบุษกร ทองใบ, 2552) นอกจากนี้มีรายงานถึง Xanthones ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ในเปลือกมังคุดในด้านการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ มีสูตรโมเลกุลคือ C₁₃H₈O₂ มวลโมเลกุล 196.19 กรัมต่อโมล จุดเดือด 351 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ยาก แต่จะละลายได้ดีในแอลกอฮอล์และอีเทอร์ สารแซนโทน มีรสฝาดมาก

เจลาติน (gelatin)

เจลาตินเป็นสารโปรตีนชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ โดยวัตถุดิบที่สามารถนำมาทำการผลิตเจลาตินได้นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นผลพลอยได้ของสัตว์ที่มีราคาถูกจากโรงฆ่าสัตว์ และโรงฟอกหนัง เนื่องจากวัตถุดิบเหล่านั้นมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ คอลลาเจน ซึ่งเมื่อนำมา

ผ่านกระบวนการผลิตสามารถเปลี่ยนเป็นเจลาตินได้ ธรรมชาติและสภาวะของวัตถุดิบที่นำมาทำการผลิต จะมีอิทธิพลต่อผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ โดยวัตถุดิบที่แตกต่างกันก็จะใช้กรรมวิธีที่ต่างกัน และให้คุณภาพ เจลาตินที่ต่างกันด้วย สำหรับวัตถุดิบที่นิยมนำมาผลิตเจลาตินในระดับอุตสาหกรรมนั้น มักใช้กระดูก และหนังโค กระบือ และหนังสุกร เนื่องจากได้เจลาตินมีคุณภาพดี ส่วนการผลิตเจลาตินจากหนังปลานั้น ไม่ค่อยมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมมากนัก เนื่องจากกล่าวกันว่า คุณภาพจะไม่ดีเท่าเจลาตินจากกระดูกโค กระบือ และหนังสุกร

เจลาตินผลิตได้จากแหล่งประกอบที่สำคัญ คือ คอลลาเจน ซึ่งคอลลาเจนมาจากภาษากรีก หมายถึง สิ่งที่ทำให้ผลผลิตเป็นเจลาตินหรือกาว คอลลาเจนจัดเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble protein) โดยจะไม่ละลายในกรดอ่อนและด่างอ่อน แต่สามารถละลายได้ในน้ำร้อน และจัดอยู่ในโปรตีนประเภทโครงสร้าง (Structure protein) พบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective tissue) ต่าง ๆ เช่น เอ็น กระดูก หนัง เขาสัตว์ เป็นต้น โดยคอลลาเจนจะทำหน้าที่สร้างความแข็งแรง และ ยึดเหนี่ยวส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ไว้ คอลลาเจนจะมีอยู่ประมาณร้อยละ 30 ของส่วนที่เป็นอินทรีย์สารทั้งหมดในสัตว์ หรือประมาณร้อยละ 60 ของสารที่เป็นโปรตีนทั้งหมด คอลลาเจนมีน้ำตาลกาแลคโตสและกลูโคสพบนอยู่ในปริมาณเล็กน้อยและมีสีขาวย เนื่องจากมีกรดอะมิโนไฮดรอกซีโพลีนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย คอลลาเจนพองตัวได้ดีในน้ำที่เป็นกรดหรือด่าง เมื่อได้รับความร้อนคอลลาเจน จะหดตัวเหลือความยาวเพียง 1 ใน 3 เท่านั้น เมื่อคอลลาเจนแยกออกจากกันละลายอยู่ในน้ำสิ่งที่ได้ คือ เจลาติน ซึ่งจะเกิดเจลเมื่ออุณหภูมิลดลง ปริมาณการเปลี่ยนจากคอลลาเจนเป็นเจลาตินขึ้นอยู่กับอายุของสัตว์และอุณหภูมิที่ใช้สกัด (Harris,1990) มีงานวิจัยในการนำเจลาตินมาใช้ประโยชน์ในการขึ้นรูปฟิล์ม เช่น การผลิตฟิล์มเจลแลน (gellan) โดยมีกลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ ในปริมาณ 65-75 % (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น ค่าการยืดตัว (elongation) และค่าการแพร่ผ่านไอน้ำจะเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการต้านแรงดึง (tensile strength), อีลาสติก โมดูลัส (elastic modulus) และความเงาจะลดลง ส่วนผลของ A_w ก็เช่นเดียวกับผลของกลีเซอรอล เนื่องจากทั้งกลีเซอรอลและความชื้นทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ ซึ่งจะเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับแผ่นฟิล์ม โดยทำให้สายโพลิเมอร์มีช่องว่างมากขึ้นในการเคลื่อนที่ นอกจากนี้ยังทำให้อิอน้ำสามารถแพร่ผ่านฟิล์มได้ดี ส่วนความแข็งแรงของฟิล์มลดลง (Yang and Pualson, 2000) ในขณะที่ฟิล์มเจลาตินที่มีซอร์บิทอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ก็ให้ผลในทางเดียวกัน (Sobral.et al., 2001)

ขั้นตอนการผลิตเจลาติน

จุดประสงค์ของการผลิตเจลาติน คือ ต้องการควบคุมการย่อยสลาย (Hydrolysis) ของคอลลาเจน ซึ่งอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำได้ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สามารถละลายน้ำได้พร้อมกับมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ต้องการ เช่น ความแข็งแรงของเจล โดยชนิดและอายุของคอลลาเจนที่นำมาทำ

การผลิตจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของเจลาตินที่ผลิตได้ กระบวนการผลิตเจลาตินจะมีอยู่ 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ

1. การเตรียมวัตถุดิบ
2. การสกัด
3. การทำเจลาตินให้แห้ง

โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการสกัด (วรณวิมล,2540) ดังนี้

การเตรียมวัตถุดิบ

โดยทั่วไปการเตรียมวัตถุดิบจะมีอยู่ 3 วิธี คือ

1. Acid Process เป็นการเตรียมวัตถุดิบโดยการแช่วัตถุดิบในกรด การที่ใช้ส่วนมากได้แก่ กรดไฮโดร-คลอริก (Hcl) กรดซัลฟูริก (H₂SO₄) ตัวอย่างที่มักทำการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีนี้คือ หนังสุกรเจลาตินที่ได้เรียกว่า เจลาตินชนิดเอ (Gelatin type-A)

2. Alkaline process เป็นการเตรียมวัตถุดิบโดยการแช่วัตถุดิบในด่าง ต่างที่นิยมใช้ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ตัวอย่างที่มักทำการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีนี้ คือ หนัง และกระดูกโค กระบือเจลาตินที่ได้เรียกว่า เจลาตินชนิดบี (Gelatin type-B)

3. Enzymatic treatment เป็นวิธีการเตรียมวัตถุดิบสำหรับขั้นตอนการสกัดต่อไป ซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติขั้นต้นแบบใหม่ ซึ่งช่วยลดเวลาในการสกัดได้ ปริมาณ (yield) สูงเกือบ 100% มีความบริสุทธิ์สูงและให้คุณภาพที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เจลาตินเป็นส่วนผสม

การใช้วิธี Acid Process จะใช้เวลาในการเตรียมวัตถุดิบประมาณ 10-30 ชั่วโมง โดยจะเร็วกว่า Alkaline process ซึ่งใช้เวลาประมาณ 5-12 สัปดาห์

จุดประสงค์ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเพื่อ ต้องการที่จะเปลี่ยนคอลลาเจนให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมต่อการสกัด โดยจะทำให้คอลลาเจนที่มีอยู่ในวัตถุดิบเกิดการพองตัว ซึ่งลักษณะการพองตัวเป็นลักษณะที่สำคัญในขั้นตอนนี้ การพองตัวจะแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างของคอลลาเจนที่มีลักษณะเป็นเส้นใยให้แยกออกจากกัน บางส่วนเป็นการไปทำลายแรงวัลเดอร์วาลส์ มีผลทำให้คอลลาเจนเปลี่ยนเป็นเจลาตินได้ง่ายขึ้น การแช่ด่างจะทำให้คอลลาเจนเกิดการละลาย แต่ด่างจะทำให้พวกที่ไม่ใช่คอลลาเจน เช่น keratin, globulin, mucopolysaccharide, elasstin, mucin เป็นต้น สามารถละลายและตกตะกอนในระหว่างการผลิตได้ การที่สารเหล่านั้นจะเกิดการละลายได้มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับลักษณะของวัตถุดิบด้วย ถ้าวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตมีคุณภาพดีก็ทำให้สารต่าง ๆ สามารถละลายได้ดี แต่ถ้าใช้วัตถุดิบคุณภาพไม่ดีสารเหล่านั้นอาจมีการละลายได้บางส่วนซึ่งจะทำให้เพิ่มสี ความขุ่น และกลิ่นให้กับ

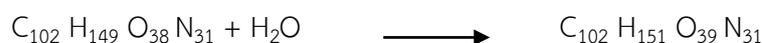
ผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ นอกจากนี้ต่างจะทำให้ไขมันบางอย่างเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์มีขี้ ซึ่งสามารถถูกกำจัดออกโดยการล้างน้ำ พบว่าการแช่ ในกรดจะทำให้คอลลาเจนเกิดการจัดโครงสร้างใหม่เท่านั้น ส่วนการทำให้เกิดการละลายได้ของสารต่าง ๆ นั้นจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย เวลาในการแช่และชนิดของกรดหรือต่างที่ใช้จะมีผลต่อลักษณะของเจลาติน โดยวัตถุดิบที่แตกต่างกัน ก็จะต้องการเตรียมวัตถุดิบที่แตกต่างกัน

การสกัด

ในขั้นตอนของการสกัด จะเป็นการเปลี่ยนคอลลาเจนซึ่งไม่ละลายน้ำ ให้กลายเป็นสารละลายที่สามารถละลายน้ำได้หรือที่เรียกว่า สารละลายเจลาติน โดยปกติคอลลาเจนไม่สามารถละลายน้ำ โดยเฉพาะน้ำเย็น เนื่องจากคอลลาเจนจะประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดโพรลีนในปริมาณสูง ดังนั้นในการเปลี่ยน คอลลาเจนให้เป็นเจลาตินนั้นจะเกี่ยวข้องกับการใช้ความร้อนเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพ ของสารละลายคอลลาเจน ซึ่งขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบนั้นมีการใช้สารละลายกรดหรือต่าง กรด ต่างจะมี ส่วนไปรบกวนพันธะที่เชื่อมระหว่างโมเลกุลทั้งหมดหรือบางส่วนของพันธะระหว่างโมเลกุลช่วยให้คอลลาเจนเกิดการเปลี่ยนสภาพได้ง่ายขึ้น โดยการเกิดการเปลี่ยนสภาพของคอลลาเจนเพื่อไปเป็นเจลาตินนั้นจะเกิด 2 ขั้นตอนดังนี้

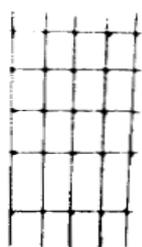
1. การใช้ความร้อนในระดับต่ำๆ จะทำให้เกิดการทำลายพันธะไฮโดรเจน และพันธะไฮโดรโฟบิก ซึ่งพันธะเหล่านี้เป็นพันธะที่ทำให้โครงสร้างที่เป็นเกลียว 3 เส้นของคอลลาเจนเกิดความคงตัว มีผลทำให้คอลลาเจนเกิดการจัดเรียงตัวที่ไม่เป็นระเบียบ โดยเกลียวทั้ง 3 เส้นของสายโพรตีนจะแยกออกจากกัน ทำให้เกิดการละลายได้เป็น random gelatin

2. การใช้ความร้อนที่สูงกว่าขั้นแรก จะทำให้เกิดการแตกหักของพันธะโควาเลนต์ (พันธะเปปไทด์) ที่ทำหน้าที่เชื่อมกรดอะมิโนในโพรตีน) อย่างน้อย 1 พันธะทำให้เกิดการละลายได้เป็นสารละลายเจลาติน การเปลี่ยนคอลลาเจนไปเป็นเจลาติน แสดงดังสมการ (Moulton,1948)

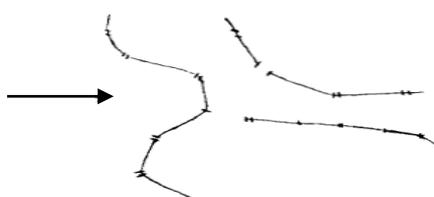


คอลลาเจน

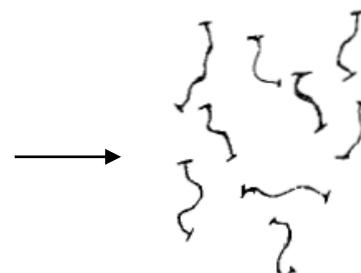
เจลาติน



เส้นใยคอลลาเจน



เส้นใยคอลลาเจนที่แยกออกจากกัน



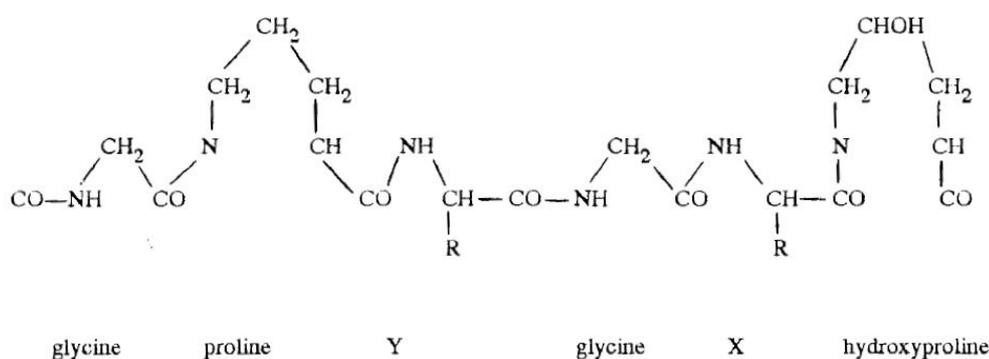
สารละลายเจลาติน

ภาพที่ 3 การเปลี่ยนคอลลาเจนไปเป็นเจลาติน

ที่มา : Marh (1957)

ในขั้นตอนนี้พบว่า อุณหภูมิ เวลา และพีเอชในการสกัดจะมีความสำคัญต่อคุณลักษณะของเจลาตินที่ได้ ในการสกัดส่วนใหญ่พบว่า การสกัดที่อุณหภูมิสูง ๆ จะทำให้ได้เจลาตินในปริมาณที่สูง แต่จะทำให้คุณสมบัติทางกายภาพไม่ดี การสกัดที่อุณหภูมิต่ำๆ ในการสกัดจะทำให้ได้เจลาตินในปริมาณที่ต่ำ แต่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี ถ้าใช้พีเอชในการสกัดในช่วงกลาง ๆ จะทำให้ได้เจลาตินที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี

ได้มีการวิเคราะห์โครงสร้างของเจลาตินในตัวอย่างหลาย ๆ ชนิด ผลที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นไปในทำนองเดียวกันคือ เจลาตินมีองค์ประกอบของ กรดอะมิโนพอลีน : ไฮดรอกซีพอลีน : โกลซีน ในอัตราส่วน 2:3:4 ลักษณะโครงสร้างของเจลาตินแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างของเจลาติน

ที่มา : วรณวิมล (2540)

การแยก (Recovery)

