สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การผลิตฟิล์มที่บริโภคได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

EDIBLE FILM PRODUCTION FROM SOYBEAN AND WHEAT MEALS

โดย

นางสาวกาญจนา คงชะวัน

นางสาวกฤติยากร หลาบคำ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ปีการศึกษา 2545

ป.ณ
ก425ป
2545
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49825
วัน, เดือน, ปี 31 มี.ค. 2547
.b.....
.i.....
b17924647

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2545

ชื่อเรื่อง การผลิตฟิล์มที่บริโภคได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี
Edible Film Production from Soybean and Wheat Meals

ชื่อ – สกุล นางสาวกาญจนา คงชะวัน
นางสาวกฤติยากร หลาบคำ

สาขาวิชา อุตสาหกรรมเกษตร **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร

คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ปิยะวิทย์ ทิพรส

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ สิทธิพงษ์ วงศ์ภูมิ

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนของกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีที่มีต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีเริ่มต้นที่ผ่านการสกัดไขมัน) คุณสมบัติทางเคมี และลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่บริโภคได้ งานวิจัยนี้เลือกทำการสกัดโปรตีนด้วยน้ำที่ pH 9.0 (ปรับค่า pH ด้วย Na_2CO_3 0.1 N) โดยแปรอัตราส่วนของกากถั่วเหลือง : กากข้าวสาลี : น้ำ pH 9.0 เป็น 7 treatments ดังนี้คือ 0 : 1 : 20 , 1 : 0 : 20 ,1 : 1 :20 ,1.5 : 1 : 20 ,1.5 : 1.5 : 20 ,2 :1 : 20 และ2 : 2 : 20 (w/v) ตามลำดับ พบว่า อัตราส่วนของกากถั่วเหลือง : กากข้าวสาลี : น้ำ pH 9.0 ที่ 2 : 2 : 20 (w/v) ให้ปริมาณโปรตีนสูงสุด เท่ากับ 80.72 % โดยน้ำหนักแห้ง ($P \leq 0.01$) จากนั้น ทำการตกตะกอนโปรตีนที่สกัดได้ด้วยกรด HCl 0.1 N จนมีค่า isoelectric point เท่ากับ 4.5 และนำตะกอนโปรตีนที่ได้มาทำการขึ้นรูปฟิล์ม โดยใช้อัตราส่วนของปริมาณของแข็ง (ตะกอนโปรตีน) : ปริมาณของเหลว (น้ำกลั่นและกลีเซอรอล) เป็น10 : 90 (w/w) ตามลำดับ จากนั้นนำ film slurry ไปทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 13 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 – 5 วัน พบว่า ฟิล์มบริโภคที่ผลิตได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี มีปริมาณความชื้น, ความหนา และความต้านทานการซึมผ่านของน้ำมัน เป็น 23.12 , 0.1188 และมากกว่า 67.5 ชั่วโมง ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี โดยรับการช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกันดังนี้คือ

ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ ปิยะวิทย์ ทิพรส ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และเกี่ยวกับข้อมูลในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ สิทธิพงษ์ วงค์ภูมิ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปัญหาพิเศษ ที่คอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับข้อมูลในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จินตนา บุนนาค ที่ให้การช่วยเหลือเกี่ยวกับการวิเคราะห์โปรตีนสกัดจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี และคอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ จันทร์พร เจ้าทรัพย์ ที่ให้ความช่วยหลือเกี่ยวกับการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนสกัดจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี และอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยี และการผลิตสัตว์ เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาครุศาสตร์เกษตรเป็นอย่างสูง ที่คอยช่วยเหลือเกี่ยวกับการออกหนังสือติดต่อทางราชการ ในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ หัวหน้าภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาคเคมีที่คอยช่วยเหลือในเรื่องเครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ บริษัท กรีนสปอร์ต จำกัด เป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับกากถั่ว-เหลืองแห้ง ซึ่งทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท ยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด เป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับกากข้าวสาลี จึงทำให้การวิจัยลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกๆคนในครอบครัวที่ให้กำลังใจและสนับสนุนในด้านทุนทรัพย์ ทำให้ปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กาญจนา คงชะวัน

กฤติยากร หลาบคำ

มีนาคม 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ.....ก
กิตติกรรมประกาศ.....ข
สารบัญ.....ค
สารบัญตาราง.....จ
สารบัญภาพ.....ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตของปัญหา.....3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 ฟิล์มเคลือบที่บริโภคได้.....4
2.2 ฟิล์มบริโภคได้.....4
2.3 ฟิล์มประกอบ.....6
2.4 ฟิล์มที่บริโภคได้จากแป้ง.....8
2.5 ฟิล์มจากโปรตีน.....8
2.6 การเกิดฟิล์ม.....10
2.7 การขึ้นรูปฟิล์ม.....11
2.8 คุณสมบัติของฟิล์มและการทดสอบ.....12
2.9 พลาสติไซเซอร์ในฟิล์มบริโภคได้.....13
2.10 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่บริโภคได้.....15
2.11 วิธีการใช้ฟิล์มเคลือบได้กับผลิตภัณฑ์อาหาร.....15
2.12 โปรตีน.....17
2.13 กากถั่วเหลือง.....20
2.14 สัดส่วนของโครงสร้างของเมล็ดข้าวสาลี.....22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....25
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....25
3.2 วิธีการ.....27
3.3 สถานที่ทำการวิจัย.....31
3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....31
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล.....32
4.1 ศึกษาผลของอัตราส่วนของกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีที่มีต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีเริ่มต้น.....32
4.2 การประเมินผลการวิเคราะห์ คุณสมบัติทางเคมี และลักษณะทางกายภาพบางประการของฟิล์มที่บริโภคได้.....34
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....35
5.1 สรุปผลการวิจัย.....35
5.2 ข้อเสนอแนะ.....35
บรรณานุกรม.....36
ภาคผนวก.....38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1 แสดงเปอร์เซ็นต์กรดอะมิโนที่มีอยู่ในกากถั่วเหลือง.....20
2 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองเมล็ดผ่านความร้อนเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง.....21
3 สัดส่วนโครงสร้างของเมล็ดข้าวสาลี.....22
4 แสดงร้อยละปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี.....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1 สูตรโครงสร้างทั่วไปของกรดแอลฟาอะมิโน.....19
2 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการสกัดไขมันออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี.....27
3 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการสกัดโปรตีนออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี.....28
4 แผนภูมิการขึ้นรูปฟิล์มที่บริโภคได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากกากถั่วเหลือง
กากข้าวสาลี.....30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การซื้อขายผลิตภัณฑ์อาหารทุกชนิดในท้องตลาดทุกวันนี้ จะมีการนำเอาวัสดุต่าง ๆ เช่น กระดาษ ใบตอง พลาสติกและโฟม มาห่อหุ้มเพื่อให้ความสะดวก สะอาด ปลอดภัยและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ กระดาษและใบตองเป็นวัสดุที่ใช้เวลาในการย่อยสลายตามธรรมชาติเร็วกว่าพลาสติกและโฟมมาก ดังนั้นภาชนะบรรจุต่าง ๆ จึงได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากการใช้ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมสามารถช่วยรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้นานโดยไม่เกิดการเสื่อมเสียซึ่งการใช้ภาชนะก็จะแตกต่างกันออกไปตามคุณสมบัติที่เหมาะสมกับความต้องการของผลิตภัณฑ์นั้นๆ แต่พบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นตามมา คือ เรื่องของการกำจัดของเสียที่เหลือทิ้ง อันเนื่องมาจากการใช้ภาชนะบรรจุซึ่งทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อปัจจุบัน

ปัจจุบันการใช้พลาสติกและโฟมเป็นบรรจุภัณฑ์ได้เข้ามามีบทบาทและเกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันเราอย่างแยกไม่ออก ปริมาณพลาสติกและโฟมที่ใช้แล้วทิ้งมีมากขึ้นทุกๆ ปี ซึ่งอาจจะสะสมกันมากขึ้นจนเกิดมลภาวะได้ การลดจำนวนพลาสติกที่ใช้บรรจุหรือห่อหุ้มอาหารลงโดยใช้วัสดุอื่น ๆ ที่มีคุณลักษณะคล้ายพลาสติกบรรจุอาหารได้และมีคุณสมบัติพิเศษคือ สามารถละลายได้ในน้ำ และรับประทานได้พร้อมอาหารนั้น ๆ มาใช้แทนพลาสติก ดังนั้น จึงได้มีการพัฒนาภาชนะบรรจุที่สามารถย่อยสลายได้ง่าย โดยผลิตจากวัสดุธรรมชาติ เช่น ฟิล์มที่รับประทานได้ (edible film) ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ห่อหุ้ม (wrap) อาหารโดยสัมผัสกับอาหารโดยตรง ซึ่งจะเห็นได้ว่าการนำฟิล์มที่บริโภคได้มาใช้ จะเป็นวิถีทางหนึ่งที่จะแบ่งเบาปริมาณขยะพลาสติกได้ (พิทักษ์ เจาะจง และคณะ , 2541 : 1)