การแยกเจลาตินหลังจากการสกัด สามารถทำได้โดยการกรอง การระเหย การฆ่าเชื้อ การทำแห้ง และการบดซึ่งควรปฏิบัติในระดับอุณหภูมิต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ หากปฏิบัติไม่ถูกต้องจะทำให้ได้เจลาตินที่มีความแข็งแรงของเจลต่ำ

การทำเจลาตินให้แห้ง

หลังจากทำการสกัดเจลาตินได้ในลักษณะเป็นสารละลายแล้ว จะนำสารละลายที่ได้มาทำการกรอง และระเหยน้ำออก เพื่อว่าในขั้นการทำแห้งจะได้ง่ายและเร็วขึ้น ก่อนทำการกรองบางครั้งอาจมีการเติม diatomaceous earth ลงไปในสารละลายด้วย ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสารฟอกสีทำให้

สารละลายเจลาตินมีความใสขึ้น และสารนี้จะกำจัดออกได้โดยการกรอง การกรองยังมีส่วนช่วยกำจัดสิ่งแขวนลอยที่ไม่สามารถละลายได้ เช่น ไขมัน หรือพวกเส้นใยคอลลาเจนที่ไม่สามารถละลายได้ ทำให้ช่วยเพิ่มความใสกับสารละลายเจลาตินได้ ส่วนการระเหยน้ำออกจะใช้เครื่องระเหยน้ำ (evaporator) ทำการระเหยน้ำออกประมาณ 50-75 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสารละลายเจลาตินมีความไวต่ออุณหภูมิ ดังนั้นสิ่งที่พึงระวังในขั้นตอนนี้ คือ อุณหภูมิที่ใช้ต้องต่ำๆ เนื่องจากถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้เจลาตินที่มีความแข็งแรงของ เจลาตินที่ต่ำ เพราะความร้อนสูงจะทำให้พันธะเปปไทด์เกิดการย่อยสลายขึ้น หลังจากทำการระเหยน้ำแล้วสารละลายเจลาตินที่ได้จะมีความเข้มข้นขึ้น หลังจากนั้นก็จะนำไปทำให้แห้ง ซึ่งเครื่องมือที่นิยมคือ freeze dry

คุณสมบัติเจลาติน

เจลาตินมีคุณสมบัติทั่วไป คือ เป็นของแข็งลักษณะโปร่งใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสชาติ มีความหนาแน่น 1.3-1.4 kg/l เจลาตินไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะดูดน้ำและเกิดการพองตัว เมื่อนำมาให้ความร้อนจะเกิดการละลายได้ นอกจากนี้เจลาตินยังสามารถละลายได้ในพวก polyhydric alcohol เช่น กลีเซอรอล (glycerol) หรือโพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol) แต่มีความสามารถละลายในสารละลายอินทรีย์ เช่น เบนซีน (benzene) อีเทอร์ (ether) อะซิโตน (acetone) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (carbontetrachloride) เจลาติน มีคุณสมบัติเป็น amphoteric คือ เป็นได้ทั้งกรดและด่าง ขึ้นอยู่กับ pH ของน้ำที่ใช้ในการทำสารละลาย คุณสมบัติในด้านความแข็งแรงของเจล (gel strength) และความหนืด (viscosity) เป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญที่สุดของเจลาตินในการทำหน้าที่เป็นสารพวก hydrocolloid เจลาตินที่ให้ค่าความแข็งแรงของเจลสูงมักจะให้ค่าความหนืดสูงด้วย ซึ่งจะทำให้เจลาตินสามารถฟอร์มตัวเป็นเจลได้เร็ว เจลาตินที่มีค่าความหนืดต่ำจะทำให้เจลาตินละลายได้เร็ว ดังนั้น ในการแบ่งเกรดเจลาตินมักจะใช้คุณสมบัติที่สำคัญสองอย่างดังกล่าว แต่เจลาตินที่มีเกรดแตกต่างกันก็สามารถที่จะผสมรวมกันได้ เพื่อให้ได้เจลาตินที่มีคุณสมบัติตามความต้องการ เจลาตินในทางการค้าจะมีปริมาณของโปรตีนบริสุทธิ์ในปริมาณที่สูงโดยมีองค์ประกอบโดยประมาณ ดังนี้ คาร์บอนร้อยละ 50.5 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.8 ไนโตรเจน ร้อยละ 17 และออกซิเจนร้อยละ 25.2 (วารณวิมล,2540)

คุณสมบัติทางโภชนาการ (Nutritional properties)

แม้ว่าเจลาตินประกอบด้วยโปรตีน 98 – 99 % (dry weight) แต่มีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ เนื่องจากประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ไม่จำเป็นต่อร่างกายสูง เช่น glycine และ proline ขณะที่ขาดกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น ขาด tryptophan , isoleucine , threonine และ methionine

องค์ประกอบด้านกรดอะมิโน โดยประมาณ ได้แก่ glycine 21 % , proline 12 % , hydroxyproline 12 % glutamic acid 10% , alanine 9% , arginine 8% , aspartic acid 6% , lysine 4% , serine 4% , leucine 3% , valine 2% , phenylalanine 2% , threonine 2% ,

isolucine 1% , hydroxylysine 1% , methionine และ histidine < 1% , tyrosine < 0.5% โดยปริมาณกรดอะมิโนที่พบจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและสภาวะของการสกัด

การนำเจลาตินไปใช้ประโยชน์

คุณสมบัติทางกายภาพของเจลาตินที่ผลิตได้จากกระดูกสัตว์จะมีความแตกต่างจากเจลาตินที่ผลิตได้จากหนังสัตว์ ดังนั้นจึงมีการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน โดยเจลาตินที่ผลิตได้จากกระดูกจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยา และอุตสาหกรรมถ้ายรูป ส่วนเจลาตินที่ได้จากหนังสัตว์ ส่วนมาจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ตัวอย่างการนำเจลาตินไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

เจลาตินจะทำหน้าที่เป็น Whipping agent ช่วยเพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ในไอศกรีมจะใช้เจลาตินประมาณ ร้อยละ 0.3-0.5 เจลาตินจะทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัวช่วยป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งและน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษา ในผลิตภัณฑ์นมจะใช้เจลาตินเพียงเล็กน้อย โดยเจลาตินจะทำหน้าที่รักษาเยื่อสัมผัสให้เรียบและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยได้มากขึ้น ในผลิตภัณฑ์แช่แข็งจะมีการใช้เจลาตินเพื่อป้องกันการเกิดผลึกน้ำและป้องกันการม้วนงอ และการแยกออกจากกันในผลิตภัณฑ์ที่แน่นคงทน ในแยมเจลาตินจะทำหน้าที่เชื่อมเนื้อเข้าด้วยกัน ในผลิตภัณฑ์ไวน์ น้ำผลไม้ น้ำส้ม เจลาตินจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ใส โดยจะทำปฏิกิริยากับพวก แทนนิน เพคติน และ สารอื่นๆ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการขุ่นขึ้น

อุตสาหกรรมยา

ในอุตสาหกรรมผลิตยา จะใช้เจลาตินในการผลิตแคปซูลยา ในการผลิตยาหลายชนิดเจลาตินจะช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (Oxidation) และทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัว (Stabilizer) นอกจากนี้เจลาตินยังทำหน้าที่เป็นตัวกลางสำหรับพวกสารประกอบ ภายนอกของยา เช่น zing oxide, sulphonamide , และ penicillin

อุตสาหกรรมถ่ายภาพ

ในอุตสาหกรรมถ่ายภาพจะใช้เจลาตินในการทำ baryta-coated paper และใช้ในการเคลือบฟิล์ม เนื่องจากฟิล์มจะมีพวกไวต์ต่อแสง คือ silver reagent รวมอยู่ด้วย เจลาตินจะใช้เป็นตัวควบคุมขนาดของ silver halide ที่ได้รับ นอกจากนี้ยังใช้การทำแผ่นกรองสำหรับไฟสาดและกล้อง

การขึ้นรูปฟิล์มและสารเคลือบ (Film Formation and Coating)

ฟิล์มเกิดจากโครงสร้างของโพลิเมอร์ที่อาศัยแรง 2 แรง คือ แรงแอดฮีชัน (adhesion) เป็นแรงระหว่างสารเคลือบกับวัสดุที่นำมาเคลือบกับวัสดุที่นำมาเคลือบ และแรงโคฮีชัน (cohesion) เป็นแรงระหว่างโมเลกุลของสารเคลือบในการขึ้นรูปเป็นฟิล์ม หากมีค่ามากจะมีความยืดหยุ่น, ความเป็นรูพรุน และการแพร่ผ่านของก๊าซและสารละลายลดลง ระดับของแรงโคฮีชันขึ้นอยู่กับโครงสร้างและคุณสมบัติ

ทางเคมี ของวัสดุทำฟิล์ม การละลายในการเตรียมฟิล์ม, cross-linking, ธรรมชาติของตัวถูกละลายและการเจือจาง วิธีประยุกต์ใช้ และความหนาของฟิล์ม

กรรมวิธีผลิตฟิล์ม

สำหรับกรรมวิธีในการผลิตฟิล์ม โดยทั่วไปสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

solvent casting เป็นการผลิตฟิล์มด้วยการนำสารผสมของฟิล์มที่เตรียมได้ทาเป็นแผ่นบางลงบนภาชนะหรือภาชนะที่ใช้ในการเตรียมฟิล์ม โดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมทำให้แห้งแล้วลอกออกก็จะได้เป็นแผ่นฟิล์มตามที่ต้องการ อาจมีการเคลือบฟิล์มซึ่งด้วยสารที่มีคุณสมบัติในด้านการปรับปรุงคุณภาพของฟิล์ม เช่น การเคลือบทับด้วยไซพาราฟินอีกชั้นหนึ่งเพื่อช่วยให้ฟิล์มมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำได้ดี เป็นต้น

extrusion เป็นการผลิตฟิล์มโดยใช้เครื่องมือในการทำฟิล์มขึ้นรูปเป็นแผ่นบางลักษณะคล้ายการผลิตฟิล์มพลาสติกโดยทั่วไป

calendering เป็นวิธีการทำแห้งด้วยลูกกลิ้ง โดยผ่านแผ่นฟิล์มเข้าไปยังลูกกลิ้งร้อนเพื่อรีดให้ฟิล์มเรียบและแห้ง ความหนาของฟิล์มที่ต้องการขึ้นอยู่กับแรงกดอัดของลูกกลิ้งบนแผ่นฟิล์ม และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งสองลูกที่ผ่านฟิล์มเข้าไป adhesion and

การเพิ่มความร้อนหรืออัตราการระเหยของสารละลายที่ใช้ทำฟิล์ม และความเข้มข้นของตัวกลางที่ใช้มีผลต่อแรงในการเกาะตัวกันของแผ่นฟิล์ม ซึ่งจะทำให้ลักษณะของฟิล์มที่ไม่เกาะตัวหรือทำให้เกิดรูพรุนในฟิล์ม นอกจากนี้แรงในการเกาะตัวของฟิล์มมีทั้งแรง adhesion และ cohesion มีผลต่อคุณภาพของฟิล์ม โดยแรงนี้จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างและสมบัติทางเคมีของสารพอลิเมอร์ผลิตได้ เช่น ค่าของมวลโมเลกุล ความมีขั้ว และความแข็งแรงของฟิล์ม ลำดับการแตกสาขาของสารพอลิเมอร์

สารเจือปน (additive) ที่ใช้ในการผลิตฟิล์ม

การเปลี่ยนแปลงสมบัติหรือปรับปรุงคุณภาพของฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้เหล่านี้สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของฟิล์มรวมทั้งชนิดและความหนาของสารเคลือบ อาจมีการเติมพลาสติกไซเซอร์ลงในฟิล์มเพื่อให้ฟิล์มนุ่มขึ้นและมีความยืดหยุ่นดี

พลาสติกไซเซอร์

เป็นสารเจือปนชนิดหนึ่งที่ใช้ในการผลิตฟิล์มโดยมีคุณสมบัติในการรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิเมอร์ ที่ใช้ทำฟิล์ม มีการระเหยได้ยาก จุดเดือดสูง อาจจะละลายในตัวทำละลายได้ดี เพื่อไม่ให้เกิดการแยกตัวของพลาสติกไซเซอร์ที่ใช้กับอาหารหลายประเภท ได้แก่

1. โมโน ได และอลิโกแซคไครด์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลซูโคส ฟรุคโตส และน้ำผึ้ง
2. โพลีออล ได้แก่ ซอร์บิทอล กลีเซอรอล โพลีเอทิลีน ไกลคอล
3. ไขมันและอนุพันธ์ของไขมัน ได้แก่ กรดไขมัน

4.พลาสติกไซเซอร์ พลาสติกไซเซอร์ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนตัวลง จึงทำให้ฟิล์มมีสภาพยืดหยุ่นได้

สารให้ความชื้น (wetting agent)

การเตรียมฟิล์มบางชนิดอาจต้องใช้สารละลายกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอ หรืออาจใช้อิมัลซิไฟเออร์เพื่อทำให้เกิดความคงทนของอิมัลชัน อย่างไรก็ตามสารทั้งสองชนิดนี้มีผลให้สารบางชนิดผ่านแผ่นฟิล์มที่เตรียมไว้ได้มากขึ้นในการเตรียมฟิล์มนี้อาจผสมสารชนิดต่างๆ ลงไปในการทำฟิล์ม เช่น สารกันหืน สารป้องกันจุลินทรีย์ แล้วห่อหุ้มอาหารที่จะเสื่อมสภาพด้วยเหตุดังกล่าว รวมทั้งยังสามารถเติมสารที่มีคุณค่าทางอาหารสารที่ใช้ให้รสชาติหรือรงควัตถุลงในฟิล์มขณะเตรียมด้วย

แต่การเติมสารเจือปนต่างๆนั้น ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของสารเจือปนเหล่านั้นด้วยเพราะอาจทำให้ฟิล์มลดความสามารถในการต้านทานไอรระเหยหรือแก๊ส นอกจากนี้ประสิทธิภาพของสารเจือปนที่มีต่อคุณสมบัติของฟิล์มยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารเจือปนที่ใช้ โครงสร้างทางเคมีของสารและระดับการกระจายตัวของสารในฟิล์มด้วย

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของฟิล์ม

คุณสมบัติของฟิล์มต้องคำนึงถึงแรงที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดโครงสร้างของฟิล์ม และการแยกเอาตัวการทำละลายออกอย่างเหมาะสม แรงดังกล่าวเรียกว่าแรงยึดเกาะ(cohesion) ซึ่งมีผลกระทบต่อคุณสมบัติต่างๆของฟิล์ม เช่น ความหนา (thickness), ความแน่น (compactness), ความพรุน (porosity), ความสามารถในการส่งผ่าน (permeability), ความยืดหยุ่น (flexibility), และความเปราะ (brittleness) ปัจจัยในการผลิตฟิล์มโดยทั่วไปดังนี้

อุณหภูมิ ถ้าสูงเกินไป จะทำให้อัตราการระเหยสูงด้วย ซึ่งมีผลต่อโมเลกุลของพอลิเมอร์ทำให้เกิดจุดบกพร่องต่างๆ เช่น การเกิดรูเล็กๆ (pin holes) การลอก (peeling) เป็นต้น

โครงสร้างและคุณสมบัติภายในของวัสดุที่ใช้เตรียมฟิล์ม เช่น มวลโมเลกุล การจัดเรียงตัวของโมเลกุลภายในโครงสร้าง คุณสมบัติความเป็นขั้วที่ละลายได้ในน้ำ หรือต้องมีการใช้น้ำร่วมกับสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ เป็นตัวทำละลาย คุณสมบัติต่างๆเหล่านี้มีผลทำให้ฟิล์มที่ได้ในแต่ละชนิดต่างกัน

สารที่ปรุงแต่งเพื่อเพิ่มสีส่น หรือ ลดข้อบกพร่องต่างๆของฟิล์มหรือสารที่เติมลงไปเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ สิ่งเหล่านี้อาจมีผลทำให้คุณสมบัติของฟิล์มเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมบ้างเล็กน้อย

ความเข้มข้นหรือความหนืดของสารละลายที่เตรียมฟิล์ม ควรมีความเข้มข้นที่พอเหมาะเพื่อให้ฟิล์มที่ได้ความแข็งแรงไม่เปาะหรือฉีกขาดง่าย

คุณสมบัติของตัวทำละลาย มีความสัมพันธ์กับพอลิเมอร์สามารถละลายได้อย่างเพียงพอส่งผลให้สารละลายมีความหนืด เมื่อทำเป็นฟิล์มได้ฟิล์มที่มีความแข็งแรง โดยทั่วไปตัวทำละลายที่ใช้ได้กับ โฟ

ลิเมอร์ที่มีขั้ว ได้แก่ น้ำและเอทานอล ส่วนโพลิเมอร์ที่มีขั้ว เช่น ไชมัน ไช และอนุพันธ์ของไชมันสามารถทำให้อยู่ในรูปของเหลวชั้นได้ โดยทำให้เป็น อิมัลชันกับน้ำ หรือการหลอมเหลวโดยตรง

พลาสติกไซเซออร์ (plasticizers) สารที่ใช้เติมลงไปในฟิล์มเพื่อลดความเปราะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น ความเหนียว แรงต้านการดึง ซึ่งพลาสติกไซเซออร์มีผลลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลตามความยาวของสายโซ่โพลิเมอร์ โดยพลาสติกไซเซออร์ที่เหมาะสมต้องเข้าได้กับโพลิเมอร์ และต้องละลายทันทีในตัวทำละลาย เพื่อการแยกตัวออกมาก่อนกำหนดระยะเวลาการทำฟิล์มให้แห้ง พลาสติกไซเซออร์ที่นิยมใช้ในอาหารได้แก่

โมนอคาไรด์ (mono saccharide) ไดซัคคาไรด์ (disaccharide) โอลิโกซัคคาไรด์ (oligosaccharide) เช่นกลูโคส น้ำเชื่อมฟรุกโตส น้ำผึ้ง

โพลีออล(polyols) เช่น ซอร์บิทอล (sorbitol) กลีเซอรอล (glycerol) อนุพันธ์กลีเซอรอล (glycerol derivatives) โพลีเอทิลีนไกลคอล (polyethyleneglycol)

ไชมันและอนุพันธ์ไชมัน เช่น กรดไชมัน โมโนกลีเซอไรด์ สารลดแรงตึงผิว (surfactant) ฟอสโฟไลปิด (phospholipids) อนุพันธ์ของเอสเทอร์

สารต้านออกซิเดชันธรรมชาติ (Natural antioxidant)

สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) พบในพืช และเครื่องเทศที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระรวมถึงกรดฟีนอลิก (phenolic acid) ฟลาโวนอยด์ และอนุพันธ์ (flavonoid and derivatives) เอส-เทอร์ของกรดแกลลิก (ester of gallic acid) ลิกแนน (lignan) ความาริน (coumarin) และฟลาโวน (flavone) เป็นต้น จากการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของ เครื่องเทศชนิดต่าง ๆ ในลูกชิ้นไก่วง โดย Karpinska และคณะ ได้ศึกษาพบว่าตัวอย่างลูกชิ้น ไก่วงที่มีเสจ (sage) ผสมอยู่ร้อยละ 1.5 จะมีค่าเปอร์ออกไซด์ ต่ำกว่าตัวอย่างลูกชิ้นไก่วงที่มีเครื่องเทศผสมเสจ พริกไทยแดง พริกไทยดำ กระเทียม และมาร์จอราม (marjoram) ผสมอยู่ ร้อยละ 1.0 หลังจากการนำลูกชิ้นไปทอด และเก็บไว้ในตู้เย็นเป็นเวลา 4 วัน

Murcia and Martinez-Tome (2001) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นวัตถุกันหืนของเรสเวอราทรอลซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบในไวน์ และผลองุ่น เปรียบเทียบกับบีเอชที (BHT) บีเอชเอ (BHA) ฟีนอล โพรพิลแกลเลต ไตรพอลิฟอสเฟต(tripolyphosphate, TPP) ไวตามินอี และวานิลลิน (vanillin) พบว่าประสิทธิภาพในการเป็นวัตถุกันหืนของสารประกอบต่าง ๆ ที่กล่าว สามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ คือ บีเอชเอ > เรสเวอราทรอล > โพรพิลแกลเลต > ไตรพอลิฟอสเฟต > วานิลลิน > ฟีนอล > บีเอชที > ไวตามินอี

Juan Carlos Espin et al, (2000) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการกำจัดอนุมูล (Radical Scavenger Capacity; RSC) ของแอนโธไซยานินซึ่งสกัดจากผลไม้ ได้แก่ แบลค โชคเบอร์รี่ (black chokeberry) แบลค-ธอน (black-thorn) และสตรอเบอร์รี่ เปรียบเทียบกับสี่สังเคราะห์พองโซ 4 อาร์ แอนติออกซิแดนท์ในธรรมชาติคือ แอลฟา-โทโคฟีรอล แอนติออกซิแดนท์สังเคราะห์ คือ บีเอชที และ

ปีเอชเอ ศึกษาโดยใช้อนุมูล 2,2-ไดฟีนิล-1-ไพคริลไฮดราซิล (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical; DPPH) ในการหาค่าความสามารถในการกำจัดอนุมูล ซึ่งผลการทดลองพบว่าแอลฟาโทโคฟีรอล เป็นสารแอนติออกซิเดนท์ที่ดีที่สุด รองลงมาคือ แบลค โชคเบอร์รี่ ปีเอชเอ แบลค-รอน ปีเอชที และสตรอเบอร์รี่ ตามลำดับ ส่วนสี่สังเคราะห์ฟองโซ 4 อาร์ ไม่มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ

Kim et al, (2003) ทำการศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชันของสารฟีนอลิกจากผลพลัม (plum) หลาย ๆ สายพันธุ์ (Beltsville Elite B70197, Cacak Best, French Damson, Long John, Stanley, Yugoslavian Elite T101) ซึ่งวิเคราะห์ความสามารถดังกล่าว เทียบกับความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สมมูลกับวิตามินซี (vitamin C equivalent antioxidant capacity, VCEAC) พบว่า ผลพลัมแต่ละสายพันธุ์มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้แตกต่างกัน ($p < 0.001$) โดย Beltsville Elite B70197 > Cacak Best \geq French Damson > Yugoslavian Elite T101 > Long John > Stanley งานวิจัยนี้จึงเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่นิยมบริโภคผลพลัม เป็นต้น

จิตศิริ และคณะ ได้ศึกษาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้โดย พบว่าเปลือกมังคุด และเปลือกมะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และอนุมูลอิสระ 2, 2'-azobis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) สูงกว่าเปลือกผลไม้ชนิดอื่น นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือกมังคุดยังมีสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงสุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างเปลือกผลไม้ที่ทำการศึกษา เมื่อทดสอบสมบัติการต้านจุลินทรีย์พบว่า เปลือกมังคุดและเปลือกมะม่วงมีประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์สูงกว่าเปลือกผลไม้ชนิดอื่น และเปลือกผลไม้ที่ได้ทำการทดลองส่วนใหญ่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแกรมลบ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hoque et al. (2010) ได้ศึกษาผลของการใช้ความร้อนของสารละลายฟิล์มต่อคุณสมบัติของฟิล์มที่ทำจากเจลาตินจากหนังปลาหมึก (*Sepia pharaonis*) โดยใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน (40–90°C) สำหรับสารละลายฟิล์มจะประกอบด้วย เจลาตินจากหนังปลาหมึก 3% และ กลีเซอรอล (glycerol) 25% จากการตรวจสอบคุณสมบัติและลักษณะโมเลกุลของฟิล์ม พบว่า ฟิล์มที่เตรียมจากสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีความต้านทานแรงดึงสูง (TS) และมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการหลอมเหลวสูงสุด (T_{max}) ($p < 0.05$) ฟิล์มที่เตรียมจากสารละลายฟิล์ม ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส มีการยืดตัวสูงสุด การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของความใสสูงสุด (T_g) ($p < 0.05$) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ค่าการซึมผ่านของไอน้ำ (WVP) ของฟิล์มจะลดลง ($p < 0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างในค่า L^* value และค่าความโปร่งแสง ($p > 0.05$) การใช้ FTIR spectra มีการเกิดพันธะไฮโดรเจนต่ำกว่าที่พบในฟิล์มที่เตรียมจาก FFS โดยการใช้ความร้อน การศึกษาอิเล็กโทรโฟเรติก (Electrophoretic) มีความสัมพันธ์กับการคืนรูปของเจลาติน ซึ่งพบได้ใน FFS และผลจากการใช้ความร้อนกับฟิล์มที่มากกว่า 70 องศาเซลเซียส

ขึ้นไป ดังนั้นการให้ความร้อนของสารละลายฟิล์ม (FFS) ที่แตกต่างกัน จะส่งผลโดยตรงต่อคุณสมบัติของฟิล์มที่ได้รับ

Gómez-Estaca *et al.* (2009) ได้ศึกษาการผสมสารสกัด borage ที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในฟิล์มบริโภาคได้จากเจลาตินหนังปลาฉลามหรือเจลาตินทางการค้าจากปลา ซึ่งใช้พลาสติกไซเซอร์ของฟิล์มบริโภาค (edible film plasticized) ที่ประกอบด้วย glycerol และ sorbitol สำเร็จรูป เตรียมเจลาตินหนังจากหนังปลาฉลาม พบว่าสมบัติบางอย่างทางด้านกายภาพและทางเคมี (การซึมผ่านของไอน้ำ, การละลายน้ำ, ความทึบแสง) จะมีลักษณะที่คล้ายกับเจลาตินหนังปลาคูที่ได้อาจมาจากทางการค้า แต่มีค่า breaking force ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (11.4 ± 2.1 vs. 28.1 ± 3.1 N) และ breaking deformation มีค่าสูงกว่า อย่างมีนัยสำคัญ (18.1 ± 1.0 vs. $14.5 \pm 2.1\%$) คุณสมบัติที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของฟิล์ม วิเคราะห์โดยวิธี FRAP, radical scavenging capacity วิเคราะห์โดยวิธี ABTS, iron (II) chelation activity พบว่าการผสมสารสกัด borage ในฟิล์มส่งผลให้คุณสมบัติการมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของฟิล์มเพิ่มขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทางด้านกายภาพและทางเคมี โดย breaking force จะลดลง และความทึบแสงของฟิล์มจะเพิ่มขึ้น คุณสมบัติทางด้าน การต้านอนุมูลอิสระของฟิล์มที่ผสมสารสกัด borage จะสูงกว่าฟิล์มที่ผสมสาร α -tocopherol และ BHT

Yang *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้ต่างและกรดต่อคุณสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างระดับนาโนของเจลาตินจากหนัง channel catfish (*Ictalurus punctatus*) โดยทำการสกัดเจลาตินด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ (0–1 M เวลา 0–90 นาที), กรดอะซิติก (0.1M เวลา 0–180 นาที) และ น้ำ (50 นาที) จากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ รวมทั้งปริมาณของโปรตีน, ความหนืด และคุณสมบัติของเนื้อสัมผัสที่ได้มาจากการใช้สภาวะที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้กรด จะมีความแข็งแรงของเจลและปริมาณโปรตีนสูงสุด และมีความหนืดที่เหมาะสม การใช้น้ำ จะมีคุณสมบัติทางกายภาพต่ำที่สุด 4 ตัวอย่างที่ทำการศึกษาได้แก่ กรด 0.1M, ต่าง 0.25 และ 1.0M การศึกษาโครงสร้างระดับนาโนใช้ มีการใช้ 4 สภาวะในการสกัด ประกอบด้วยกรด 0.1M, ต่าง 0.25 และ 1.0M ทำการวิเคราะห์ด้วย atomic force microscopy (AFM) ภาพจาก AFM จะแสดงถึงการใช้กรดกับเจลาติน พบว่ามีลักษณะที่เหมือนฟองน้ำ สำหรับการมีวงแหวนพบในการใช้ต่าง ซึ่งไม่มีความสัมพันธ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมมวลรวมและคุณสมบัติทางกายภาพที่ได้ แต่มีความแตกต่างกันรูปแบบ AFM อาจเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางกายภาพของเจลาติน

Kolodziejska *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเจลาติน จากส่วนต่างๆของเศษปลา Baltic Cod เช่น หัวปลา, Back bones (ส่วนเนื้อที่แข็งแรง), ปลา Salmon สดและปลา Salmonรมควันเย็น และหนังปลาปลาแฮร์ริง (Herrings) หมักเกลือ ผลการสกัดเจลาติน จากปลา Salmon สด หรือ Cod Backbones ที่ 45 องศา ได้ 71-75 % และ 86 % จาก หนังปลา Salmonรมควัน เมื่อให้ความร้อน marinated herring skins 15 นาที หรือ salted herring skins 45 นาที ซึ่งมีผลทำให้ คอลลาเจนเปลี่ยนเป็น เจลาติน 100% ทั้งหมดจากการสกัดจาก fish skins (พลาสติก) ที่ 45 องศา 15-60 นาที ขึ้นอยู่กับหนังของปลา ซึ่งจะทำให้ได้สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดเจลาติน และ

ผลการสกัดเจลาติน จากหัวปลาจะได้ เจลาติน ไม่เกิน 70 % แม้จะทำการทดลองทั้งแล้ว ในส่วนที่เป็น backbones จะสามารถใช้วิธี SDS-PAGE ในการสกัดเจลาติน จากการวิเคราะห์จะเห็นว่าหนังปลาจะให้ เจลาติน น้อยกว่า หนังหมู (Pigskins)

Rattaya *et al.* (2009) ศึกษาผลของการเติมและไม่เติมสารสกัดจากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล (*Turbinaria ornate*) ที่มีผลต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มโดยเตรียมฟิล์มจากสารละลายฟิล์ม (FFS) ให้ได้ความเข้มข้น 2% (W/W) โดยน้ำหนักของโปรตีนและผสมกับสารสกัดจากสาหร่ายทะเลที่มีความเข้มข้น 10 mg/ml ซึ่งจะมีสารประกอบฟีนอลิกอยู่ในระดับ $15 \pm 0.12 \mu\text{g}$ ผลที่ได้พบว่า ค่าการต้านทานแรงดึง (TS) ความหนา และลักษณะโปร่งใสของฟิล์ม ที่เติมและไม่เติมสารสกัดจากสาหร่ายทะเลไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ค่าการยืดตัวก่อนการขาดออกจากกัน (EAB) จะมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยในการเติมสารสกัดจากสาหร่ายทะเลทำให้มีค่า EAB เพิ่มขึ้น ค่าการยอมให้ไอน้ำผ่าน (WVP) และการละลายของโปรตีนของฟิล์มตัวอย่างทั้งสอง มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยจะมีค่าลดลงในฟิล์มที่เติมสารสกัดจากสาหร่ายทะเลจึงเป็นการเพิ่มความสามารถของฟิล์ม เนื่องจากการสร้างพันธะระหว่างสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดและโมเลกุลของเจลาตินเกิดขึ้น งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การเติมสารสกัดจากสาหร่ายทะเลไม่ส่งผลเสียใด ๆ ต่อคุณสมบัติของฟิล์ม แต่กลับช่วยส่งเสริมคุณสมบัติเชิงกลดังที่ได้กล่าวมา