ฟิล์มที่บริโภคได้สามารถทำได้จากผลิตภัณฑ์ทั้งจากพืชและสัตว์ และแนวความคิดนี้ก็มีมานานแล้ว ตั้งแต่ศตวรรษที่ 12 และ 13 มีแผ่นฟิล์มที่ผลิตมาจากโปรตีนคอลลาเจน , เคซีน ,corn zein , กลูเตนแป้งสาลี , โปรตีนจากถั่วเหลือง (Daniels, 1973 : 65 ; Kester and Fennema, 1986 : 15 ; Gennadios et al., 1994 :201 - 269 ; Gontard et al.,1993: 211) อ้างโดย เกศศิณี ตระกูลธิวากร และคณะ (2539 : 250) และจากพอลิแซ็คคาไรด์ โดยใช้ สตาร์ช อะมิโลส เซลลูโลส และอนุพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลลูโลส (Daniels, 1973 : 65 ; Kester and Fennema, 1986 : 15 ; Debeaufort et al., 1993 : 427) อ้างโดย เกศศิณี ตระกูลธิวากร และคณะ (2539 : 250) คุณสมบัติและคุณลักษณะของฟิล์มจากแหล่งวัตถุดิบต่างๆ ก็จะเหมือนหรือต่างกันบ้างเช่นการละลายน้ำ ความทนทานต่อแรงกระชากและแรงดึง เป็นต้น ฟิล์มบริโภคได้ที่ผลิตและนำมาใช้อย่างกว้างขวางคือ ไส้เทียม (casing) โดยผลิตจากคอลลาเจน เป็นฟิล์มประเภทไม่ละลายน้ำ การใช้พอลิแซ็คคาไรด์ในการทำฟิล์มได้รับความสนใจมากพอสมควร แต่มักจะเป็นพอลิแซ็คคาไรด์ชนิดอื่นที่ไม่ใช่ สตาร์ชหรือแป้งเนื่องจากฟิล์มที่ได้จะเป็นประเภทละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้ แต่ในปัจจุบันวิธีการใช้วัสดุเพื่อการบรรจุมีมาก อาทิเช่นใช้เป็นวัสดุห่อผลิตภัณฑ์อาหารชั้นในหรือใช้บรรจุเครื่องปรุงรส เป็นต้น การศึกษาและการพัฒนาการทำแผ่นฟิล์มที่ทำมาจากแป้ง เป็นทางหนึ่งที่จะใช้ผลิตผลทางการเกษตรของประเทศชนิดที่มีปริมาณแป้งสูง เช่น ข้าวและมันสำปะหลังมาผลิตผลิตภัณฑ์ โดยมีคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มบริโภคได้ที่ทำจากวัตถุดิบพวกแป้งคือ สามารถนำมาผลิตเป็นถุงสำหรับบรรจุได้ มีความยืดหยุ่นดี มีความเหนียวพอสมควรที่จะดูดซับไอน้ำจากบรรยากาศน้อยหรือไม่ดูดเลย (เกศศิณี ตระกูลธิวากร และคณะ, 2539: 250)

ดังนั้นในการผลิตฟิล์มบริโภคได้ยังมีปัญหาในเรื่องกระบวนการผลิต และการนำวัตถุดิบมาใช้ในการผลิตฟิล์มอยู่ เพราะฉะนั้นในการผลิตฟิล์มที่บริโภคได้จึงควรคำนึงถึงต้นทุนและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตด้วย เพราะวัตถุดิบส่วนใหญ่ราคาค่อนข้างแพง แต่ถ้าเรานำวัตถุดิบที่เหลือใช้แล้วมาทำการผลิตฟิล์มที่บริโภคได้ซึ่งวัตถุดิบที่เหลือใช้ที่สามารถนำมาผลิตฟิล์มบริโภคได้ต้องมีปริมาณโปรตีนเพียงพอจึงจะทำการผลิตได้ โดยปกติแล้ววัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมักจะนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ เช่น กากถั่วเหลือง ซึ่งมีปริมาณโปรตีนระหว่าง 42 – 48 % โดยน้ำหนักแห้ง เหมาะแก่การนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์มากกว่านำไปแปรรูป หรือผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น (กรมวิชาการเกษตร, 2533 : 82) ส่วนในกากข้าวสาลีจะมีปริมาณโปรตีนระหว่าง 12 – 14% โดยน้ำหนักแห้ง น้อยกว่ากากถั่วเหลือง (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532 : 19 – 22) จึงมีความคิดที่จะนำวัตถุดิบจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีมาผลิตเป็นฟิล์มที่บริโภคได้ ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนใน การผลิตฟิล์มได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของอัตราส่วนของกากถั่วเหลือง และกากข้าวสาลีที่มีต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้
2. ศึกษาผลของอัตราส่วนของกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีที่มีต่อคุณสมบัติทางเคมี และลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่ผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปัญหา

นำวัสดุที่เหลือทิ้งจากผลิตผลทางการเกษตร คือกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี โดยนำมาเพิ่มมูลค่าด้วยการผลิตเป็นแผ่นฟิล์มที่บริโภคได้ โดยศึกษาผลของอัตราส่วนของกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีที่มีผลต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (จากกากถั่วเหลือง และกากข้าวสาลีเริ่มต้นที่ผ่านการสกัดไขมัน) คุณสมบัติทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของฟิล์มบริโภคที่ผลิตได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีมาผลิตเป็นฟิล์มที่บริโภคได้
2. ช่วยลดต้นทุนในการผลิตฟิล์มที่บริโภคได้
3. ได้ทราบขั้นตอนการผลิตฟิล์มที่บริโภคได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี
4. เพิ่มมูลค่าให้กับกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีที่เหลือทิ้ง
5. เป็นแนวทางในการผลิตฟิล์มที่บริโภคได้จากวัสดุเหลือทิ้งจากผลิตผลทางการเกษตรอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฟิล์มเคลือบที่บริโภคได้

ฟิล์มเคลือบที่บริโภคได้เป็นวัสดุที่มีลักษณะเป็นชั้นบาง ใช้เคลือบหรือห่อหุ้มผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ฟิล์มดังกล่าวทำหน้าที่คล้ายผิวอีกชั้นหนึ่งของผลิตภัณฑ์ช่วยชะลอการซึมผ่านของไอน้ำ ก๊าซและสารให้กลิ่นรสที่ระเหยได้ อันเป็นผลให้ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารที่เคลือบ Gennadios and Weller(1990 : 63 - 69) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541:1) ฟิล์มเคลือบบริโภคได้มีทั้งชนิดฟิล์มเดี่ยวและฟิล์มประกอบโดยฟิล์มเดี่ยวผลิตจากโปรตีน พอลิแซ็คคาไรด์และไขมัน ส่วนฟิล์มประกอบผลิตจากโปรตีนร่วมกับไขมันหรือพอลิแซ็คคาไรด์ร่วมกับไขมัน หรือใช้สารทั้งสามชนิดร่วมกัน (Donhowe and Fennema, 1997 : 1-21) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541:1)

2.2 ฟิล์มบริโภคได้

ฟิล์มบริโภคได้ หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่บริโภคได้นำมาใช้กับอาหารโดยเคลือบผิวของอาหารโดยตรงหรือเตรียมแผ่นฟิล์มขึ้นมาก่อนแล้วจึงนำมาใช้กับอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันหรือชะลอการผ่านเข้าออกของก๊าซไอน้ำ ไอระเหย สารละลาย จุลินทรีย์ หรือสารอื่น ๆ จากอาหารฟิล์มที่เตรียมขึ้นอาจใช้สารชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกันโดยนำคุณลักษณะเด่นของสารแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์ (Guilbert , 1986 : 371-394) อ้างโดย พิทักษ์ เจาะจง และคณะ (2541: 1)

ชนิดของฟิล์มบริโภคได้ ฟิล์มบริโภคได้แบ่งเป็น 3 ชนิดหลัก ๆ คือ ฟิล์มโปรตีน ฟิล์มลิพิด และฟิล์มพอลิแซ็คคาไรด์ ดังนี้

1. ฟิล์มโปรตีน (protein film) ในปัจจุบันการศึกษาฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนมีมากขึ้น เนื่องจากเป็นฟิล์มที่มีความแข็งแรง และมีคุณสมบัติกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี นอกจากนี้โปรตีนยังมีคุณค่าทางอาหารสูงอีกด้วย ฟิล์มโปรตีนที่มีการศึกษาได้แก่ ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง ฟิล์มจากโปรตีนข้าวโพดและฟิล์มจากโปรตีนข้าวสาลีเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลืองส่วนใหญ่เป็นส่วนของ 7s และ 11s โกลบูลิน ซึ่งโมเลกุลของโปรตีนทั้งสองชนิดนี้สามารถเชื่อมกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเกิดฟิล์ม ฟิล์มชนิดนี้เตรียมได้จากวัตถุดิบหลัก คือ น้ำนมถั่วเหลือง หรือโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ต่อมามีการเติมพลาสติไซเซอร์ (plasticizer) เพื่อให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่น และปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้น ฟิล์มชนิดนี้มีคุณสมบัติกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดีแต่กันการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อย เพราะมีความเป็นขั้วสูง ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลืองนี้สามารถนำมาบริโภคเป็นส่วนประกอบของซุป หรือ ทำเป็นเนื้อเทียม นอกจากนี้ยังนำมาใช้ห่อเนื้อบด หรือผักให้อยู่ในรูปร่างที่ต้องการ เช่น หมูตั้ง หอยจ๊อ เป็นต้น (Gennadios and Weller, 1990 : 63-69) อ้างโดย พิทักษ์ เจาะจง และคณะ (2541: 2)

ฟิล์มจากโปรตีนข้าวสาลี โปรตีนข้าวสาลีหรือกลูเตนประกอบด้วยไกลอะดินร้อยละ 7 ที่เหลือเป็นกลูเตนิน ส่วนประกอบทั้งสองนี้มีพันธะไดซัลไฟด์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเกิดฟิล์ม โดยให้มีลักษณะการยึดเกาะกันของพอลิเมอร์และให้ลักษณะยืดหยุ่นดี Gennadios and Weller (1990 : 63-69) อ้างโดย พิทักษ์ เจาะจง และคณะ (2541: 2) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฟิล์มชนิดนี้มีอยู่หลายเรื่อง เช่น การศึกษาถึงอิทธิพลของกระบวนการหลักต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติของฟิล์ม Gontard et al.(1993 : 211) อ้างโดย พิทักษ์ เจาะจง และคณะ (2541: 2) ยังได้ศึกษาบทบาทของพลาสติไซเซอร์ คือ น้ำ และกลีเซอรอลที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติการกันการซึมผ่านของไอน้ำอีกด้วย

นอกจากฟิล์มโปรตีนสองชนิดนี้ยังมีการศึกษาฟิล์มจากโปรตีนชนิดอื่น ๆ ได้แก่ ฟิล์มจากโปรตีนข้าวโพด ฟิล์มจากโปรตีนเวย์ และฟิล์มจากเคซีน (Gennadios and Weller, 1990 : 63-69) อ้างโดย พิทักษ์ เจาะจง และคณะ (2541: 2)

2. ฟิล์มลิพิด (lipid film) ลิพิดไม่นิยมขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มแต่จะใช้เป็นสารเคลือบโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะให้ผลอย่างอื่นด้วย เช่น ลดการเสียดสีของผิวผลไม้ระหว่างการขนส่ง หรือป้องกันการเกิดสีน้ำตาล สารประกอบลิพิดหลายชนิดรวมทั้งแอซีทิลเลตโมโนกลีเซอไรด์ ไขธรรมชาติ และสารตึงผิวสามารถนำมาใช้เป็นสารเคลือบได้ ตัวอย่างของฟิล์มลิพิด ได้แก่ ฟิล์มไขบริโภคได้ ซึ่งมีคุณสมบัติกันการซึมผ่านของความชื้นได้ดีมาก โดยเฉพาะไขพาราฟินและไขผึ้ง นอกจากนี้ฟิล์มจากไขพาราฟินและไขคาร์นูบายังช่วยลดอัตราการแพร่ของเกลือเบนโซเอตเข้าสู่อาหารได้ดี จึงสามารถใช้รักษาความเข้มข้นของสารกันเสียที่ผิวของอาหารไว้ได้เป็นเวลานาน ฟิล์มลิพิดอีกชนิดหนึ่ง คือสารตึงผิว (surfactant) การเคลือบอาหารด้วยสารตึงผิวจะช่วยลดค่า วอเทอร์แอกทิวิตี (water activity , a_w) ที่ผิวหน้าของอาหารและลดอัตราการระเหยของน้ำซึ่งจะทำให้การเสื่อมสภาพของอาหารช้าลง โดยสารที่ให้ผลดีที่สุด คือ แอลกอฮอล์ซึ่งมีกรดไขมันในโมเลกุล (fattyalcohol) ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีจำนวนคาร์บอน 16 – 18 อะตอม กลีเซอรอลโมโนพลามิเทต (glycerolmonoplamitate) และกลีเซอรอลโมโนสเทียเรต (glycerolmonostearate) นอกจากนี้ในการผลิตแผ่นฟิล์มจากโปรตีนหรือ พอลิแซ็คคาไรด์ยังใช้ลิพิดร่วมด้วยเพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติกันการซึมผ่านของความชื้น

Kester and Fennema (1989 : 1382 - 1389) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541 :4) รายงานว่า สมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ หรือก๊าซขึ้นกับการเรียงตัวของโครงสร้างผลึกไขมัน ถ้ามีการเรียงตัวอย่างหนาแน่นจะมีสมบัติในการป้องกันดีกว่า โดยน้ำมันจะป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อยกว่าไขมัน การจัดเรียงตัวของผลึกไขมันจะขึ้นกับการบ่ม (tempering) และการเกิดอัญรูปของผลึก(polymorphic form)

3. ฟิล์มพอลิแซ็คคาไรด์ พอลิแซ็คคาไรด์หลายชนิดสามารถนำมาใช้ผลิตฟิล์ม หรือสารเคลือบบริโภคได้แต่เนื่องจากธรรมชาติของพอลิเมอร์เหล่านี้ชอบน้ำ (hydrophilic) จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ป้องกันการซึมผ่านของความชื้น อย่างไรก็ตามฟิล์มพอลิแซ็คคาไรด์บางตัวที่ใช้เคลือบอาหารมีลักษณะเหมือนวุ้น จะชะลอการสูญเสียความชื้นของอาหารบางอย่างได้ในช่วงอายุการเก็บสั้น ๆ นอกจากนี้ฟิล์มพอลิแซ็คคาไรด์บางชนิดยังช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิดและองค์ประกอบอื่น ๆ ในอาหารได้อีกด้วย ตัวอย่างฟิล์มพอลิแซ็คคาไรด์ ได้แก่ ฟิล์มจากแอลจิเนต (alginate) นิยมใช้ในรูปโซเดียมแอลจิเนตทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนซึ่งอยู่ในรูปของแคลเซียมคลอไรด์ การเคลือบด้วยฟิล์มชนิดนี้ส่วนใหญ่ใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยจะช่วยลดการสูญเสียน้ำลดปริมาณจุลินทรีย์บนผิวเนื้อ รักษาสีแดงของเนื้อ ป้องกันการออกซิเดชันของลิพิดและช่วยให้ลักษณะสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น

2.3 ฟิล์มประกอบ

ฟิล์มประกอบ คือ ฟิล์มที่ใช้พอลิแซ็คคาไรด์ร่วมกับไขมัน หรือ โปรตีนร่วมกับไขมันหรือใช้สารทั้งสามชนิดรวมกัน McHugh (1994 : 97-103) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541:6) รายงานว่า ฟิล์มประกอบมีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ และก๊าซดีกว่าฟิล์มเดี่ยว โดยการทำงานร่วมกันของไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ซึ่งเป็นโปรตีนหรือพอลิแซ็คคาไรด์ กับไขมัน ส่วนของไฮโดรคอลลอยด์จะช่วยกันการซึมผ่านของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ขณะที่ส่วนของไขมันช่วยกันการซึมผ่านของไอน้ำ

McHugh (1996 : 134-144) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541 :5) อธิบายว่า ฟิล์มประกอบอาจอยู่ในรูปของฟิล์มอิมัลชัน (emulsion films) หรือฟิล์มสองชั้น (bilayer films) การเตรียมฟิล์มอิมัลชันทำโดยผสมไฮโดรคอลลอยด์ที่มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์กับไขมันในรูปของอิมัลชัน จากนั้นขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มไฮโดรคอลลอยด์จะเกิดเป็นโครงสร้างตาข่าย ขณะที่ไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจายตัวแทรกตามโครงสร้างตาข่ายนั้น ส่วนการเตรียมในรูปฟิล์มสองชั้นทำโดยเตรียมฟิล์มชั้นแรกจากไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของฟิล์ม จากนั้นจึงเคลือบทับอีกด้วยชั้นของไขมัน

Hernandez (1994 : 305-336) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541:6) รายงานว่า สมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ และก๊าซของฟิล์มอิมัลชันขึ้นกับขนาดอนุภาคไขมันของอิมัลชัน ถ้าอนุภาคไขมันมีขนาดเล็กจะกันการซึมผ่านได้ดี นอกจากนี้ปริมาณของไขมันและไฮโดรคอลลอยด์ในฟิล์มจะมีผลต่อสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ เพราะการเคลื่อนที่ของไอน้ำผ่านฟิล์มจะเกิดที่โครงสร้างของไฮโดรคอลลอยด์ซึ่งเป็นส่วนที่ชอบน้ำ

Wong, Parlath and Tillin (1992 : 73-76) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541 :5) ทดลองใช้สารเคลือบจากโซเดียมแคซีเนต แอซีติเลทเต็ดโมโนกลีเซอไรด์ และแอลจิเนต ทั้งชนิดฟิล์มเดี่ยวและฟิล์มประกอบในการเคลือบชิ้นแอปเปิ้ล ผู้ทดลองรายงานว่า การใช้สารเคลือบจากโซเดียมเคซีเนตหรือโซเดียมแอลจิเนต หรือ แอซีติเลทเต็ดโมโนกลีเซอไรด์อย่างใดอย่างหนึ่ง จะช่วยป้องกันการขจัดน้ำของผลิตภัณฑ์ได้ไม่ดีเท่ากับการใช้ในรูปฟิล์มอิมัลชันหรือฟิล์มสองชั้น โดยอัตราส่วนของสารเคลือบชนิดอิมัลชันที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองนี้คือ โซเดียมเคซีเนตต่อแอซีติเลทเต็ดโมโนกลีเซอไรด์ต่อแอลจิเนตเท่ากับ 10 : 15 : 0.5 % สารเคลือบที่ได้มีลักษณะเป็นชั้นหนาและเปียกเมื่อสัมผัสด้วยมือ ทำให้ไม่สะดวกในการใช้งาน และสารเคลือบจะเป็นชั้นที่เสียน้ำออกไปแทนผลิตภัณฑ์ มากกว่าจะเป็นชั้นที่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำออกจากชิ้นแอปเปิ้ล เมื่อเตรียมในรูปฟิล์มสองชั้นโดยเคลือบทับชั้นของแอซีติเลทเต็ดโมโนกลีเซอไรด์ลงบนชั้นของโซเดียมเคซีเนตและแอลจิเนตจะลดการขจัดน้ำจากชิ้นแอปเปิ้ลได้ดีที่สุดถึง 75 % หลังจากเก็บเป็นเวลา 72 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 50 % ผลิตผลมีอัตราการหายใจลดลงประมาณ 70 % และการซึมผ่านของเอทิลีนลดลงประมาณ 93 % นอกจากนี้ยังช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลงได้ เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เคลือบ