Jongjareonrak *et al.* (2010) ได้ศึกษาการสกัดเจลาตินจากหนังปลาน้ำจืดพบว่าเจลาตินที่สกัดจากหนังปลาน้ำจืด (*Pangasianodon gigas*) มีปริมาณ 20.1 g/100 g ของหนังตัวอย่างโดยน้ำหนักเปียก องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติเฉพาะของเจลาติน เจลาตินจะมีโปรตีนสูง (89.1 g / 100 g) แต่มีปริมาณไขมันต่ำ (0.75 g / 100 g) และมีปริมาณของลำดับกรดอะมิโนสูง (Proline and hydroxyproline) (211 residues per 1000 residues) เจลาตินจากหนังปลาน้ำจืด มีสารประกอบกรดอะมิโนแตกต่างกันเล็กน้อยกับเจลาตินจากหนังวัว ความแข็งแรงของเจลาตินจากหนังปลาน้ำจืด (153 g) จะมีมากกว่าเจลาตินจากหนังวัว (135 g) ($P < 0.05$) ความหนืด,ความสามารถในการเกิดโฟม และความคงตัวของโฟม ของเจลาตินจากปลาน้ำจืดขนาดใหญ่โดยทั่วไปจะมีมากกว่าเจลาตินจากหนังวัว ที่ทดสอบ SDS-PAGEของเจลาตินจากหนังปลาน้ำจืดขนาดใหญ่แสดงให้เห็นว่ามีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง a-, b- and g-components และมีลักษณะเหมือนกันกับคอลาเจนจากหนังวัว type1

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สกัดสารสกัดใบมะรุมและเปลือกมังคุด

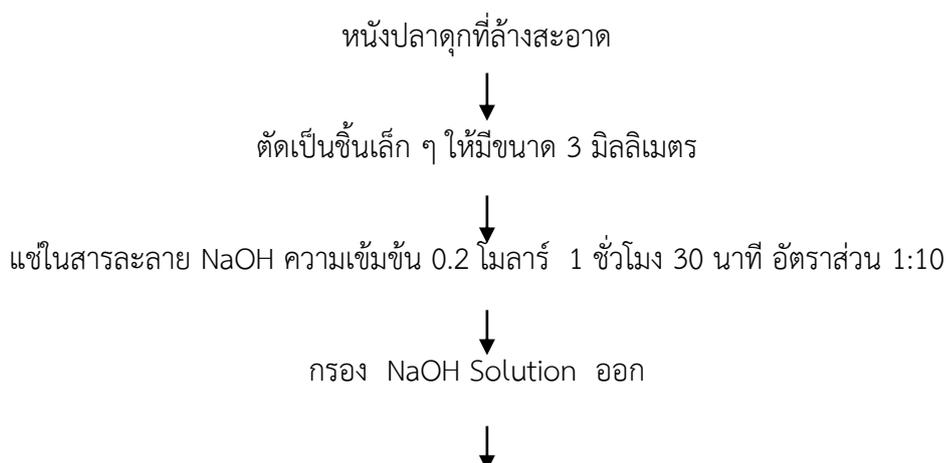
สกัดสารสกัดเปลือกมังคุดด้วย HCl-ethanol เขย่าด้วยเครื่อง water bath shaker ที่อุณหภูมิห้อง ร่วมกับการใช้ Sonicator ทำให้เข้มข้นด้วยเครื่องระเหยโรตารี (Rotary evaporator, BUCHI R-114) นำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze dryer) เก็บรักษาสารสกัดที่ได้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 4 – 5 องศาเซลเซียส สกัดสารสกัดใบมะรุมด้วย ethanol 70% ตามวิธีของ Perumal Siddhuraju and Klaus Becker (2003)

นำสารสกัดไปวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (ดัดแปลงจากวิธีของ Bae and Suh. 2006) ปริมาณแอนโทไซยานินส์ (ดัดแปลงจากวิธีของ Wrolstad and Giusti. 2001) วิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี 1-1, diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)

2. ศึกษาการเตรียมฟิล์มเจลลาตินจากหนังปลา และการใช้ additives ชนิดต่างๆ

1) การเตรียมฟิล์ม

เตรียมเจลลาตินโดยดัดแปลงวิธีการเตรียมจาก Rattaya และคณะ (2009) โดยใช้สัดส่วนของหนังปลา : สารละลาย NaOH ในช่วง 1:8 ถึง 1:12 ศึกษาอุณหภูมิการสกัดที่เหมาะสม ทำแห้งเจลลาตินที่ได้ด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (Freeze drier) จากนั้นศึกษาการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มเจลลาติน ที่อุณหภูมิต่างๆ ขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม ด้วย silicone resin plate โดยควบคุมความหนาไม่เกิน 0.2 มิลลิเมตร อบแผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิช่วง 50 องศาเซลเซียส



แช่ในกรดอะซิติก เข้มข้น 0.05 โมลาร์ เวลา 3 ชั่วโมง อัตราส่วน 1:10

↓
ล้างด้วยน้ำกลั่นให้มีสภาวะเป็นกลาง

↓
แช่ในน้ำกลั่นที่ 55°C 65°C และ 75°C เป็นเวลา 6 และ 12 ชั่วโมง

↓
ทำให้เข้มข้นโดย Evaporator ที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

↓
เจลาตินเข้มข้น

↓
นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติ

ภาพที่ 4.1 ขั้นตอนการสกัดเจลาตินจากหนังปลาตุกที่อุณหภูมิ 55°C 65°C และ 75°C

นำสารละลายเจลาติน ที่ทำการระเหยน้ำออกแล้ว ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ผสมกับกลีเซอรอลในอัตราส่วน 1 % ของของแข็งที่อยู่ในสารละลายเจลาติน ต่อ 8.33 % ของกลีเซอรอล

↓
เตรียมสารละลายฟิล์มโดยปมที่ 60,70,80 องศาเซลเซียส เวลา 15 และ 30 นาที

↓
ขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม โดยใช้ FFS 30 ml เทลงบนแผ่นสี่เหลี่ยม ขนาด 15x18 เซนติเมตร

↓
เป่าลมให้แห้งในตู้อบลมร้อน(Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

↓
ปรับสภาวะใน desicator ที่มี NaNO_2
ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เวลา 2 วัน

↓
นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของฟิล์ม

ภาพที่ 4.2 ขั้นตอนการเตรียมฟิล์มจากเจลาติน

2) วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของฟิล์ม

วิเคราะห์ความหนาของแผ่นฟิล์ม (ดัดแปลงจาก Bulter and other, 1996) คุณสมบัติการต้านทานแรงดึงและการยืดตัว (Texture analyzer model TA-XT2) คุณสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapour transmission rate, WVTR) แบบ Dish method (ASTM) คุณสมบัติการซึมผ่านไขมัน (Grease resistant) ดัดแปลงวิธีของ TAPPI-T454 และค่าความใส (Color meter)

3. ศึกษาผลกระทบของสารสกัดใบมะรุมและสารสกัดเปลือกมังคุด

1) ศึกษาปริมาณการใช้สารสกัดในแผ่นฟิล์ม

เลือกฟิล์มที่มีคุณสมบัติอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง มาขึ้นรูปพร้อมกับให้มีส่วนผสมสารสกัดเปลือกมังคุด โดยวิธีผสมโดยตรงในสารละลายฟิล์ม ทำการผสมสารสกัดเปลือกมังคุด และสารสกัดใบมะรุมโดยแปรระดับความเข้มข้นของสารสกัดเป็น 3 ระดับ ในช่วง 750-2250 ppm

2) วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของฟิล์ม

3) วิเคราะห์ความสามารถในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดย In vitro test ใช้วิธี 1-1, diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)

4) คัดเลือกฟิล์มที่มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่สูงและสามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ดี ไปใช้กับผลิตภัณฑ์ปลาทอด

4. ทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นฟิล์มกับผลิตภัณฑ์ปลาทอด

1) ทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นฟิล์มที่ได้กับผลิตภัณฑ์ปลาทอด โดยการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มเป็นรูปถุง แล้วบรรจุตัวอย่างที่ได้ลงในบรรจุภัณฑ์ เก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องนาน 14 วัน

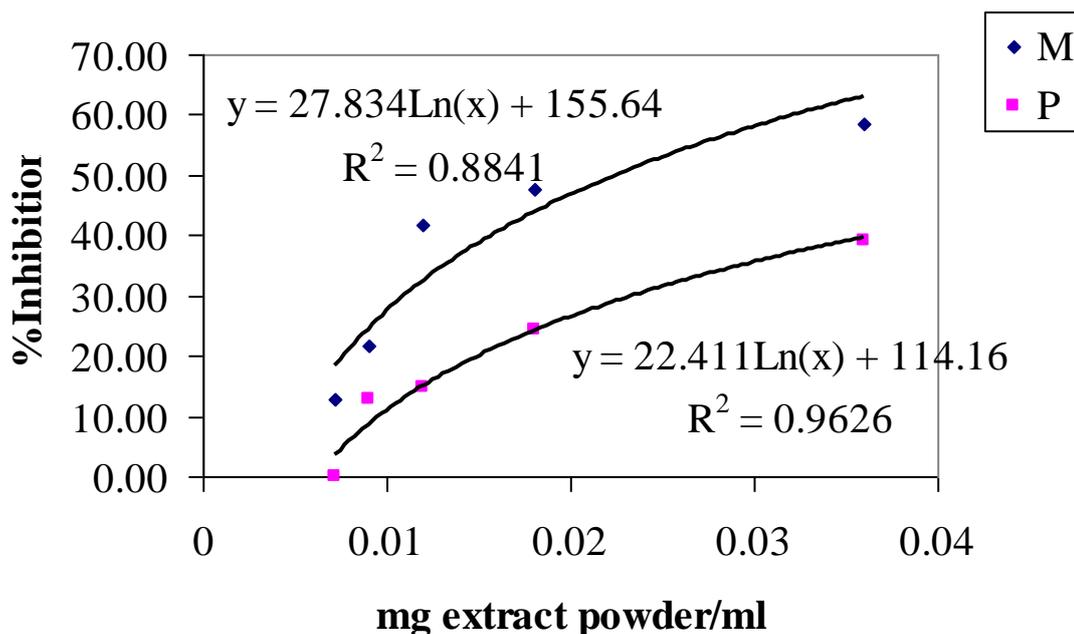
2) ประเมินความสามารถในการเป็นฟิล์มป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือลดการเหม็นหืน โดยวิเคราะห์ค่า Peroxide value (Titration) และ TBA (Spectrophotometer) และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

1. สารสกัดใบมะรุมและเปลือกมังคุด

สารสกัดเปลือกมังคุดผงที่ผ่านการทำให้แห้งแบบระเหิด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณแอนโทไซยานินส์เฉลี่ยเท่ากับ 18.92 ± 1.31 และ 4.84 ± 0.10 มิลลิกรัม/กรัมสารสกัดตามลำดับ ขณะที่สารสกัดใบมะรุมผงปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 3.23 ± 0.76 มิลลิกรัม/กรัมสารสกัด กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกมังคุดและใบมะรุมแสดงดังภาพที่ 4.1 พบว่ากิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของเปลือกมังคุดมีค่าสูงกว่าสารสกัดใบมะรุมชัดเจน เมื่อคำนวณค่า IC50 พบว่าสารสกัดเปลือกมังคุด มีค่า IC50 เท่ากับ 0.0247 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ขณะที่สารสกัดใบมะรุมมีค่า IC50 เท่ากับ 0.0571 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร



ภาพที่ 4.1 กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ (% Inhibition) ของสารสกัดเปลือกมังคุด (M) และใบมะรุม (P)

2. ศึกษาการเตรียมฟิล์มเจลลาตินจากหนังปลา และการใช้ additives ชนิดต่างๆ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้สกัดต่อความเข้มข้นของโปรตีน และปริมาณโปรตีนที่ได้ (% yield of protein) ($P > 0.05$) เฉพาะอุณหภูมิเท่านั้นที่เป็นปัจจัยสำคัญเมื่อใช้เวลาสกัดนาน 6 และ 12 ชั่วโมง ($P < 0.05$) ในการเสนอข้อมูลการทดลอง จึงเสนออิทธิพลของอุณหภูมิสำหรับแต่ละอุณหภูมิที่ใช้

ตารางที่ 4.1 ผลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อปริมาตรของเจลลาติน

Treatment	Temperature (°C)	Time (h)	Volume (ml)
1	55	6	178
2	55	12	176
3	65	6	205
4	65	12	240
5	75	6	220
6	75	12	244

ตารางที่ 4.2 ผลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อความเข้มข้นของโปรตีน (g/ml) และปริมาณโปรตีนที่ได้ (% yield of protein)

Treatment	Temperature (°C)	Time (h)	Protein concentration (g/ml)	Yield of protein (%)
1	55	6	0.023±0.0005 ^a	4.238±0.0926 ^a
2	55	12	0.022±0.0002 ^A	3.946±0.0431 ^A
3	65	6	0.034±0.0002 ^c	7.019±0.0545 ^b
4	65	12	0.030±0.0043 ^C	7.419±1.0382 ^B
5	75	6	0.028±0.0018 ^b	6.207±0.4046 ^b
6	75	12	0.029±0.0009 ^B	7.100±0.2281 ^B

a,b,c อักษรกำกับแตกต่างกันสำหรับการใช้เวลา 6 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน (P<0.05)

A,B,C อักษรกำกับแตกต่างกันสำหรับการใช้เวลา 12 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน (P<0.05)

ผลการสกัดเจลาตินโดยการใช้อุณหภูมิ 55°C, 65°C และ 75°C นาน 6 และ 12 ชั่วโมง พบว่าได้ปริมาณเจลาตินหลังจากการระเหยน้ำออกด้วยเครื่อง Evaporator นาน 1 ชั่วโมง อยู่ในช่วง 176-244 มิลลิลิตร โดยใช้อุณหภูมิสูงจะได้ปริมาณเจลาตินมากขึ้น โดยความชื้นของเจลาตินเข้มข้นอยู่ในช่วง 92.99 - 95.27 %

จากการทดลองหาปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Biuret Test พบว่า ปริมาณโปรตีนที่พบในเจลาตินมีปริมาณแตกต่างกันออกไป โดยที่อุณหภูมิ 65°C จะมีปริมาณโปรตีนของเจลาตินมากที่สุด และปริมาณโปรตีนที่พบจะมีความแตกต่างกันในแต่ละอุณหภูมิ แต่จะไม่มี ความแตกต่างเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัด ดังนั้น อุณหภูมิจึงมีผลกระทบต่อปริมาณโปรตีนในเจลาติน ที่ระดับ 65°C มีปริมาณโปรตีนใกล้เคียงกับเจลาตินที่สกัดได้จากปลา Rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) (Tabarestani *et al.*, 2010) ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 8.1% การใช้อุณหภูมิ 75°C ให้ปริมาณโปรตีนต่ำลง ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากเกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน โดยการเสียสภาพจะมีความรุนแรงมากน้อยอย่างไรนั้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาที่ได้รับ อุณหภูมิทุกๆไปที่ทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติประมาณ 65°C