Avena Bustilos et al. (1993 : 801-805) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541:7) ผลิตฟิล์มเคลือบจากโซเดียมเคซีเนตร่วมกับกรดสเตียริกใช้เคลือบแครอทที่ปอกเปลือกแล้ว และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % พบว่าการเคลือบช่วยลดการเปลี่ยนสี และการขจัดน้ำของผลิตภัณฑ์ลงได้ จากการหาองค์ประกอบที่เหมาะสมโดยวิธีพื้นผิวการตอบสนอง (response surface) ได้สูตรที่ประกอบด้วยโซเดียมเคซีเนต 1.4 - 1.6 % โดยน้ำหนัก และกรดสเตียริก 0.1 - 0.2 % โดยน้ำหนัก จะลดการขจัดน้ำของผลิตภัณฑ์ลงได้ 84 % และป้องกันการเปลี่ยนสีซึ่งมักเกิดบนผิวของแครอทที่ปอกเปลือกแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stuchell and Krochta (1994 : 28-31) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541:7) ผลิตสารเคลือบจากโปรตีนหางนมสกัด (whey protein isolated) และน้ำมันมะพร้าวที่มีการเติมไฮโดรเจนเพื่อใช้เคลือบเนื้อปลาคิงแซลมอล (King salmon) แช่แข็ง พบว่าช่วยลดการสูญเสียความชื้นลง 42 - 65 % เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้เคลือบ

2.4 ฟิล์มที่บริโภคได้จากแป้ง

ฟิล์มบริโภคที่ได้จากแป้งที่มีการผลิตนั้น เป็นฟิล์มจากแป้งข้าวโพดที่มีปริมาณอะมิโลสสูงซึ่งไม่ผ่านการดัดแปลง และฟิล์มจากแป้งข้าวโพดที่มีปริมาณอะมิโลสสูงซึ่งผ่านการดัดแปลงโดยการเติมหมู่ไฮดรอกซีโพรพิล (hydroxypropylated high amylose starch) ส่วนฟิล์มจากแป้งชนิดอื่นยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจัง อย่างไรก็ตามคุณสมบัติที่ควรคำนึงถึงของฟิล์มจากแป้งเช่นเดียวกับฟิล์มบริโภคได้ชนิดอื่น ได้แก่ ความโปร่งแสงของฟิล์ม ความเรียบของผิวฟิล์ม การตอบสนองต่อความชื้น และการละลายน้ำ เป็นต้น ฟิล์มผลิตจากแป้งต่างชนิดกันจะให้คุณสมบัติแตกต่างกัน ฟิล์มที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังหรือแป้งมันฝรั่งมีความยืดหยุ่น การต้านทานต่อแรงดึงขาด และความแข็งแรงสูงกว่าฟิล์มที่ผลิตจากแป้งข้าวโพดและแป้งสาลี ส่วนคุณสมบัติการละลายน้ำนั้นฟิล์มที่ผลิตได้จากพืชหัวและสวนรากพืช ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง จะละลายน้ำได้ดีกว่าฟิล์มจากแป้งธัญชาติ และมีความโปร่งแสงมากกว่าด้วย (Gennadios et al., 1994 : 201-269) อ้างโดย พิทักษ์ เจาะจง และคณะ (2541: 4)

2.5 ฟิล์มจากโปรตีน (protein-based films)

ฟิล์มจากโปรตีนมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบหลัก โปรตีนนอกจากเป็นสารอาหารที่สำคัญแล้ว ยังมีสมบัติด้านหน้าที่ (functional properties) ในผลิตภัณฑ์อาหารอีกด้วย หน้าที่หลักของโปรตีน ได้แก่ การให้กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสกับอาหาร ช่วยให้เกิดเจล ฟอง และเพิ่มความหนืดให้กับอาหาร นอกจากนี้โปรตีนบางชนิดยังมีสมบัติในการเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ซึ่งช่วยให้เกิดการกระจายตัวของไขมันในน้ำ (Gennadios et al.,1994 : 201 - 269) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541:3)

การศึกษาฟิล์มที่รับประทานได้ จากโปรตีนยังมีน้อยมาก เมื่อเทียบกับฟิล์มจากพอลิแซ็คคาไรด์ ฟิล์มจากโปรตีนข้าวสาลีที่มีกลูเตนเป็นโปรตีนข้าวสาลีที่ไม่ละลายน้ำ ประกอบด้วยไกลอะดิน (gliadin) ร้อยละ 75 (เป็นส่วนที่ละลายในแอลกอฮอล์) ส่วนที่เหลือเป็นกลูเตนิน (glutenin ไม่ละลายในแอลกอฮอล์) ส่วนประกอบทั้งสองนี้มีพันธะของไดซัลไฟด์ (disulfide) ซึ่งมีบทบาทในการเกิดฟิล์ม กลูเตนทำให้มีลักษณะการยึดเกาะและความยืดหยุ่นดี ฟิล์มกลูเตนมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็งแรง ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านได้น้อย แต่เป็นฟิล์มที่ชื้นง่าย (hydrophilic) จึงมีการนำกลูเตนมาใช้ร่วมกับสารอื่นเพื่อใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น เช่นใช้เคลือบถั่วลิสงอบแห้งก่อนเติมเกลือ ใช้ทำแคปซูลบรรจุสี และสารให้กลิ่นรส เพื่อใช้เติมในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น

ฟิล์มจากโปรตีนข้าวโพด ซีน (zein) เป็นโปรตีนข้าวโพดกลุ่มหนึ่งที่ละลายในแอลกอฮอล์ 70 % ที่เรียกว่าโพรลามีน (prolamine) สามารถผลิตได้ในทางการค้า zein ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ไม่มีขั้วและไม่ชอบรวมตัวกับน้ำ (hydrophobic) เช่น ลูซีน (leucine) อะลานีน (alanine) และโพรลีน (proline) ในปริมาณสูง จึงทำให้ zein ไม่ละลายน้ำ ไม่ละลายในแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ และยังประกอบด้วยกรดกลูทามิก (glutamic) ในรูปกลูทามีน (glutamine) เป็นส่วนใหญ่จึงใช้ zein เคลือบเม็ดยาและผลิตภัณฑ์ขนมหวาน เช่น ถั่ว ผลไม้แห้ง เยลลี่ การเคลือบด้วย zein แบบแซลแล็คจะให้ผลดี เพราะมีอัตราการแห้งเร็วกว่าทำให้ความคงตัวเพิ่มขึ้น สามารถเก็บได้นานในสภาพที่มีความชื้นสูง นอกจากนี้ยังใช้เคลือบเปลือกไข่ให้รักษาคุณภาพไข่ รวมทั้งกลิ่นรสไข่ด้วย และยังทำให้ไข่มีความต้านทานจุลินทรีย์สูงขึ้น ส่วนการเคลือบ zein บนผิวอาหารกึ่งชื้น (intermediate moisture food) นั้นได้เติมสารกันเสียลงไปด้วย เพื่อมิให้จุลินทรีย์เติบโตที่ผิวอาหาร ลดอัตราการแพร่กระจายของสารเคมีเข้าสู่อาหารและรักษาความเข้มข้นของสารที่ผิวไว้ได้นาน (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด , 2535 : 5)

Gennadios et al. (1994 : 201-269) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:4) ยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้โปรตีนในรูปของฟิล์มเคลือบบริโภคได้ ในการผลิตไส้บรรจุจากคอลลาเจน (collagen) หรือการผลิตแคปซูลยาจากโปรตีนข้าวโพด (corn zein) และฟองเต้าหู้ที่นิยมบริโภคก็เป็นฟิล์มเคลือบบริโภคได้ชนิดหนึ่งที่ใช้ห่อหุ้มอาหารได้ ข้อดีของฟิล์มเคลือบบริโภคได้จากโปรตีนคือ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักผลไม้ อาหารทะเล หรือผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ป้องกันการขจัดน้ำ การเกิดกลิ่นหืน หรือการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอด (Klose, Macchi and Hanson , 1952 : 308-311, Moorjani et al. ,1978 : 997-1,002 , Olson and Zoss, 1985 : 451 - 1,583) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:4)

จากการรวบรวมของนักวิทยาศาสตร์ทางอาหารหลายท่าน Conca and Yang (1993 : 357 – 369), Gennadios et al. (1994 : 201-269), Krochta , Mulder and Johnston (1997 : 60 – 74) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:4) ได้ศึกษาชนิดของโปรตีนที่ใช้ในการผลิตฟิล์มได้แก่ โปรตีนข้าวโพด กลูเตนข้าวสาลี (wheat gluten) เจลาติน โปรตีนถั่วเหลือง เคซีน และโอวัลบูมิน (ovalbumin) จากไข่ขาว Gennadios et al. (1990 : 63 - 69) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เหตุผลว่า ฟิล์มจากโปรตีนยึดติดแน่นกับผิวของผลิตภัณฑ์ได้ดี เนื่องจากมีสมบัติการเชื่อมแน่นและการยึดติด

Donhowe and Fennema (1997 : 1 - 21) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:4) กล่าวถึงสมบัติของฟิล์มจากโปรตีนไว้ว่า กันการซึมผ่านของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีในที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ แต่ในที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ฟิล์มจะกันการซึมผ่านของก๊าซไม่ได้เพราะฟิล์มมีสมบัติชอบน้ำทำให้เกิดการดูดซับความชื้น ดังนั้นการปรับปรุงสมบัติของฟิล์มจากโปรตีนจึงมุ่งเน้นปรับปรุงสมบัติด้านกันการซึมผ่านของไอน้ำให้ดีขึ้น โดยวิธีปรับสภาพโปรตีนที่จุดไอโซอิเลคทริค (isoelectric point) หรือเชื่อมข้ามพันธะในโครงสร้างของโปรตีน