ตารางที่ 4.3 ผลของอุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อปริมาณเถ้า (%Ash) และปริมาณไขมัน (%Fat)

Treatment	Temperature (°C)	Time (h)	Ash (%)	Fat (%)
-----------	---------------------	-------------	------------	------------

1	55	6	0.057±0.015 ^a	0.065±0.0485 ^a
2	55	12	0.035±0.009 ^a	0.165±0.0390 ^b
3	65	6	0.030±0.010 ^a	0.103±0.0095 ^a
4	65	12	0.026±0.015 ^a	0.189±0.0222 ^b
5	75	6	0.023±0.011 ^a	0.111±0.0225 ^a
6	75	12	0.022±0.003 ^a	0.17±0.0459 ^b

a อักษรกำกับไม่แตกต่างกันสำหรับการใช้เวลา 6 และ 12 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

a,b อักษรกำกับแตกต่างกันสำหรับระดับอุณหภูมิเดียวกัน ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ($P<0.05$)

จากการทดลองหาปริมาณเถ้าของเจลาตินที่สกัดด้วยอุณหภูมิและเวลาที่ต่าง ๆ กัน พบว่า ไม่พบอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและเวลา ปริมาณเถ้าของเจลาตินที่สกัด มีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 0.022-0.057 % ใกล้เคียงกับเจลาตินที่สกัดได้จากปลา Cuttlefish (Balti *et al.*, 2010) ซึ่งมีปริมาณเถ้าเท่ากับ 0.046 % และปริมาณเถ้าในเจลาตินจะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาในการสกัด อาจเนื่องมาจากเมื่อเพิ่มเวลาและอุณหภูมิในการสกัดจะทำให้ปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ ในเจลาตินระเหยออก แต่ปริมาณเถ้าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการทดลองหาปริมาณไขมันในเจลาตินที่สกัดด้วยระดับอุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกันจากตารางพบว่าอุณหภูมิไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณไขมัน ซึ่งได้ปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 0.065-0.189 % ใกล้เคียงกับเจลาตินที่สกัดได้จากปลา Cuttlefish (Balti *et al.*, 2010) มีปริมาณไขมันเท่ากับ 0.28 % จากปริมาณไขมันที่ได้ไม่แตกต่างกัน เมื่อเทียบกับในเรื่องของเวลาที่มีอิทธิพลต่อปริมาณไขมันจะพบว่าปริมาณของไขมันที่ได้ในแต่ละระดับเวลานั้นมีค่าที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางเปรียบเทียบความหนาของเจลาตินฟิล์มจากหนังปลาตุกโดยบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 60,70 และ 80 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 15 และ 30 นาที ตามลำดับ พบอิทธิพลของอุณหภูมิสำหรับแต่ละช่วงเวลาที่ใช้ต่อความหนาของฟิล์ม ($p<0.05$) แต่ไม่พบอิทธิพลร่วมของอุณหภูมิและเวลา ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบความหนาของเจลาตินฟิล์มที่บ่มที่อุณหภูมิแตกต่างกันคือ 60,70 และ 80 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการบ่ม 15 นาที พบว่า โดยเจลาตินฟิล์มที่บ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 นาที มีความหนามากที่สุด (0.062 ± 0.0017 mm) เจลาตินฟิล์มที่บ่ม

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวัดความหนา (mm) ของเจลาตินฟิล์มจากหนังปลาตุ๊ก ที่เตรียมจาก สารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 60,70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และระยะเวลา 15 และ 30 นาที

Temperature (°C)	Time (h)	Thickness (mm)
Control	15	0.054±0.0003 ^a
60	15	0.062±0.0017 ^c
70	15	0.058±0.0015 ^b
80	15	0.056±0.0015 ^b
Control	30	0.054±0.0005 ^a
60	30	0.058±0.0010 ^b
70	30	0.058±0.0002 ^b
80	30	0.054±0.0007 ^a

a,b,c... อักษรกำกับแตกต่างกันสำหรับแต่ละคุณสมบัติ(TS, EAB) ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ($p < 0.05$)

สารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที มีความหนาน้อยที่สุด (0.054 ± 0.0007) แต่ไม่แตกต่างกับฟิล์มที่ไม่มีการบ่มสารละลายฟิล์ม (Control)

สำหรับความหนาของเจลาตินฟิล์มจากหนังปลาตุ๊กที่ได้จากงานวิจัยนี้ มีค่าใกล้เคียงกับฟิล์มบริโภคได้ ประเภท Wheat gluten and glycerol, Wheat gluten and oleic acid, Wheat gluten and carnauba wax (Rooney, M.L., 1995) และเมื่อเปรียบเทียบกับเจลาตินฟิล์มจากหนังปลาหมึก (*Sepia pharaonis*) ที่บ่มสารละลายฟิล์มโดยใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ 40,50, 60,70,80 และ 90 องศาเซลเซียส เวลาการบ่มสารละลายฟิล์ม 30 นาที (Hoque et al.,2010) ซึ่งพบว่า การบ่มสารละลายฟิล์มที่ 70 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ฟิล์มจากหนังปลาหมึกมีความหนามากที่สุดคือ 0.041 ± 0.001 mm แสดงว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการบ่มสารละลายฟิล์มมีผลต่อความหนาของเจลาตินฟิล์ม อย่างไรก็ตาม ปริมาตรของสารละลายฟิล์มที่ใช้ และตัวอย่างเจลาติน ในการขึ้นรูปฟิล์มของเจลาตินจากหนังปลาหมึก (*Sepia pharaonis*) และเจลาตินจากหนังปลาตุ๊ก มีความแตกต่างกัน ดังนั้นความหนาของฟิล์มที่ได้จึงมีความแตกต่างกัน

จากการวัดการต้านทานแรงดึง (TS) และการยืดตัว (EAB) ของเจลาตินฟิล์มจากหนังปลาตุ๊กที่เตรียมจากสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิและเวลาแตกต่างกัน พบว่า ค่า TS และค่า EAB ของเจลาตินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$) โดย เจลาตินฟิล์มที่ไม่มีการบ่ม

สารละลายฟิล์ม (Control) มีค่า TS ต่ำที่สุด และ เจลาตินฟิล์มที่บ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 15 และ 30 นาที มีค่า TS สูงสุดคือ 13.3623 ± 0.553 MPa ที่เวลา 15 นาที

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวัดการต้านทานแรงดึง (TS)และการยืดตัว (EAB)ของเจลาตินฟิล์มจากหนังปลาตุ๊กที่เตรียมจากสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 60,70 และ 80 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 15 และ 30 นาที

Temperature (°C)	Time (นาที)	Strength (MPa)	EAB (%)
Control	15	6.105 ± 0.128^a	20.66 ± 10.00^a
60	15	7.885 ± 0.034^b	43.88 ± 3.84^b
70	15	10.797 ± 0.503^d	46.33 ± 12.01^d
80	15	13.362 ± 0.553^f	47.22 ± 13.87^{de}
Control	30	6.100 ± 0.616^a	20.33 ± 6.66^a
60	30	8.996 ± 0.271^c	45.11 ± 1.92^c
70	30	11.801 ± 0.702^e	48.22 ± 10.18^{ef}
80	30	13.730 ± 0.150^f	49.33 ± 8.82^f

a,b,c... อักษรกำกับแตกต่างกันสำหรับแต่ละคุณสมบัติ(TS, EAB) ค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ($p < 0.05$)

และ 13.7307 ± 0.150 MPa ที่เวลา 30 นาที ตามลำดับ การวัดค่าการยืดตัว (EAB) ของเจลาตินฟิล์มพบว่า เจลาตินฟิล์มที่ไม่มีการบ่มสารละลายฟิล์ม (Control) มีค่า EAB ต่ำสุด สำหรับเจลาตินฟิล์มที่บ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที มีค่า EAB สูงสุด คือ อย่างไรก็ตาม ค่า EAB ของ เจลาตินฟิล์มที่บ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ไม่มีความแตกต่างกับเจลาตินฟิล์มที่บ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที สำหรับการวัดค่า TS และ EAB ได้มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลของการให้ความร้อนการเตรียมสารละลายฟิล์มที่มีต่อคุณสมบัติของเจลาตินฟิล์มจากหนังปลาหมึก (Hoque et al.,2010) พบว่า การบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที มีค่า TS สูงที่สุด คือ 9.66 ± 0.87 MPa และ 8.90 ± 1.02 MPa ตามลำดับ แต่การบ่มสารละลายฟิล์มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที มีค่า EAB สูงสุด คือ 51.89 ± 1.91 % การศึกษาคุณสมบัติของเจลาตินจากหนังปลาตาหวาน (*Priacanthus*

tayenus) ที่ผสมสารสกัดจากสาหร่ายทะเล (Rattaya et al.,2009) โดยบ่มสารละลายฟิล์มอุณหภูมิตั้งที่ 60 องศาเซลเซียส เวลา 30 นาที ตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการผสมสารสกัดจากสาหร่ายทะเล มีค่า TS เท่ากับ 10.04 ± 0.78 MPa และมีค่า EAB เท่ากับ 12.51 ± 2.04 % จากงานวิจัยดังกล่าว จะเห็นได้ว่า นอกจาก อุณหภูมิและเวลาการเตรียมสารละลายฟิล์มจะส่งผลต่อค่า TS และ EAB แล้ว ชนิดของ เจลาตินจากหนังปลา ยังส่งผลต่อค่าเหล่านี้ด้วย

ตารางที่ 4.6 คุณสมบัติเชิงกลของฟิล์มจากเจลาตินที่ใช้ plasticizer ชนิดต่างๆ

Plasticizers	Thickness	Strength	Extensibility	WVP
	mm	(N)	(%)	10^{-10} g. mm.cm ⁻² .h ⁻¹ . Pa ⁻¹
Glycerol 0.2	0.0980	8.81	22.00	1.5250
Glycerol 0.3	0.0970	7.46	23.67	2.3032
Glycerol+Sorbitol 0.2	0.0997	7.56	21.75	1.2126
Glycerol+Sorbitol 0.3	0.0963	7.48	17.15	1.0893
Malic acid 0.2	0.0963	0.42	15.05	0.1485
Malic acid 0.3	0.0977	1.64	17.28	0.2064

ผลการทดลองในตารางที่ 4.6 เป็นการศึกษาชนิดของ plasticizer ที่เหมาะสมสำหรับฟิล์มเจลาติน พบว่าฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอล และใช้ plasticizer ผสมระหว่างกลีเซอรอลและซอร์บิทอล มีความแข็งแรงและยืดตัวได้ใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความหนาของฟิล์มใกล้เคียงกัน การใช้ซอร์บิทอลมากขึ้นทำให้ฟิล์มยืดตัวได้น้อยลงเล็กน้อย การใช้ plasticizer ผสมระหว่างกลีเซอรอลและซอร์บิทอล ช่วยเพิ่มความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีขึ้น การใช้กลีเซอรอลปริมาณมากจะทำให้ฟิล์มยืดหยุ่นแต่อาจส่งผลเสียต่อการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ

3. ผลกระทบของสารสกัดเปลือกมังคุดและใบมะรุมที่มีต่อคุณสมบัติของฟิล์มเจลาติน

ผลการทดลองในตารางที่ 4.7 เป็นอิทธิพลของสารสกัดเปลือกมังคุดที่ต่อความแข็งแรงของฟิล์ม พบว่าสารสกัดเปลือกมังคุดทำให้ความแข็งแรงของฟิล์มลดลงมากกว่าร้อยละ 50 เมื่อใช้กลีเซอรอล เป็น plasticizer แต่เมื่อเปลี่ยน plasticizer มาเป็นสารผสมระหว่างกลีเซอรอล+ซอร์บิทอล พบว่าการผสมสารสกัดเปลือกมังคุดและสารสกัดใบมะรุม เข้มข้น 1,500 ppm ทำให้ ความแข็งแรงของฟิล์มลดลงเพียงร้อยละ 27 และ 34 ตามลำดับ ซึ่งฟิล์มที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกมังคุดมีความแข็งแรงสูงกว่าฟิล์ม

ที่มีส่วนผสมของสารสกัดใบมะรุมเล็กน้อย สารสกัดเปลือกมังคุดและสารสกัดใบมะรุมทำให้ค่าการยอมให้น้ำผ่านสูงขึ้นร้อยละ 39 และ 34 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 คุณสมบัติเชิงกลของฟิล์ม*จากเจลาตินที่ใช้ สารสกัดเปลือกมังคุด

Mangosteen extract (ppm)	Thickness (mm)	Strength (N)	Extensibility (%)
0 (control)	0.0980	8.8134	22.0013
750	0.0987	4.0333	22.5733
1,250	0.0983	3.3667	21.0867
1,500	0.0973	3.3667	21.7767
2,250	0.0970	3.2667	21.0733

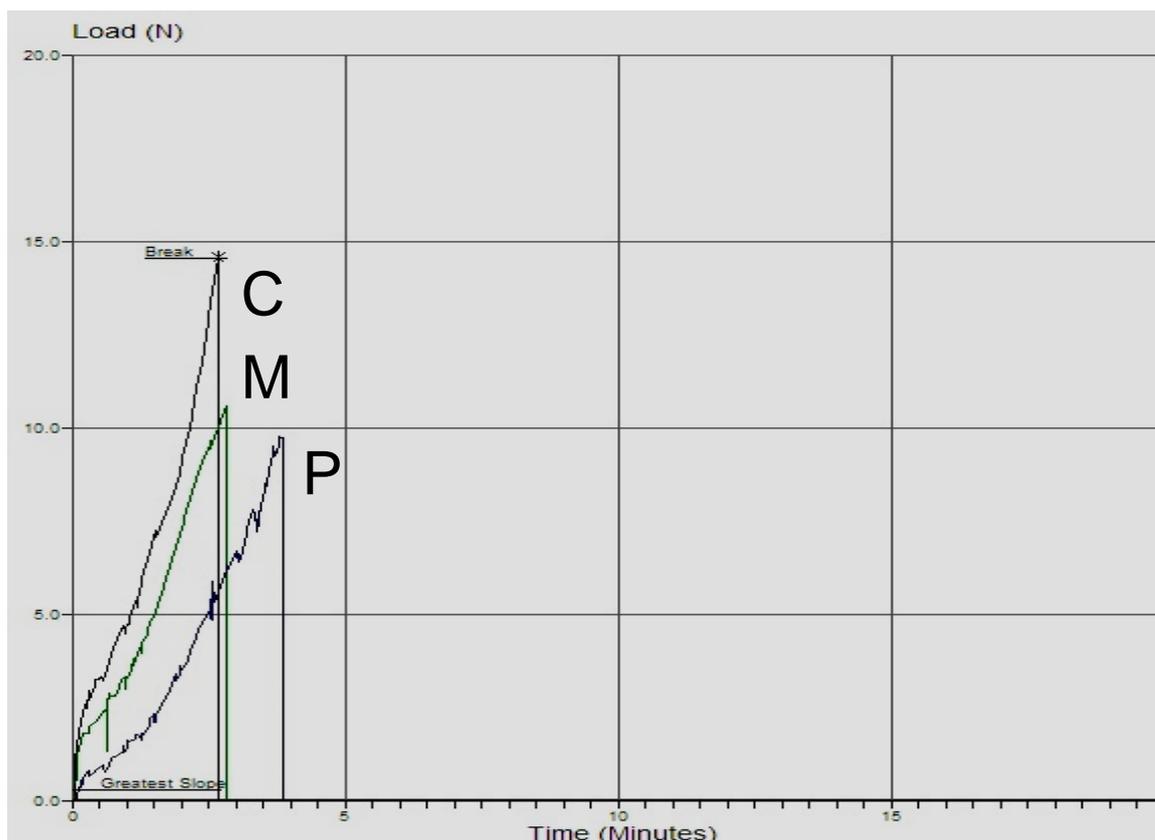
*ใช้ กลีเซอรอล เป็น plasticizer

ตารางที่ 4.8 คุณสมบัติเชิงกลและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของฟิล์ม*จากเจลาตินที่ใช้สารสกัดเปลือกมังคุดและสารสกัดใบมะรุมเข้มข้น 1,500 ppm