2.6 การเกิดฟิล์ม

ฟิล์มบริโภคได้เกิดขึ้นจากการทำให้สารที่สามารถเกิดฟิล์มละลายหรือกระจายตัว แล้วใช้วิธีต่าง ๆ ในการแยกสารนั้นออกจากตัวทำละลาย เช่น การทำให้ตัวทำละลายระเหยไป การเติมอิเล็กโทรไลต์เพื่อให้เกิดพันธะข้าม การปรับความเป็นกรด – เบส ซึ่งเรียกว่า โคแอกเซอเวชัน (coacervation) หรือ โดยการทำให้สารที่เกิดฟิล์มซึ่งหลอมเหลวแข็งตัว (solidification) ฟิล์มบริโภคได้มีองค์ประกอบหลัก คือ พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ตัวทำละลาย และสารเจือปนที่เติมลงไปเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์ม

ในการเตรียมฟิล์มจะมีแรง 2 ชนิด ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ แรงโคฮีชัน (cohesion) เป็นแรงระหว่างโมเลกุลพอลิเมอร์ด้วยกันเอง จะเกิดขึ้นระหว่างการเกิดฟิล์มทำให้เกิดการเชื่อมต่อของผิววัตถุเดียวกันสร้างพันธะที่แข็งแรงซึ่งจะช่วยป้องกันและต้านทานการแยกจากกัน ปัจจัยที่มีผลต่อแรงโคฮีชัน ได้แก่ โครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีของพอลิเมอร์ ระบบการละลายและสภาวะการเตรียมฟิล์มโดยแรงโคฮีชันมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุล ความสม่ำเสมอของโครงสร้างสายโซ่ การแผ่กิ่งก้านสาขาและการกระจายของกลุ่มที่มีขั้วบนสายพอลิเมอร์ คือ สายพอลิเมอร์ที่ยาวทำให้เกิดการยึดเกาะกันได้ดี การกระจายของกลุ่มที่มีขั้วอย่างมีระเบียบในสายพอลิเมอร์ จะช่วยให้เกิดพันธะไฮโดรเจนและพันธะไอออนิกระหว่างสายโซ่ทำให้มีความแข็งแรง การละลายของพอลิเมอร์ในการเตรียมฟิล์มยังมีผลต่อแรงโคฮีชัน คือถ้าโมเลกุลของพอลิเมอร์ละลายหรือขยายตัวได้มากที่สุดจะได้โครงสร้างที่เชื่อมกันด้วยแรงโคฮีชันที่มาก ฟิล์มที่ได้มีความแข็งแรง ส่วนสภาวะในการเตรียมฟิล์มนั้น ควรเตรียมฟิล์มโดยใช้สารละลายที่อุ่น และทำให้ความร้อนที่เหมาะสม เพราะถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินไปอาจทำให้อัตราการระเหยของตัวทำละลายเร็วเกินไป โมเลกุลของพอลิเมอร์ถูกตรึงก่อนที่จะเชื่อมกันอย่างสมบูรณ์ทำให้เกิดรูเข็ม (pinholes) หรือทำให้ฟิล์มมีความหนาไม่สม่ำเสมอซึ่งทำให้การซึมผ่านของฟิล์มเพิ่มขึ้น ระดับของแรงโคฮีชันมีผลต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มได้แก่ ความหนาแน่น ความอัดแน่น (compactness) ความโปร่งเป็นรูพรุน (porosity) ความสามารถในการซึมผ่าน (permeability) ความยืดหยุ่น (flexibility) และความเปราะ เป็นต้น ส่วนแรงอีกชนิดหนึ่ง คือ แรงแอดฮีชัน (adhesion) เป็นแรงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์กับสารอื่นที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมฟิล์มทำให้เกิดโครงร่างของฟิล์มได้ เช่น แรงระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์กับพลาสติไซเซอร์ซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของฟิล์มเช่นกัน (Donhowe and Fennema ,1997 : 1 - 21) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:4)

2.7 การขึ้นรูปฟิล์ม

การขึ้นรูปฟิล์มสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ การขึ้นรูปที่รวดเร็วเป็นที่ต้องการในแง่ของอุตสาหกรรม แต่จะต้องควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมเพื่อให้ฟิล์มขึ้นรูปไม่เร็วเกินไปมิฉะนั้นฟิล์มจะไม่สม่ำเสมอ ผิวหน้าขรุขระและแตกง่าย (Donhowe and Fennema ,1997 : 1 - 21) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:4) การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มเป็นแผ่นใช้วิธีเดียวกับการขึ้นรูปฟิล์มพลาสติก ด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ โดยส่วนใหญ่ทำบนวัสดุที่มีผิวเรียบและสม่ำเสมอ โดยเทสารเคลือบแล้วแผ่ให้กระจายทั่วพื้นที่ ปรับความหนาของฟิล์ม จากนั้นทำให้แห้งจะได้แผ่นฟิล์มบริโภคได้ซึ่งใช้ห่อหุ้มอาหาร Donhowe and Fennema (1997 :1 - 2) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:4) เสนอวิธีการขึ้นรูปฟิล์มเคลือบบริโภคไว้ 3 วิธี ได้แก่ โคแอคเซอเวชัน การแยกตัวทำละลายออก และการทำให้แข็งตัว ดังนี้

1. โคแอคเซอเวชัน เป็นการแยกพอลิเมอร์ที่ใช้ทำฟิล์มออกจากสารละลาย โดยการให้ความร้อน การปรับความเป็นกรดด่าง การเติมตัวทำละลาย หรือการเปลี่ยนประจุบนพอลิเมอร์ Bankan, 1973 : (34 - 44) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:13) แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ โคแอคเซอเวชันแบบธรรมดาจะเป็นการแยกพอลิเมอร์เดี่ยว และโคแอคเซอเวชันแบบเชิงซ้อนเป็นการแยกโมเลกุลอย่างน้อย 2 ชนิดที่มีประจุตรงข้ามกัน ทำให้เกิดการไม่ละลายร่วมกัน โดยการปรับประจุสุทธิให้เป็นกลาง Glicksman (1982 : 86-90) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:13) หรืออาจแบ่งชนิดของโคแอคเซอเวชันตามชนิดของการแยกวัฏภาค คือ ส่วนที่ละลายน้ำ และส่วนที่ไม่ละลายในน้ำ โดยพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำจะแยกออกในส่วนที่ละลายน้ำ ส่วนพอลิเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำจะแยกออกในส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (Dziezak, 1988 : 136-148) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:13)

2. การแยกตัวทำละลายออก ในกรณีที่สารเคลือบอยู่ในรูปสารแขวนลอยในตัวทำละลายต้องแยกตัวทำละลายออก โดยใช้วิธีการระเหยแห้ง อัตราเร็วและอุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยแห้งขึ้นกับสมบัติทางกลของพอลิเมอร์ที่เป็นส่วนประกอบ และการจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์เป็นโครงสร้างฟิล์ม มีการรายงานว่า การทำแห้งที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส จะได้ฟิล์มที่มีสมบัติในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ และไอน้ำดีกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้เนื่องจากมีการเรียงตัวของพอลิเมอร์เพื่อให้เกิดโครงสร้างฟิล์มอย่างเป็นระเบียบมากกว่า (Reading and Spring, 1984 : 421 - 426) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:13)

3. การทำให้แข็งตัว อาศัยหลักการให้ความเย็นแก่ฟิล์มจากไขมัน อัตราการหล่อเย็นที่ใช้มีความสำคัญต่อสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซของฟิล์ม เนื่องจากมีผลต่อการจัดเรียงตัวของอัญรูปไขมัน (polymorphic state) ถ้าอัตราการหล่อเย็นต่ำจะทำให้เกิดการเรียงตัวของผลึกไขมันอย่างเป็นระเบียบ และสม่ำเสมอ ส่งผลให้มีสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านดี หลังจากการทำให้แข็งตัวควรบ่ม (tempering) ฟิล์มที่ได้ เพื่อเพิ่มสมบัติการป้องกันการซึมผ่านของฟิล์มให้ดีขึ้น (Landmann et al. (1960 : 1 – 4), Kester and Fennema (1989 : 1382 - 1389) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:13)

2.8 คุณสมบัติของฟิล์มและการทดสอบ

การนำเอาฟิล์มไม่ว่าชนิดใดมาใช้ในภาชนะบรรจุ จะต้องคำนึงถึงโครงสร้างและสมบัติการใช้งาน โดยฟิล์มจะมีคุณสมบัติเช่นใดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของพอลิเมอร์หลัก สารปรุงแต่งสูตร และวิธีการผลิต ซึ่งสามารถจำแนกสมบัติของฟิล์มได้กว้าง ๆ คือ สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความโปร่งแสง ความมันวาว และ ความหนา สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ ได้แก่ การซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor permeability) การซึมผ่านของออกซิเจน (oxygen permeability) สมบัติทางกายภาพ เช่น การต้านแรงดึงขาด (tensile strength) ซึ่งหมายถึง ความสามารถของแผ่นฟิล์มที่จะต้านแรงดึงขาดซึ่งกระทำที่ปลายของชิ้นทดสอบจนชิ้นทดสอบนั้นขาด การยืดตัว (elongation) ความทนทานต่อการพับขาด (folding endurance) ซึ่งหมายถึง จำนวนการพับไปพับมา (double folds) ที่ทำให้แผ่นทดสอบขาดจากกันเมื่อใช้แรงดึงที่กำหนด และสมบัติเชิงความร้อนเช่น การปิดผนึก การหดตัวเป็นต้น นอกจากนี้ยังมีสมบัติที่จำเป็นต่อการบรรจุ เช่น การต้านทานไขมัน วิธีการที่ใช้ประเมินค่าสมบัติต่าง ๆ ของภาชนะบรรจุที่ไม่สามารถบริโภคได้สามารถนำมาใช้ทดสอบฟิล์มบริโภคได้ แต่อย่างไรก็ตาม ฟิล์มบริโภคได้จะได้รับอิทธิพลจากปัจจัยของสิ่งแวดล้อมมากกว่าโดยฟิล์มที่เป็นพอลิเมอร์มีขั้วจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นมาก ดังนั้น ที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำฟิล์มมักจะแตก แต่ที่ความชื้นสัมพัทธ์สูง ฟิล์มจะบวมพองทำให้คุณสมบัติการขวางกั้นของฟิล์มเสื่อมลง (Guilbert, 1986 : 371 - 394) อ้างโดย พิทักษ์ เจาะจง และคณะ (2541: 4)

สภาวะการทดสอบสมบัติของฟิล์มมีหลายมาตรฐานที่ผ่านการรับรอง จากองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (The International Organization for Standardization, ISO) เช่น ก่อนการทดสอบกำหนดให้นำแผ่นฟิล์มไปเก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 75 - 80 และอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20 - 25 องศาเซลเซียส หรือความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 และ อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เป็นต้น เพราะลักษณะกายภาพของฟิล์มขึ้นกับสภาพแวดล้อม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งจำเป็นต้องทดสอบในสภาวะเดียวกันเพื่อลดความแปรผันให้น้อยที่สุด เนื่องจากการผลิตภาชนะบรรจุจากฟิล์มแตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งานจึงต้องอาศัยลักษณะทางกายภาพและทางกลเป็นปัจจัยสำคัญ เช่น การทำถุงต้องการสมบัติการลื่นสูง รวมทั้งต้องทนอุณหภูมิสำหรับการปิดผนึกได้และมีระดับการหดตัวต่ำ ฟิล์มที่นำไปใช้ห่อด้วยเครื่องควรมีความกระด้าง (stiffness) และความลื่นปานกลาง เป็นต้น นอกจากนี้ความต้องการสมบัติในการรักษาคุณภาพจากภาชนะบรรจุของอาหารต่างชนิดกันยังแตกต่างกัน เช่นการผลิตช็อกโกแลตต้องการฟิล์มที่มีการต้านทานไขมันสูง ส่วนผลิตภัณฑ์เนื้อต้องการฟิล์มที่อัตราการซึมผ่านของความชื้นและออกซิเจนต่ำ มีความต้านทานไขมันได้ดี

2.9 พลาสติไซเซอร์ในฟิล์มบริโภคได้

2.9.1 ความหมาย คุณสมบัติ และชนิดของพลาสติไซเซอร์

พลาสติไซเซอร์ (plasticizer) ตามนิยามของ IUPAC หมายถึง สารที่เข้าไปรวมอยู่กับพลาสติกหรือ elastomer แล้วช่วยเพิ่มความอ่อนตัว ความคงทนต่อการใช้งาน และการยืดตัว แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ พลาสติไซเซอร์ภายนอก (external plasticizer) เป็นสารที่เติมลงไปในโครงสร้างพอลิเมอร์ด้วยพันธะ secondary valency ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนลง เกิดโครงสร้างที่อ่อนตัว และพลาสติไซเซอร์ภายใน (internal plasticizer) เป็นสารที่เติมลงไปแล้วทำหน้าที่เป็นสารร่วมช่วยในการเกิดพอลิเมอร์

คุณสมบัติของพลาสติไซเซอร์ที่ดีต้องรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับพอลิเมอร์ที่ใช้ทำฟิล์ม (compatible) โดยมีแรงระหว่างโมเลกุลของสารทั้งสองคล้ายคลึงกัน มีจุดเดือดสูง ระเหยยาก ละลายในตัวทำละลายที่ใช้ได้ดี นอกจากนี้ควรจะไม่มีสี กลิ่น รส ไม่เป็นพิษ และไม่ติดไฟ ถ้าใช้พลาสติไซเซอร์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม จะช่วยป้องกันมิให้เกิดการแยกตัวระหว่างการทำฟิล์มให้แห้ง ฟิล์มที่ใช้มีลักษณะทางกายภาพที่ดี สามารถคงความยืดหยุ่นตลอดการใช้งาน

ฟิล์มบริโภคได้จะมีลักษณะเดียวกับฟิล์มจากพอลิเมอร์ชนิดอื่น ๆ คือ ประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูง และสารทำละลายแล้วยังมีพลาสติไซเซอร์เป็นองค์ประกอบสำคัญเพื่อทำหน้าที่ปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มให้มีความยืดหยุ่นเพียงพอไม่แตกหักระหว่างการนำไปใช้และเก็บรักษา

พลาสติไซเซอร์ที่นำมาใช้ต้องได้รับอนุญาตจาก FDA โดยมีการพิสูจน์และยอมรับแล้วว่าไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ทั้งในระยะเฉียบพลันและระยะยาว พลาสติไซเซอร์ที่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับฟิล์มบริโภค ได้แก่ โมโน, ได และโอลิโกแซ็คคาไรด์ พอลิออลและลิพิดหรืออนุพันธ์ของลิพิด ปริมาณการใช้พลาสติไซเซอร์โดยทั่วไปประมาณร้อยละ 10 - 60 โดยน้ำหนักแห้ง

พอลิออล (polyols) หรือเพอลิไฮดริกแอลกอฮอล์ เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลที่หมู่คีโตน หรือ แอลดีไฮด์ถูกแทนที่ด้วยหมู่ไฮดรอกซิล พอลิออลบางชนิดพบในผลไม้โดยเฉพาะพวกที่มีคาร์บอน 6 อะตอม เช่น ซอร์บิทอล หรือสามารถผลิตจากปฏิกิริยาเติมไฮโดรเจนให้กับน้ำตาล (hydrogenation)

พอลิออล มีคุณสมบัติคงทนต่อสารเคมีและความร้อนได้ดีจึงไม่สลายตัวง่าย ดูดซับและเก็บความชื้นได้ดี ละลายน้ำได้ มีรสหวานน้อยกว่าน้ำตาล ซึ่งการนำพอลิออล มาใช้เป็นพลาสติไซเซอร์ในฟิล์มบริโภคได้มีหลายชนิดแต่จะขอกล่าวถึงเฉพาะพอลิออลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ กลีเซอรอล และซอร์บิทอล เท่านั้น

กลีเซอรอล (glycerol) หรือ กลีเซอรีน (glycerine) เป็นพอลิออลที่มีคาร์บอน 3 อะตอม มีสูตรโมเลกุล $C_3H_8O_3$ ซึ่งเป็นโครงสร้างโมเลกุล มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 92 มีผลพลอยได้ในการผลิตสบู่และกรดไขมัน มีคุณสมบัติเป็นของเหลวที่มีความหนืด รสหวาน 0.6 เท่า ของน้ำตาลผสมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำและแอลกอฮอล์ได้ดีมากเป็นสารที่ละลายน้ำมันได้ดีพอสมควร ดูดความชื้นจากอากาศได้ปานกลาง ซึ่งฟิล์มบริโภคหลายชนิดใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติไซเซอร์

2.9.2 บทบาทของพลาสติไซเซอร์ในฟิล์มบริโภคได้

การเติมพลาสติไซเซอร์ในระหว่างการเตรียมฟิล์มบริโภค ได้นั้นใช้วิธีการละลาย โดยทั้งพลาสติไซเซอร์และพอลิเมอร์จะละลายในตัวทำละลายชนิดเดียวกัน ระหว่างการละลายมีการกวนผสม พร้อมทั้งให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาเหมาะสมแล้วจึงนำไปขึ้นรูปบนแผ่นฟิล์ม จากนั้นระเหยตัวทำละลายต่อไปในสภาวะที่ไม่รุนแรง การใช้พลาสติไซเซอร์ลักษณะนี้เป็นแบบภายนอก(external) คือ เมื่อเติมพลาสติไซเซอร์ลงไปแล้วจะไปจับยึดกับพอลิเมอร์ด้วยพันธะ secondary valency เกิดพันธะมีขั้วหรือพันธะไฮโดรเจนอย่างหลวม ๆ ทำให้แรงระหว่างโมเลกุลของสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนลงซึ่งเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ อิทธิพลของความร้อนระหว่างการเตรียมสารละลายฟิล์ม ทำให้พลาสติไซเซอร์สามารถแทรกเข้าไปอยู่รเหว่างสายพอลิเมอร์ง่ายขึ้น และพันธะไฮโดรเจนหรือแรงอื่น ๆ ระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ถูกหักล้างไป เนื่องจากเกิดแรงฉีกขาด (tear resistance) เพิ่มขึ้น แต่การต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength) ลดลง นอกจากนี้พลังงานที่ใช้แยกสายพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันยังมีความสัมพันธ์กับพลังงานที่ไปกระตุ้นการแพร่กระจายของก๊าซและไอให้ผ่านแผ่นฟิล์ม (energy of activation for diffusion = Ed) ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแรงดึงดูดระหว่างสายโซ่ลดลงทำให้ค่า Ed ลดลง การซึมผ่านของก๊าซและไอผ่านแผ่นฟิล์มจึงเพิ่มขึ้น

2.10 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่บริโภคได้

Gennadios et al. (1990 : 63 - 69) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541:14) กล่าวว่า สมบัติทางกายภาพที่สำคัญของฟิล์มบริโภคได้ ได้แก่ ความทนแรงดึง และความยืดตัว (elongation) โดยความทนแรงดึงเป็นค่าความเค้นสูงสุดของตัวอย่างฟิล์มที่เกิดขึ้นขณะทดสอบด้วยการดึงให้ขาดออกจากกัน ส่วนความยืดตัวแสดงถึงความสามารถของตัวอย่างในการยืดตัวออกเมื่อได้รับแรงดึง โดยสารพลาสติไซเซอร์ที่เติมเป็นส่วนประกอบในฟิล์มจะมีผลทำให้ความทนแรงดึงต่ำลง ขณะที่ความยืดตัวสูงขึ้น