Films	WVP $10^{-10} \text{ g. mm.cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$	Strength (N)
Gelatin film	1.7223	14.56
Gelatin film +M**	2.8099	10.59
Gelatin film +P**	2.5939	9.64

*ใช้ กลีเซอรอล+ซอร์บิทอล 0.2 เป็น plasticizer

**M, ของสารสกัดเปลือกมังคุด และ P,ใบมะรุม



รูปที่ 4.2 ความแข็งแรงของฟิล์มจากเจลาตินหนังปลาตุก สำหรับตัวอย่างควบคุม (C) และตัวอย่างที่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกมังคุด (M) และใบมะรุุม (P)

4. ประสิทธิภาพของแผ่นฟิล์มเมื่อทดสอบกับกับผลิตภัณฑ์ปลาทอด

ตารางที่ 4.9 คุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาทอดในฟิล์มเจลาติน ที่เก็บนานานาน 14 วัน

Samples	Inhibition (%)	PV Meq/ kg sample	TBA	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)
Control*	0	68.5±10.61	0.47±0.04	>250 ^{***}
Gelatin film	0	47.5±3.54	0.34±0.01	>250 ^{***}
Gelatin film +M ^{**}	71.42	55.0±7.07	0.43±0.06	7.3×10 ⁴
Gelatin film +P ^{**}	42.86	60.0±10.61	0.62±0.03	2.0×10 ⁶

* ตัวอย่างที่ไม่ได้บรรจุในฟิล์ม

**M, ของสารสกัดเปลือกมังคุด และ P, ไบโอมะรุม

*** มีจำนวนโคโลนีจำนวนมากจนไม่สามารถนับได้



ภาพที่ 4.3 การปิดผนึกถุงจากฟิล์มเจลลาตินด้วยความร้อน



ฟิล์มเจลลาติน

ฟิล์มเจลลาติน+สารสกัดเปลือกมังคุด

ฟิล์มเจลลาติน+สารสกัดไบโอมะรุม

ภาพที่ 4.4 การบรรจุผลิตภัณฑ์ปลาทอดในถุงจากฟิล์มเจลลาติน

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ พบว่าฟิล์มเจลลาตินที่มีสารสกัดเปลือกมังคุดมีประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระที่รายงานเป็นค่าร้อยละการยับยั้งสูงกว่าฟิล์มเจลลาตินที่มีสารสกัดไบโอมะรุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดทั้งสองชนิด ดังภาพที่ที่ 4.1 (กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ) อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทั้งค่า PV และ TBA ยังไม่พบข้อสรุปที่ชัดเจน แต่มีแนวโน้มว่าทุกตัวอย่างในถุงฟิล์มจะมีค่า PV ต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้อยู่ในถุงฟิล์มที่สัมผัสอากาศมากกว่าจึงมีค่า PV สูงกว่า หรือมีโอกาสเกิดออกซิเดชันสูงกว่า ส่วนผลการวิเคราะห์ค่า TBA ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หองค์ประกอบที่ให้กลิ่นหืน เช่น สารระเหยอัลดีไฮด์ หรือ คีโตน ซึ่งอาจต้องใช้เวลาดูแลรักษานานหรือเก็บในสภาวะเร่ง ในระหว่างการเก็บนาน 14 วัน เมื่อทดสอบดมกลิ่นเบื้องต้นทุกตัวอย่างยังไม่มีการหืนแต่บางตัวอย่างเริ่มเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ได้แก่ ตัวอย่างที่ไม่ได้อยู่ในถุง

ฟิล์ม และตัวอย่างที่อยู่ในถุงฟิล์มที่ไม่มีสารสกัด ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการต้านการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ พบว่าสารสกัดเปลือกมังคุดมีประสิทธิภาพสูงกว่าสารสกัดใบมะรุม ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์เกินกว่า 10^5 CFU/g นับว่าตัวอย่างเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์แล้ว ขณะที่ตัวอย่างในถุงฟิล์มที่มีสกัดเปลือกมังคุดมีจำนวนจุลินทรีย์เพียง 10^4 CFU/g

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

สารสกัดจากเปลือกมังคุดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดใบมะรุม ในการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาในการสกัดเจลาตินจากหนังปลาตุก พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณเจลาตินและโปรตีนที่ได้ โดยพบอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 65 องศาเซลเซียส การบ่มสารละลายเจลาตินด้วยความร้อนขึ้นก่อนขึ้นรูปแผ่นฟิล์มทำให้ได้ฟิล์มที่แข็งแรงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การใช้กลีเซอรอลปริมาณมากจะทำให้ฟิล์มยืดหยุ่นแต่อาจส่งผลเสียต่อการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ สารสกัดเปลือกมังคุดความเข้มข้น 750-2,250 ppm มีผลให้ฟิล์มมีความแข็งแรงลดลงไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 เมื่อใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ การใช้ plasticizer ผสมระหว่างกลีเซอรอลและซอร์บิทอล ช่วยเพิ่มความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีขึ้น สารสกัดเปลือกมังคุดมีแนวโน้มในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าสารสกัดใบมะรุม และสามารถชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปลาทอดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ในถุงที่ผลิตจากฟิล์มเจลาตินที่ผลิตได้

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้พบปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์ปลาทอด คือ ฟิล์มเจลาตินมีการดูดความชื้นจากบรรยากาศ ซึ่งควรมีการศึกษาการลดการดูดความชื้น เช่น การผลิตเป็นฟิล์มประกอบและศึกษาการใช้พลาสติกไซเซอร์ประเภทไม่ชอบน้ำ หรือการใช้พลาสติกไซเซอร์ผสม เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- พงศธร มั่นทะ พิรยา โชติถนอม และบุษกร ทองใบ .2552. คุณสมบัติด้านการเกิดออกซิเดชันของสารสกัดเปลือกมังคุดและผลกระทบบที่มีต่อคุณสมบัติของฟิล์มเคลือบบริโภคนได้. การสัมมนาทางวิชาการวิทยาการหลังหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 7 19-20 สิงหาคม 2552 อ.เมือง กระบี่ หน้า 23.
- Bennett, R. et al. 2003. Profiling Glucosinolates and Phenolics in Vegetative and Reproductive Tissues of the Multi-Purpose Trees *Moringa oleifera* L. (Horseradish Tree) and *Moringa stenopetala* L.J. Agric. Food Chem., , 51 (12), pp 3546–3553.
- Chen, H. (2002) Formation and properties of casein films and coatings. *Journal of protein-based films and coatings*, 181-211.
- Cho, S.-H., Jahncke, M.L., Chin, K.-B., Eun, J.-B., 2006. The effect of processing conditions on the properties of gelatin from skate (*Raja kenoi*) skins. *Food Hydrocolloids* 20, 810-816.
- Gómez -Estaca, J., Montero, P., Fernández-Martín, F., Alemán, A., Gómez -Guillén, M.C., 2009. Physical and chemical properties of tuna-skin and bovine-hide gelatin films with added aqueous oregano and rosemary extracts. *Food Hydrocolloids* 23, 1334-1341.
- Gómez-Estaca, J., Monter, P., Fernández-Martín F. and Gómez-Guillén M.C. 2008. Physico-chemical and film forming properties of bovine-hide and tuna-skin gelatin: A comparative. [Journal of Food Engineering Volume 90. Issue 4](#), February 2009, Pages 480-486.
- Gómez -Guillén, M.C., Ihl, M., Bifani, V., Silva, A., Montero, P., 2007. Edible films made from tuna-fish gelatin with antioxidant extracts of two different murta ecotypes leaves (*Ugni molinae* Turcz). *Food Hydrocolloids* 21, 1133-1143.
- Krochta, J.M., Pavlath, A.E., and Goodman, N. 1990. Edible films from casein-lipid emulsions for light-processed fruits and vegetables. *Journal of Engineering and food*, 2, 329 – 340.
- Schou, M., Longares, A., Montesinos-Herrero, C., Monahan, F.J., O’Riordan, D. and O’Sullivan, M. 2005. Properties of edible sodium caseinate films and their application as food wrapping. *LWT*. 38: 605–610.
- Ledward, 1986 D.A. Ledward, Gelation of gelatin. In: J.R. Mitchell and D.A. Ledward,

- Editors, Functional properties of food macromolecules, Elsevier Applied Science Publishers, London (1986), pp. 171–201.
- Menegalli et al., 1999 F.C. Menegalli, P.J.A. Sobral, M.A. Roques and S. Laurent, Characteristics of gelatin biofilms in relation to drying process conditions near melting, *Drying Technology* 17 (1999), pp. 1697–1706.
- Norland, 1990 R.E. Norland, Fish gelatin. In: M.N. Voight and J.K. Botta, Editors, Advances in fisheries technology and biotechnology for increased profitability, Technomic Publishing Co, Lancaster, PA (1990), pp. 325–333.
- Perumal Siddhuraju and Klaus Becker. 2003 . Antioxidant Properties of Various Solvent Extracts of Total Phenolic constituents from Three Different Agroclimatic Origins of Drumstick Tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves *J. Agric. Food Chem.*, 51 (8), pp 2144–2155.
- Rattaya, S., Benjakul, S., Prodpran, T., 2009. Properties of fish skin gelatin film incorporated with seaweed extract. *Journal of Food Engineering* 95, 151-157.
- Siddhuraju P, Becker K. 2003. Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agro-climatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.). *J Agric Food Chem* 15: 2144-2155.
- Simon-Lukasik and Ludescher, 2004 K.V. Simon-Lukasik and R.D. Ludescher, Erythrosin b phosphorescence as a probe of oxygen diffusion in amorphous gelatin films, *Food Hydrocolloids* 18 (2004), pp. 621–630

ภาคผนวก

ภาคผนวก (Appendix) ประกอบด้วย

- 1 manuscript หรือ reprint หรือบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์แล้ว
- 2 รายละเอียดเกี่ยวกับการนำงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้อันก่อให้เกิดประโยชน์อย่างเด่นชัด

ดังนี้

2.1 ประเภทของการใช้ประโยชน์จากงานวิจัย และงานสร้างสรรค์

(โปรดระบุประเภทโดยใส่ เครื่องหมาย ✓)

- การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ
- การใช้ประโยชน์ในเชิงสาธารณะ
- การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย หรือระดับประเทศ
- การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์

HEATING CONDITION AFFECTING GELATIN AND FILM PROPERTIES FROM CATFISH SKINS

Pheeraya CHOTTANOM¹ and Mangkorn SRISA-ARD²

¹ Department of Food Technology and Nutrition, Maharakham University, Maharakham 44150, Thailand

² Department of Chemistry, Faculty of Science, Maharakham University, Maharakham 44150, Thailand

Corresponding author: Pheeraya CHOTTANOM·E-mail:
pheecheot@yahoo.com

ABSTRACT

The objectives of this work were to study the influence of heating conditions in extraction and film preparation on yield and certain properties of catfish skin gelatin, and on their film properties. The results showed that, gelatin yield was depended on both extraction temperature and extraction time. Extraction using high temperature increased fat residue in gelatin. Heating improved film tensile strength and film extensibility ($p < 0.05$). Water permeability and color of the films were not influenced by heating. The water resistance property of films was improved by using plasticizer blend of glycerol and sorbitol, but the decreasing of film extensibility was observed.

Key words: Film; Gelatin; Heating; Plasticizer; Protein; Yield

INTRODUCTION

Biodegradable films made from renewable resources are an important factor in reducing the environment impact of plastic waste. Gelatin industry primarily uses mammalian skins and bones as raw materials. In Thailand, catfish (*Clarias batrachus*) skin is a low market value by-product. Gelatin from fish is in current trend designing biodegradable materials for food packaging to meet sociocultural needs. Heating collagen in water in water leads to the conversion of collagen onto soluble gelatin which can form gel structure at appropriate concentration and temperature. Important mechanisms of thermal solubilization of collagen are cleavage of a number of intra-and intermolecular cross-linking bonds in collagen and hydrolysis of amide bonds of collagen. The extraction yield and properties of gelatin depend chiefly on the properties of raw material and the processing parameters such as temperature, time, and pH. Gelatin film has been reported as an outer film to protect food from dehydration, oxygen and light (Arvanitoyannis, 2002). The physical and structural properties of gelatin are influenced by the protein molecular weight distribution and amino acid composition which plays functional properties of the film (Giménez et al., 2009). In addition, condition of film forming has been reported in an important factor which specifies film properties. Heat treatment of protein film solution increased in film strength has recently reported (Choi and Han, 2002; Hoque, Benjakul, Prodpran, 2010) The objectives of this work were to study the influence of heating conditions in gelatin extraction, focusing on gelatin yield and protein concentration, and those in film-solution preparation, focusing on the mechanical, water barrier and color properties of films.

METHODS

Catfish skin preparation

Catfish (*Clarias batrachus*) skin was purchased from the local fish pound in Mahasarakham province, Thailand. The skin was washed with tap water and cut into small piece (approximately 1x1 cm), placed in polyethylene bags and stored at -18°C. The skin used in this study was stored for less than 2 months. Prior to gelatin extraction, the frozen skin samples were overnight thawed in a refrigerator at 8-12°C.

Gelatin extraction

Gelatin was extracted from Catfish skin according to the method of Hoque et al. (2010) with slight modification. The skin was pretreated by soaking in 0.2 M of NaOH and 0.03 M acetic acid solutions in order to remove non-collagen protein part according to the method of Yang et al. (2010) with slight modification. The skin/solution ratio was 1:10 (w/v). The NaOH solution together with fish skin was placed in a shaking incubator at 150 rpm and 25°C for 90 min. The solution was changed every 30 min. Pretreated skin was neutralized by using tap water and then soaked in acetic acid for 3 h. After that, the skin was neutralized with tap water until its pH was in the range of 6-7. The gelatin was then extracted by using distilled water at 55-75°C for 6 and 12 h. The extract obtained was filtered through filter paper (Whatman® No.4) and concentrated at 40°C. The extracted gelatin was stored at -18°C until used (not longer than 1 month).

Film Preparation

Film solutions (approximately 5% total solids) prepared with glycerol and sorbitol plasticizers (0.2g and 0.3g plasticizer/g total solids in gelatin solution) at 25, 60, 70 and 80°C for 15 and 30 min in a temperature-controlled water bath. Non-heated (control sample) and heated solutions were cast onto an acrylic plate (12x12 cm) and then dried in a hot air oven at 50°C for 15 h (approximately 14% moisture content). The dried film was placed in a desiccator with 58% relative humidity for 24 h and then manually peeled off. The film obtained was stored at 58% relative humidity until subjected to the analysis of film properties.