Guilbert (1986 : 371 - 374) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541:14) ได้ให้นิยามของสมบัติทางกายภาพของฟิล์มด้านความหนา ความทนแรงดึง และความยืดตัวไว้ ดังนี้

ความหนา คือ ระยะตั้งฉากระหว่างผิวหน้าทั้งสองของวัสดุ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร หรือมิล (mil) โดยความหนา 0.025 มิลลิเมตรมีค่าเท่ากับ 1 มิล ซึ่งความหนามีความสัมพันธ์กับความทนแรงดึงและความยืดตัวถ้าวัสดุมีความหนาเพิ่มขึ้นมักมีความทนแรงดึง และความยืดตัวเพิ่มขึ้น

ความทนแรงดึง คือ ค่าความเครียดที่ใช้ในการดึงวัตถุที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งจนเกิดการขาดออกจากกันภายใต้ภาวะที่กำหนด มีหน่วยเป็น เมกะปาสคาล (MPa) ความทนแรงดึงแสดงถึงความแข็งแรงของพอลิเมอร์ เนื่องจากการดึงให้ขาดจากกันเป็นการทำลายอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างพอลิเมอร์กับพอลิเมอร์ที่มีอยู่ในวัสดุนั้น อาจเป็นอัตรกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีน โปรตีนกับพอลิแซ็คคาไรด์ หรือพอลิแซ็คคาไรด์กับพอลิแซ็คคาไรด์

ความยืดตัว คือ ร้อยละของระยะทางที่วัตถุยืดออกด้วยแรงดึงจนเกิดการขาดออกจากกันต่อความยาวเดิมอาจแสดงถึง ระยะห่างระหว่างบริเวณรอยต่อภายในโครงสร้างของพอลิเมอร์ ซึ่งบริเวณรอยต่อเป็นจุดที่สายพอลิเมอร์มีการพันกันอย่างเป็นระเบียบและหนาแน่น ถ้าระยะห่างระหว่างบริเวณรอยต่อสั้น ความยืดตัวจะมีค่าน้อย และ ถ้าระยะห่างมาก ความยืดตัวจะมีค่ามาก

2.11 วิธีการใช้ฟิล์มเคลือบบริโภคได้กับผลิตภัณฑ์อาหาร

Baldwin (1994 : 25 - 56) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541:11) ระบุว่าการเคลือบฟิล์มบริโภคได้บนผิวของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยทั่วไปจะเคลือบเป็นชั้นบาง และไม่สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายด้วยตาเปล่า วิธีในการเคลือบฟิล์มทำได้หลายวิธีขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์อาหาร และวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้ Grant and Burns(1994 : 189 - 200) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541:11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงาน วิธีการใช้ฟิล์มบริโภคได้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้แก่ การชุบเคลือบ การทำให้เกิดฟอง การพ่นฝอย และการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม ดังนี้

2.11.1 การชุบเคลือบ

การชุบเคลือบเป็นการเคลือบฟิล์มบนผิวของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยชุบหรือจุ่มในสารเคลือบส่วนใหญ่ใช้วิธีนี้กับผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นผิวไม่สม่ำเสมอ หลังจากชุบ หรือจุ่มต้องกำจัดสารเคลือบส่วนเกินออก จากนั้นทำให้แห้ง หรือทำให้เกิดการแข็งตัวในกรณีที่สารเคลือบนั้นเป็นไขมัน ผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมเคลือบด้วยวิธีนี้ ได้แก่ ผักผลไม้และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

นักวิทยาศาสตร์ทางอาหารหลายท่าน VanDoren (1994 : 183 – 189), Newhall and Grierson (1956 : 146 – 154), Long (1964 : 881 – 890) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541 :16) รายงานว่า การชุบเคลือบผักผลไม้ในถัง เหมาะสำหรับผลิตผลที่มีปริมาณน้อย ขั้นตอนการชุบ เริ่มจากผลิตผลที่ต้องการชุบ และทำให้ผิวบริเวณที่ต้องการชุบแห้ง จากนั้นจุ่มลงในถังที่บรรจุสารเคลือบซึ่งอาจเป็นเรซิน หรือ อิมัลชัน การชุบต้องทำให้เปียกอย่างทั่วถึงโดยไม่ต้องคำนึงถึงเวลาในการชุบเพื่อให้เกิดการห่อหุ้มที่ดี วิธีนี้จะได้ชั้นฟิล์มเคลือบที่หนา หลังชุบลำเลียงผลิตผลด้วยสายพานไปเครื่องเป่าแห้งด้วยลมร้อน หรือทำให้แห้งที่อุณหภูมิปกติ การชุบในถังขนาดใหญ่ติดต่อกันหลายครั้งจะทำให้เกิดการสะสมของจุลินทรีย์ ดิน และเศษสิ่งสกปรกที่อาจติดมากับผลิตผล จึงต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยกรองเศษสิ่งสกปรกออกจากสารเคลือบ นอกจากนี้ก่อนการชุบเคลือบต้องทำให้ผิวของผลิตผลแห้งสนิทเพื่อป้องกันการเจือจางของสารเคลือบ

2.11.2 การทำให้เกิดฟอง

Hartman and Isenberg (1956 : 965 - 970), Long and Leggo (1959 : 32 - 37) อ้างโดย พนิดา รัตนปิติกรณ์ (2541:12) รายงานว่า วิธีการใช้อิมัลชันเป็นสารเคลือบผิวในรูปฟอง ซึ่งเตรียมโดยเติมสารที่ทำให้เกิดฟอง หรือ โดยการอัดอากาศที่ความดันต่ำกว่า 3.5 กิโลปาสคาล เข้าไปในถังที่บรรจุอิมัลชัน จากนั้นหยดโฟมที่ได้ลงบนผลิตผลที่เคลื่อนที่อยู่บนลูกกลิ้งหมุน กระจายสารเคลือบให้ทั่วผิวผลิตผลโดยใช้แปรง หรือ เครื่องพัดโบกที่ทำด้วยผ้า (cloth flaps) กำจัดสารเคลือบส่วนเกินออกโดยใช้ลูกกลิ้งยางที่ติดตั้งอยู่ใต้ลูกกลิ้งหมุน และวนสารเคลือบกลับมาใช้ใหม่ได้ ผิวของผลิตผลที่เคลือบจะมีลักษณะไม่เรียบ และไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากผลิตผลต้องมีการกลิ้งไปมาเพื่อให้โฟมแตกออก และช่วยการกระจายตัวของสารเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.11.3 การพ่นฝอย

การพ่นฝอยเป็นการพ่นสารเคลือบในลักษณะขนาดเล็กลงบนผิวของผลิตภัณฑ์อาหาร ชั้นเคลือบที่ได้มีลักษณะบาง และมีความสม่ำเสมอมากกว่าการชุบเคลือบ แต่การพ่นฝอยจะเคลือบบนผิวหน้าของแป้งพิซซ่า เพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นจากชั้นของส่วนที่เป็นหน้าพิซซ่าซึมเข้าไปในส่วนของแป้ง Grant and Burns (1994 : 189-200) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541:12) อธิบายว่า การพ่นฝอยเป็นวิธีแบบดั้งเดิมในการเคลือบผักและผลไม้ในอดีต จะใช้การพ่นฝอยที่ความดันต่ำซึ่งให้สารเคลือบออกมามากจึงมีสารเคลือบส่วนเกินออกมามาก หลังจากการเคลือบผลิตผล โดยทั่วไปจะมีการกำจัดสารเคลือบส่วนเกินออกและวนนำกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้นจะเกิดปัญหาเช่นเดียวกับการชุบเคลือบ คือ เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ สิ่งสกปรก และการเจือจางของสารเคลือบ ต่อมามีการพัฒนากระบวนการเป็นการพ่นฝอยที่ความดันสูง ระหว่าง 414 - 553 กิโลปาสคาล วิธีนี้จะใช้สารเคลือบในปริมาณน้อยลงแต่เคลือบได้อย่างทั่วถึง โดยไม่ต้องนำสารเคลือบส่วนเกินที่เหลือกลับมาใช้ใหม่ อย่างไรก็ตามการใช้งานต้องคำนึงถึงขนาดของหัวฉีด (nozzle) โดยถ้าใช้หัวฉีดที่มีขนาดเล็กจะเกิดการอุดตันบ่อย และถ้าใช้หัวฉีดขนาดใหญ่จะมีสารเคลือบออกมามากเกินไป อาจแก้ไขได้โดยใช้ระบบลมในการพ่นฝอย (air - atomizing systems) โดยการปั๊มอากาศที่ความดันต่ำกว่า 35 กิโลปาสคาล ไปที่หัวฉีดและปั๊มสารเคลือบที่มีความดันต่ำกว่า 276 กิโลปาสคาล ซึ่งระบบนี้ช่วยให้การพ่นฝอยมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดหัวฉีด แต่วิธีดังกล่าวนี้จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง

Hernandez (1994 : 305 - 336) อ้างโดย พนิดา รัตนปีติกรณ์ (2541 :5) อธิบายว่า ปัญหาที่พบเสมอในการเคลือบผลไม้ คือ การเกิดฝุ่น (dusting) หรือการเกิดแป้ง (powdering) เกิดจากไขที่ใช้เสียความชื้นมากจนเกิดการแข็งตัว หลังการพ่นออกจากหัวฉีดก่อนที่จะตกบนผิวของผลิตผล ซึ่งมีสาเหตุจากการเลือกใช้ชนิดของสารเคลือบไม่เหมาะสม ส่วนการเกิดผงแป้งมีสาเหตุจากเกิดการแยกออกจากกันของสารเคลือบบนผิวของผลิตผลเนื่องจากใช้วิธีล้าง และทำแห้งผลิตผลไม่เหมาะสม เมื่อเคลือบไขลงบนผิวที่สกปรกจะเคลือบไม่ติดหรือติดอย่างไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผลิตผลมีโอกาสที่จะเกิดการเสียน้ำ