Analyses

Gelatin properties

The protein concentration (g/ml) of the extracted gelatin was determined by using Biuret method (Yang et al., 2007). The concentration was measured using a spectrophotometer at 540 nm (Milton Roy 1201, New York) with bovine serum albumin as a standard. The total solids, ash and lipids were determined according to AOAC method (1990). Yield of protein was calculated from the following equation:

$$\%Yield = 100 \cdot [protein\ concentration\ (g/ml) \cdot volume(ml)] / weight\ of\ sample(g).$$

Film properties

Tensile strength (TS) and elongation at break (EAB) of film were determined using a texture analyzer (TA-XT2i®, Micro Stable System, Surrey, UK). The film sample (2x5 cm) with the initial grip length of 3 cm was tested. The TS was measured at 30 mm·min⁻¹ until the film was broken.

The maximum load and the final extension at break were calculated as TS and EAB, respectively.

Water vapor permeability

Water vapor permeability (WVP) was measured following the method of Hoque et al. (2010). WVP expressed as $g \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-1}$ was calculated as follows:

$$WVP = WVTR \cdot t / S(R_1 - R_2)$$

where *WVTR* is water vapor transmission rate (vapor flow in unit time through unit area of tested film area), expressed as $g \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$. *t* is film thickness (m). *S* is saturated vapor pressure at test temperature (1.333×10^2 Pa). $R_1 - R_2$ is relative humidity difference (expressed as fraction) across the tested film.

Color and film transparency

Film color was measured by using a Minolta color meter (CR-300, Japan) expressed as Lightness (L^*) redness-greenness (a^*) and yellowness-blueness (b^*). The transparency of film was measured from the percent transmittance (*T*) at 600 nm (Milton Roy 1201, New York) and the transparency value (%) was calculated as follows:

$$\text{Transparency value} = \frac{T_r}{T_0} \cdot 100$$

where T_r is the percent transmittance with the specimen in the beam and T_0 is the percent transmittance with no specimen in the beam.

Results

Pretreatment conditions are an important factor in preparing collagen for successful gelatin extraction. The degree of conversion of collagen into gelatin is depended on both temperature and time in extraction step. In addition, alkali and acid concentration used in the pretreatment is a main factor influencing the gelatin and film properties. The protein yield of gelatin from catfish skin varied by the extraction temperature and time could be observed (Table 1). However, protein concentration was not significantly different ($p > 0.05$). Higher protein yield showed at 65 and 75°C for all heating time as compared to those at 55°C which had lower volume of extracted gelatin (data not shown), causing the lower protein yield. The protein yield in this study was lower than that reported by Yang et al. (2008), possibly due to using of long time soaking in NaOH solution and loss of gelatin during neutralization step with tap water. Generally, alkali or acid facilitates fragmentation of collagen chain. Therefore, long time soaking in

alkali or acid solution might cause more collagen dissolved in the solution, resulted in a corresponding loss in gelatin yield, particularly during the neutralization step with tap water. Effect of extraction time on fat and ash content is shown in Table 2. Extraction using 12h led to high fat content containing in gelatin but there was not impact on ash content.

Table 1 Effect of extraction temperature and time on protein concentration and protein yield of gelatin solutions*.

Temperature (oC)	Time (h)	Protein concentration (g/ml)	Protein yield (%)
55	6	0.023±0.0005 ^a	4.23±0.09 ^a
55	12	0.022±0.0002 ^a	3.94±0.04 ^a
65	6	0.034±0.0002 ^a	7.01±0.05 ^b
65	12	0.030±0.0043 ^a	7.41±1.03 ^b
75	6	0.028±0.0018 ^a	6.20±0.40 ^b
75	12	0.029±0.0009 ^a	7.10±0.22 ^b

* 5% total solids

a,b,...Different letters within a column indicate significant difference at $p < 0.05$.

Table 2 Effect of extraction temperature and time on ash and lipids contents of gelatin solutions*.

Temperature (oC)	Time (min)	Ash (%)	Lipids (%)
55	6	0.05±0.01 ^a	0.06±0.048 ^a
55	12	0.03±0.01 ^a	0.16±0.039 ^b
65	6	0.03±0.01 ^a	0.10±0.009 ^a
65	12	0.02±0.00 ^a	0.18±0.022 ^b
75	6	0.02±0.01 ^a	0.11±0.022 ^a
75	12	0.02±0.00 ^a	0.17±0.045 ^b

* 5% total solids

a,b,...Different letters within a column indicate significant difference at $p < 0.05$.

Table 3 Effect of heating conditions on TS and EAB of gelatin films.

Temperature (°C)	Time (min)	TS (MPa)	EAB (%)
Control	0	6.10 ± 0.12 ^a	20.66 ± 1.00 ^a

60	15	7.88±0.03 ^b	43.88±3.84 ^b
70	15	10.79±0.50 ^d	46.33±1.20 ^d
80	15	13.36±0.55 ^f	47.22±1.38 ^{de}
Control	0	6.10±0.61 ^a	20.33±0.66 ^a
60	30	8.99±0.27 ^c	45.11±1.92 ^c
70	30	11.80±0.70 ^e	48.22±1.01 ^{ef}
80	30	13.73±0.15 ^f	49.33±0.88 ^f

a,b,...Different letters within a column indicate significant difference at $p < 0.05$.

Significant effect of heating temperature and time on the mechanical properties of films is shown in Table 3. Film tensile strength (TS) and elongation at break (EAB) increased with increasing of heating temperature and time used in preparation of film solutions. The lowest TS and EAB values were observed at control films that were placed at room temperature 12 and 30 min before casting. Heating at 80°C increased a greater than 50% TS as compared to non-heating treatment. This result agrees with the effect of pretreatment temperature (70-100°C) on mechanical properties of films from protein isolate (Choi and Han, 2002; Perez-Gago and Krochta, 2001). However, the temperature above 80°C caused the decrease of TS of gelatin film from cuttlefish skin while EAB was increased by high heating temperature (Hoque et al., 2010). Difference in protein composition, hydrogen bonding, hydrophobic group and extraction method are an important factor on gelatin properties. Therefore, mechanical properties of gelatin film could be varied by the

Table 4 Effect of heating conditions on WVP of gelatin films.

Temperature (°C)	Time (min)	Thickness (mm)	WVP ($\times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$)
Control*	15	0.054±0.0003 ^a	8.38±0.12 ^a
60	15	0.062±0.0017 ^c	9.42±0.07 ^b
70	15	0.058±0.0015 ^b	9.49±0.49 ^b
80	15	0.056±0.001 ^b	9.56±0.06 ^b
Control**	30	0.054±0.0005 ^a	8.35±0.26 ^a
60	30	0.058±0.0010 ^b	9.26±0.09 ^b
70	30	0.058±0.0002 ^b	9.42±0.39 ^b
80	30	0.054±0.0007 ^a	9.45±0.14 ^b

* placed at room temperature, 15 min.

** placed at room temperature, 30 min.

a,b,...Different letters within a column indicate significant difference at $p < 0.05$.

sources of protein and processing steps. Optimal heating resulted in unfolding protein plays strong network structure during film forming. Heating showed slight impact on thickness of the films, ranged from 0.054-0.062 mm (Table 4). Water vapor permeability of film shown in Table 4 was not significantly different among heating temperature ($p>0.05$). A small difference was observed for WVP. The WVP of control films seems lower than those of preheated films (60-80°C). However, effect of heating on WVP of protein film is still indistinct. High temperature above 80°C led to lower WVP of gelatin film from cuttlefish skin (Hoque et al., 2010) while heating was not affected the WVP of whey protein film (Perez-Gago et al., 1999). Generally, heating is a main factor denaturing of protein. Using optimal temperature could induce the short chain gelatin network and expose the hydrophobic group, consequently compact structure of film. Either denaturation but also renaturation (inducing helical structure) of protein might be a key factor controlled structure of protein films.

Table 5 Effect of plasticizers on WVP of gelatin films**.

Plasticizers	content (g/g total solids)	TS (MPa)	EAB (%)	WVP ($\times 10^{-10} \text{ g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$)
Glycerol +Sorbitol*	0.2	7.56±0.59 ^a	21.75±1.16 ^a	1.21±0.31 ^a
Glycerol +Sorbitol*	0.3	7.48±0.42 ^a	17.16 ±1.26 ^b	1.08±0.04 ^a

*The mass ratio of glycerol to sorbitol was 1:1

** Film thickness was in the range of 0.096 to 0.099 mm.

a,b,...Different letters within a column indicate significant difference at $p<0.05$.

In this work, the WVP values were quite higher than those in certain reports. The water resistant property was then improved by using plasticizer blend of glycerol and sorbitol as shown in Table 5. The WVP value of film with plasticizer blend was approximately decreased 693 to 776 times as compared to the control film in Table 4. However, The EAB value of film with plasticizer blend of 0.3 g/g total solids was approximately decreased from 20.66% to 17.16%.

Table 5 Effect of heating conditions on color and transparency of gelatin films.

Temperature (°C)	Time (min)	L* ^{ns}	a* ^{ns}	b* ^{ns}	Transparency value (%) ^{ns}
---------------------	---------------	------------------	------------------	------------------	---

Control*	15	70.70±0.51	-1.27±0.24	4.94±0.17	71.25±2.04
60	15	71.08±0.15	-1.12±0.13	4.68±0.60	72.35±1.20
70	15	70.76±0.40	-1.10±0.25	4.77±0.86	70.38±2.28
80	15	70.88±0.36	-1.33±0.27	5.23±0.42	74.55±2.84
Control**	30	71.73±1.39	-1.17±0.19	4.77±0.23	72.05±2.24
60	30	70.69±0.88	-1.13±0.18	4.94±0.75	72.54±1.34
70	30	70.88±0.66	-1.38±0.53	5.51±0.50	72.35±2.21
80	30	70.78±0.77	-1.36±1.00	5.09±0.11	71.51±2.00

* placed at room temperature, 15 min.

** placed at room temperature, 30 min.

^{ns} Not significantly different at $p < 0.05$.

Table 5 shows color parameters and transparency of gelatin films. There was no impact of heating on film color and transparency as well as the report of Choi and Han (2002). The lightness (L^*) values of films were in the range of 70.69 to 71.73 as well as the transparency values that in the range of 70.38% to 74.55%. High b^* value, minus (-) of a^* and moderate L^* indicating slightly dark film could be found because of dark skin color of the fish was not removed.

Conclusion

Thus, heating treatment in gelatin extraction and film-solution forming was directly influenced the properties of resulting gelatin and film. The appropriate plasticizer for gelatin film was required. The results obtained in this work are the basis for future study to develop the gelatin film with good properties.

References

- Arvanitoyannis I. Formation and properties of collagen and gelatin films and coatings, A. Gennadios, Editor, *Protein-based films and coatings*, CRC Press, Boca Ratón, FL (2002), pp. 275–304.
- Choi W.S. and. Han J.H. Film-forming mechanism and heat denaturation effects on the physical and chemical properties of pea-protein-isolate edible films. *Journal of Food Science*, 67, 1399–1406 (2002).
- Giménez, B., Gómez-Estaca, J., Alemán, A., Gómez-Guillén, M.C., Montero M.P. Physico-chemical and film forming properties of giant squid (*Dosidicus gigas*) gelatin. *Food Hydrocolloids* 23, 3, 585-592 (2009).
- Hoque Md. S., Benjakul, S., Prodpran, T. Effect of heat treatment of film-forming solution on the properties of film from cuttlefish (*Sepia pharaonis*) skin gelatin. *Journal of Food Engineering* 96, 1, 66-73 (2010).
- Perez-Gago, M.B. and Krochta, J.M. Denaturation time and temperature

effects on solubility, tensile properties, and oxygen permeability of whey protein edible films. *Journal of Food Science* 66, 705–710 (2001).

Perez-Gago, M.B. Nadaud P. and Krochta, J.M. Water vapor permeability, solubility, and tensile properties of heat-denatured versus native whey protein films. *Journal of Food Science*, 64, 1034–1037 (1999).

Yang, H., Wang, Y., Regenstein J.M., and Rouse, D.B., Nanostructural characterization of catfish skin gelatin using atomic force microscopy. *Journal of Food Science* 72, C430–C440 (2007).

Yang H., Wang Y., Zhou, P., Regenstein J. M . Effects of alkaline and acid pretreatment on the physical properties and nanostructures of the gelatin from channel catfish skins. *Food Hydrocolloids* 22, 8, 1541-1550(2008).

การเตรียมสารละลายฟิล์มและการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม

1. นำสารละลายเจลาติน ที่ทำการระเหยน้ำออกแล้ว ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ผสมกับกลีเซอรอลในอัตราส่วน 1 % ของของแข็งที่อยู่ในสารละลายเจลาติน ต่อ 8.33 % ของกลีเซอรอล
2. เตรียมสารละลายฟิล์มโดยบ่มที่ 60,70,80 องศาเซลเซียส เวลา 15 และ 30 นาที



ภาพที่ 10 การบ่มสารละลายฟิล์ม

3. ขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม โดยเทสารละลายฟิล์มลงบนแผ่นอะคริลิกสี่เหลี่ยม ขนาด 15x18 เซนติเมตร ทำให้แห้งใน Hot air oven อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เวลา 12 ชั่วโมง



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม

4. ลอกแผ่นฟิล์มออกและนำฟิล์มที่ได้ไปปรับสถานะในโถดูดความชื้น (desicator) ที่มีสารละลายเกลืออิ่มตัว NaNO_2 ความชื้นสัมพัทธ์ 65 % ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เวลา 2 วัน ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

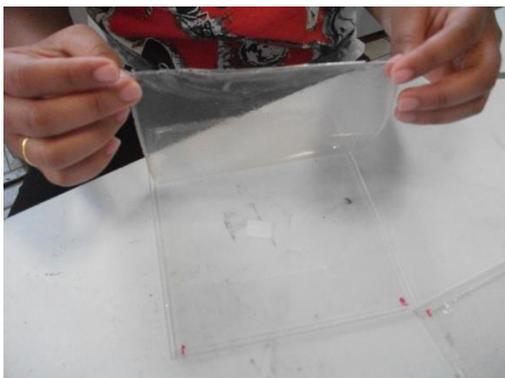


1



2





4

3

ภาพที่ 12 ลำดับการลอกแผ่นฟิล์ม

การวิเคราะห์คุณสมบัติการต้านทานแรงดึงและการยึดตัวตามวิธี TAPPI-T494 (1988)

ความแข็งแรงในการดึงยึด (TS) เป็นค่าซึ่งใช้วัดความสามารถในการต้านทานแรงดึงได้สูงสุดโดยตัดแผ่นฟิล์มให้มีความกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร นำไปทดสอบโดยใช้เครื่องมือ Instron Universal Machine ค่าแรงที่จุดยอดกราฟเป็นค่าแรงที่ใช้ดึงจนฟิล์มขาดออกจากกัน แสดงถึงความแข็งแรงของฟิล์ม

ค่าการยึดตัว ณ จุดหัก (E) เป็นตัวบ่งชี้ความยืดหยุ่นและความแข็งแรงของฟิล์ม โดยวัดเป็นเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความยาว ที่ผ่านการดึงยึดออก (3 เซนติเมตร) ก่อนจะทำการทดสอบความแข็งแรงในการดึงยึด และค่ายึดตัว ณ จุดหัก

วิธีการทดสอบ

ยึดปลายข้างหนึ่งของชิ้นตัวอย่างกับหัวทดสอบให้แน่น แล้วจึงยึดปลายอีกด้านหนึ่ง ไม่ควรจับชิ้นตัวอย่างที่อยู่ระหว่างที่ยึด ตั้งระยะ Grip separation และปรับ load weighing เมื่อ grip ตัวบนดึงฟิล์มขาด จะรายงานค่า load (นิวตัน) และค่าความยืด (มิลลิเมตร) คำนวณค่าการต้านแรงดึงขาดและร้อยละของการยึดตัว



การวิเคราะห์ความแข็งแรงของฟิล์ม ด้วยเครื่อง Texture analyzer

การคำนวณ

$$\text{ค่าการต้านทานแรงดึงขาด (นิวตันต่อตารางเมตร)} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ (นิวตัน)}}{\text{ความกว้าง(มิลลิเมตร) x ความหนา (มิลลิเมตร)ของฟิล์ม}}$$

$$\text{ค่าการยืดตัว} = \frac{\text{ระยะยืดตัวของแผ่นฟิล์ม} \times 100}{\text{ระยะห่างระหว่าง Grip ก่อนดึงฟิล์ม}}$$

วิเคราะห์คุณสมบัติการซึมผ่านไอน้ำ ASTM E 96-80 (ASTM,1980)

1. อุปกรณ์และสารเคมี

- ถ้วยทดสอบการซึมผ่านไอน้ำ
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- ซึ้งพาราฟิน
- ซิลิกาเจลอบแห้ง

2. การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างฟิล์มต้องไม่มีรอยขีดข่วน ตัดตัวอย่างฟิล์มเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร ก่อนทำการทดสอบต้องปรับสภาพฟิล์มโดยควบคุมอุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

1. วิธีการทดสอบ

นำตัวอย่างแผ่นฟิล์มมาปิดผนึกบนถ้วยอะลูมิเนียมที่บรรจุซิลิกาเจล (0% RH) แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ในโถดูดความชื้นประมาณ 8 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักของซิลิกาเจลเพื่อหาปริมาณน้ำที่ซิลิกาเจลดูดเข้าไป ทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง

การคำนวณ

$$\text{WVTR (water vapor transmission rate)} = \frac{\text{น้ำหนักที่เปลี่ยนไป}}{\text{เวลาที่เปลี่ยนแปลงไป} \times \text{พื้นที่}}$$

$$\text{WVP (water vapor permeability)} = \frac{\text{WVTR} \times \text{ความหนา (กรัม} \times \text{มม./ตร.ม} \times \text{วัน} \times \text{มม.ปรอท)}}{S(R_1 - R_2)}$$

เมื่อ S = ค่าความดันไอน้ำอิ่มตัววอดยิ่งที่ 27 องศาเซลเซียส

R_1 = ค่าความซึ่ซั่มพัทธ์ ณ บรรยากาศห้องทดลอง

R_2 = ค่าความซึ่ซั่มพัทธ์ ณ บรรยากาศด้วยทดลอง

การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์

1. วิธีการสกัดตัวอย่าง (ดัดแปลงจากวิธีของ Longo และ Vasapollo.2005)

ซึ่ซั่มตัวอย่างตัวอย่างประมาณ 50.0000 กรัม ทำการหั่นเป็นซึ่ซั่มเล็ก ๆ แล้วซึ่ซั่มมาประมาณ 1.0000 กรัม เพื่อทำการสกัดใน 0.1 % HCL – Methanol (v/v) ปริมาตร 50 ml (1 มล. มีตัวอย่างผลหม่อน 1 กรัม) นำไปเขย่าด้วยเครื่อง water bath shaker ที่อุณหภูมิห้องที่มีदनาน 20 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 และเบอร์ 1 ตามลำดับ ส่วนใสที่ได้นำไปวิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานินส์ สารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระ

2. การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (ดัดแปลงจากวิธีของ Bae และ Suh. 2006)

การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกใช้วิธี Folin-Ciocalteu ที่ดัดแปลงจากวิธีของ Bae และ Suh. (2006) โดยปิเปตน้ำกลั่นปริมาตร 3.95 ml ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นปิเปตสารสกัดที่มีความเข้มข้น 0.02 g/ml ปริมาตร 0.1 ml ใส่ในหลอดทดลอง เติม Folin-Ciocalteu solution ปริมาตร 0.25 ml ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 นาที หลังจากนั้นเติม sodium carbonate เข้มข้น 20 g/100 ml ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ ห้อง นาน 2 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร โดยความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่างคำนวณจากกราฟมาตรฐานของ gallic acid เข้มข้น 0.03125-0.5 mg/ml $R^2 = 0.9980$

วิธีการทำกราฟมาตรฐาน

ซึ่ซั่ม gallic acid มา 40 มิลลิกรัม ปรับปริมาตรให้ได้ 50 ml ด้วยน้ำกลั่นจะได้ สารละลาย gallic acid เข้มข้น 800 mg/l ทำการเจือจางความเข้มข้นลงเป็น 400, 200, 100 และ 50 mg/l โดยเตรียมเหมือนกับตัวอย่างทุกซึ่ซั่มตอน นำตัวอย่างสารละลายมาตรฐานไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน

3. วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานินส์

การวิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานินส์ในสารสกัดทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธี pH differential ตามวิธีของ Wrolstad and Giusti. (2001)โดยนำสารสกัดที่ได้ปริมาตร 1 ml ใส่ในหลอดทดลอง เติม potassium chloride buffer (KCl, 0.2 M, pH 1.0)ในหลอดที่ 1 และเติม sodium acetate (CH_3COONa , 1 M, pH 4.5)ในหลอดที่ 2 ปริมาตร 24 ml นำหลอดที่ 1 และ 2 ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร นำไปคำนวณค่าการดูดกลืนแสงจากสูตร

$$A = (A_{510} - A_{700})_{\text{pH 1.0}} - (A_{510} - A_{700})_{\text{pH 4.5}}$$

คำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินจากสูตร

$$\text{Anthocyanin contents (mg/l)} = \frac{A \times \text{MW} \times \text{DF} \times 1000}{\mathcal{E} \times l}$$

เมื่อ MW = 449.2 (น้ำหนักโมเลกุลของ cyaniding-3- glucoside)

$$\mathcal{E} = 26,900$$

DF = ค่าคงที่ของการเจือจาง

A = ค่าการดูดกลืนแสง

l = ความยาวของเซลล์วิเคราะห์ตัวอย่าง (cell path length)

วิธีการเตรียมสารละลาย pH buffer

1. pH buffer 1.0

ชั่ง potassium chloride (KCl) 14.9 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร จะได้สารละลาย potassium chloride เข้มข้น 0.2 M ปิเปตมา 125 ml รวมกับสารละลาย Hydrochloric เข้มข้น 0.2 M ปริมาตร 335 ml

2. pH buffer 4.5

ชั่ง sodium acetate (CH_3COONa) 135 กรัม ในน้ำ 1 ลิตรจะได้สารละลาย sodium acetate เข้มข้น 1 M ปิเปตมา 400 ml รวมกับสารละลาย Hydrochloric เข้มข้น 1 M ปริมาตร 240 ml เติมน้ำกลั่นปริมาตร 360 ml

หมายเหตุ : pH buffer ควรเตรียมใหม่ก่อนใช้ทุกครั้ง

ประวัติ

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ (ภาษาไทย): นางพีรยา โชติถนอม
2. หมายเลขบัตรประชาชน 3650400330481
3. ชื่อ (ภาษาอังกฤษ): Mrs. Pheeraya Chottanom
4. วันเดือนปีเกิด: 14 กรกฎาคม 2514
5. สถานที่เกิด: จ.พิษณุโลก
6. สถานภาพการสมรส: แต่งงาน
7. ตำแหน่งปัจจุบัน: อาจารย์ ระดับ 7 (ยื่นขอกำหนดตำแหน่งทางวิชาการ เมื่อ 19 พ.ย. 2553)

8. ที่อยู่หน่วยงาน:ภาควิชาเทคโนโลยี การอาหารและโภชนศาสตร์
คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
9. เบอร์โทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้: โทรศัพท์ 043754333 ต่อ 1868
10. โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0874246368 โทรสาร 043743135
11. อีเมล pheechnot@yahoo.com
12. ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา	ระดับการศึกษา	วุฒิ	สาขาวิชา	ชื่อสถาบัน
2536	ปริญญาตรี	ว.ทบ.	เทคโนโลยีการอาหารและ โภชนาการ (เกียรตินิยม)	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2541	ปริญญาโท	ว.ทม.	สาขาวิชาเทคโนโลยีทาง อาหาร	จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
2547	ปริญญาเอก	ปร.ด.	เทคโนโลยีอาหาร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น

13. ประวัติการทำงานที่สำคัญ และ Professional Activities
- ปี พ.ศ. 2537-ปัจจุบัน เป็นอาจารย์ ทำการสอน มาแล้ว 15 ปี ณ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ภาควิชาเทคโนโลยี การอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี ม.มหาสารคาม (ยื่นขอตำแหน่งทางวิชาการ ผศ. เมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน 2553)
- ปี พ.ศ. 2550-ปัจจุบัน ประธานหลักสูตรมหาบัณฑิต เทคโนโลยีการอาหาร
- ปี พ.ศ. 2548-2549 ผู้ช่วยคณบดี คณะเทคโนโลยี
- ปี พ.ศ. 2548-2550 กรรมการ คณะเทคโนโลยี
- ปี พ.ศ. 2548-2550 รองหัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี
14. เกียรติประวัติ/รางวัลที่เคยได้รับ : อาจารย์ที่ปรึกษาดีเด่น ประจำปีการศึกษา 2552
15. ผลงาน เช่น วารสารวิชาการระดับนานาชาติ, วารสารวิชาการระดับชาติ, หนังสือ สិทธิบัตร (ในประเทศและต่างประเทศ)
- 1) Chottanom, P. and Phoungchandang, S. The development of osmotically dehydrated mangoes using conventional drying and dehumidified drying . Chemical Engineering Transactions (Italy) 2005; Vol. 6 (2).
 - 2) Chottanom, P. and Phoungchandang, S. Moisture desorption isotherm for fresh and osmotically treated mangoes . Pakistan Journal of Biological Sciences 2005; Vol.8 (2). (Abstracting/ Indexing in ISI)
 - 3) Pheeraya Chottanom. Mass Transfer during Osmotic Process (in Thai). Food. April-June. 2008.
 - 4) Pheeraya Chottanom, Singhanat Phoungchandang, Philippe Bohuon , and Jean-Clude Dumas. Mass Transfer during Osmotic Dehydration and Its Effect on Air Drying Behavior of Mango Slices. Oral presentation in Food Innovation International Conference 2008. Bangkok, Thailand.
 - 5) Pheeraya Chottanom, Yaovanage Labud, Natchayaporn Srichompu, Rawee Anusri, Saidthapon Chiparid. Effect of Pretreatment on Drying Kinetics and Properties of Rosella (in Thai). Journal of Science and Technology Mahasarakham University 2008(Suppl.).
 - 6) Radda Kongmani, Pheeraya Chottanom. Mulberry fruit properties, kinetics of drying and anthocyanin degradation during a drying process (in thai). Journal of Science and Technology Mahasarakham University . 2008.(Suppl.)

- 7) Chatree Manklang, Songchai Wiriyumpaiwong and Pheeraya Chottanom. Drying kinetics of mulberry fruits (in Thai). *Agricultural Sci.* 2007: 5(Suppl.). 279-282.
- 8) Sasimon Mungmai, Pheeraya Chottanom, Mangkorn Srisa-ad. Effect of Hydrocolloids and sugars on texture and gelatinization properties of rice flours. (in Thai). *Journal of Science and Technology Mahasarakham University* . 2009.(Suppl.)
- 9) Pheeraya Chottanom, Kulab Sittisuanjik. Properties of hydrothermal pregelatinized rice flours. (in Thai). *Journal of Science and Technology Mahasarakham University* . 2008.(Suppl.)
- 10) Wirasinee Khunsuwan, Pheeraya Chottanom, Manatchaya Ngamsak . Optimum condition for pressurization rice cooking for frozen-rice production. (in Thai). *Journal of Science and Technology Mahasarakham University* . 2008.(Suppl.)
- 11) Pheeraya Chottanom, Janpen Poomingdaun, Manatchaya Ngamsak. Properties of Khao Dowk Mali 105 rice and corn flour pregelatinized by a double roller dryer. (in Thai). *Journal of Science and Technology Mahasarakham University* . 2008.(Suppl.)
- 12) พงศธร มั่นทะ, พีรยา โชติถนอม. Development of Edible Active Films Incorporated with Mangosteen-Peel Extracts for Shelf-Life Enhancing in Fried Fish Products. *ประชุมวิชาการ โครงการทุนวิจัยมหาวิทยาลัย สกว.วันที่ 30 มีนาคม - 1 เมษายน 2554 ณ โรงแรมจอมเทียนปาล์มบีช หาดจอมเทียน พัทยา จ.ชลบุรี*
- 13) Pheeraya Chottanom, Mangkorn Srisa-ard .[Osmotic Dehydration as A factor in The Freezing to Tomato: Mass Transfer, Lycopene Content, and Freezing Point.](#) . *American Journal of Food Tech.*6(6), 2010.
- 14) Pheeraya Chottanom, Radda Kongmanee, Chatree Manklang, Somchart Soponronnarit. Effect of Osmotic Pre-treatment on Drying Kinetics and Antioxidant Property of Mulberry. *Drying technology.* 2012. 30: 80-87. Impact factor 1.7
- 14) Pheeraya CHOTTANOM and Mangkorn SRISA-ARD. **HEATING CONDITION EFFECTING GELATIN AND FILM PROPERTIES FROM CATFISH SKINS.** *International Congress on Food Engineering and Technology 2012. IFET 2012.* IMPACT Convention Center, Bangkok, Thailand. March 28-30, 2012. Accepted.

16. ทุนวิจัยที่เคยได้รับ:

ปี	ชื่อโครงการ	แหล่งทุน
2011	Antioxidant Efficiency of Extracts from <i>Moringa oleifera</i> Lam. Leave and Mangosteen peel in Fish Gelatin Films And Their Application in Fried Food	วช. (งบแผ่นดิน)
2010	Production of Flour Mix for the Traditional Dessert	สกอ.
2009	Production of Active Films Incorporated with Plant Extract and Their Application to Fried Fish-Fillets (โครงการย่อย)	วช. (งบแผ่นดิน)
2009	Antioxidant and antimicrobial activity of natural films enriched	สกว. (WINDOWS.II)

	with mangosteen peel extracts	
<u>2007</u>	The Utilization of Organic Rice for Product Development of Drinking Powder, Drinking Yoghurt, Bakery and Frozen Dessert (โครงการวิจัยย่อย)	วช.
<u>2007</u>	จลศาสตร์การทำแห้ง คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผลหมอนที่ทำแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับการออสโมติก	สกว.
<u>2007</u>	The Utilization of Rice for Frozen-Rice Product added Thai Medicinal Plant	มมส. (งบรายได้)
<u>2006</u>	Development of Drying Processes and Protection of Bioactive Compound Degradation in Thai Medicinal Plant	วช. (งบแผ่นดิน)
<u>2006</u>	The retention of frozen-tomato qualities using osmotic	มมส.(งบรายได้)