2.12 โปรตีน

โปรตีนเป็นสารที่มีอยู่ในร่างกายมากเป็นอันดับสองรองลงมาจากน้ำ คือ มีอยู่ประมาณ 18 % และเมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้งถึง 50 % ซึ่งในโปรตีนทั้งหมดนี้หนึ่งในสามอยู่ในส่วนของกล้ามเนื้อต่างๆ 1 ใน 5 อยู่ในกระดูกและกระดูกอ่อน 1 ใน 10 อยู่ในผิวหนังและที่เหลือจะพบอยู่ในเนื้อเยื่ออื่นๆ และของเหลวในร่างกาย สำหรับในน้ำดีและปัสสาวะไม่มีโปรตีนเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

49825

โปรตีนเป็นสารที่มีความสำคัญมากต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (organoleptic characteristic) และคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร เป็นอาหารกลุ่มใหญ่ซึ่งรวมสารที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ กันไว้มากเนื่องจากเป็นสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง การวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพจึงทำได้ยาก ความสำคัญและประโยชน์ของโปรตีนในด้านอาหารมีมากเนื่องจากมีความสามารถในการดูดน้ำไว้ ทำให้เกิดฟอง (foam) และ เจล (gel) ได้ เกิดการตกตะกอนเนื่องจากความร้อน มีคุณสมบัติในการช่วยให้เกิดอิมัลชันของน้ำและไขมัน (emulsifer) เช่น เลซิทิน (lecithin) ในไข่แดงและโปรตีนของน้ำนม เป็นต้น โปรตีนบางตัวยังมีคุณสมบัติเป็นเอนไซม์อีกด้วย

2.12.1 แหล่งของโปรตีน มีดังนี้

1.โปรตีนจากสัตว์ จัดว่าเป็นอาหารโปรตีนที่มีคุณภาพสูง มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง แต่ค่อนข้างจะขาดแคลนและราคาสูง

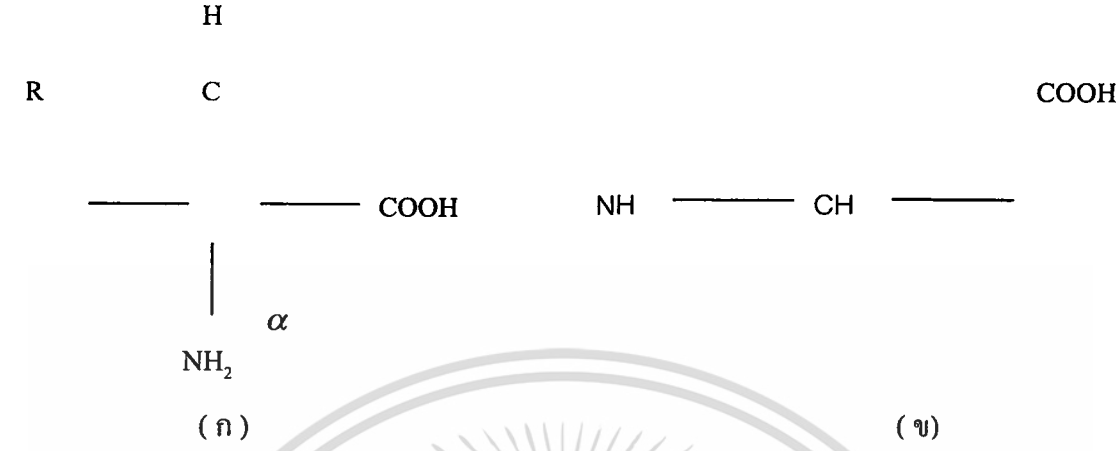
2.โปรตีนจากพืช เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพรองลงไป ทั้งนี้เพราะยังขาดกรดอะมิโนที่สำคัญบางชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะพวกกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ ปริมาณโปรตีนในพืชนั้นแตกต่างกันไปตามชนิดและส่วนของพืชปริมาณโปรตีนในอาหารต่าง ๆ (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร,2540 : 27-33)

2.12.2 โครงสร้างโปรตีน

โปรตีนเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยหน่วยเล็กๆ ที่เรียกว่า “กรดอะมิโน” (amino acid) เชื่อมต่อกัน พบได้ในพืชและสัตว์ทั่วไป โดยจะเป็นองค์ประกอบหลักในโปรโตพลาสซึมของสิ่งมีชีวิต เมื่อมนุษย์รับประทานพืชและสัตว์ก็จะได้รับกรดอะมิโนจากแหล่งดังกล่าว ไม่ว่าโปรตีนจะมาจากแหล่งใดก็ตามจะประกอบด้วยกรดอะมิโน 18 – 22 ชนิด เพียงแต่โปรตีนแต่ละชนิดมีกรดอะมิโนชนิดต่างๆไม่เท่ากัน จึงทำให้โปรตีนจากแหล่งต่างๆมีคุณสมบัติและคุณภาพไม่เหมือนกัน

กรดอะมิโนจะประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl , -COOH) ทำให้มีสมบัติเป็นกรดและมีหมู่อะมิโน (amino , $-NH_2$) จึงมีสมบัติเป็นด่างอยู่ที่ตำแหน่งแอลฟาคาร์บอน ซึ่งได้แก่คาร์บอนตัวที่ติดอยู่กับหมู่คาร์บอกซิล กรดอะมิโนที่มีอยู่ในโปรตีนตามธรรมชาติจึง เรียกกรดอะมิโนเหล่านี้ว่า กรดแอลฟาอะมิโน (α – amino acids) โดยมีสูตรโครงสร้างทั่วไป ดังภาพที่ 1 แต่โปรลีนและไฮโดรโปรลีนเท่านั้นที่อยู่ในภาพ α – amino acids (ณรงค์ นิยมวิทย์ , 2538 : 65 - 71)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) กรดแอลฟาอะมิโน (α – amino acids) โดย R คือหมู่ด้านข้าง (side chain group)

(ข) กรดแอลฟาอะมิโน (α – amino acids)

ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างทั่วไปของกรดแอลฟาอะมิโน (α – amino acids)

ที่มา : Damodaran , 1996 : 322-429 อ้างโดย พรรณวดี วิถีสำราญธรรม, 2540 : 4

กรดอะมิโนแต่ละชนิดจะแตกต่างกันตรงหมู่ด้านข้าง (side chain group) ที่เรียกว่าหมู่อาร์ (R group) ซึ่งเป็นหมู่ที่ต่ออยู่กับแอลฟาคาร์บอน ของกรดอะมิโน หมู่อาร์เป็นหมู่สำคัญในการกำหนดสมบัติจำเพาะของกรดอะมิโนแต่ละชนิด การแบ่งกลุ่มของกรดอะมิโนจะแบ่งตามสมบัติในการละลายน้ำซึ่งขึ้นอยู่กับหมู่อาร์แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. กรดอะมิโนที่หมู่ด้านข้างเป็นนอนโพลาร์ (non- polar side chains) ได้แก่ กรดอะมิโนที่หมู่อาร์เป็นพวกอะโรมาติกและไฮโดรคาร์บอน (aromatic and hydrocarbon) และเป็นพวกที่ไม่ละลายน้ำ (hydrophobic) ในสารละลายที่มี pH 6-7

2. กรดอะมิโนที่หมู่ด้านข้างเป็นโพลาร์ที่ไม่มีประจุ (uncharged , polar side chains) ได้แก่กรดที่มีหมู่อาร์ขนาดเล็กและมีขั้ว แต่ไม่แตกตัว กรดพวกนี้จะละลายในน้ำได้ปานกลางที่ pH 6-7

3. กรดอะมิโนที่หมู่ด้านข้างเป็นโพลาร์ที่มีประจุ (charged , polar side chains) กรดพวกนี้ละลายน้ำได้ดีที่สุด (hydrophillic) หมู่อาร์จะมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส (acidic and basic) และแตกตัวได้ที่ pH 6-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 กากถั่วเหลือง (soybean meal)

เป็นผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันถั่วเหลืองมี 2 ชนิด คือ กากถั่วเหลืองที่ได้จากขบวนการอัดน้ำมัน และกากถั่วเหลืองที่ได้จากขบวนการสกัดน้ำมันด้วยสารเคมี ในขณะที่คุณสมบัติและคุณภาพของโปรตีนจะรองจากปลาป่น มีโปรตีนประมาณ 42 - 48 % โดยน้ำหนักแห้ง ขึ้นอยู่กับขบวนการสกัดน้ำมัน มีไขมันอยู่ประมาณ 1 - 4 % โดยน้ำหนักแห้ง มีระดับธาตุแคลเซียม และฟอสฟอรัสต่ำ แต่มีข้อจำกัดในการใช้ กากถั่วเหลืองที่ได้รับความร้อนไม่เพียงพอ โดยเฉพาะกากถั่วเหลืองอัดน้ำมันจะยังมีสารยับยั้งทริปซินหลงเหลืออยู่ในระดับสูง มีผลทำให้การย่อยได้ลดลงโดยเฉพาะในสัตว์เล็ก จะแสดงอาการโตช้าลง กากถั่วเหลืองที่ได้รับความร้อนเกินไปจะมีสีน้ำตาลคล้ำ มีกลิ่นเหม็นไหม้ทำให้การย่อยได้ของไลซีนลดลง ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะในสัตว์เล็ก ข้อแนะนำในการใช้ กากถั่วเหลืองในระดับสูง จะต้องเสริมธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินบีรวม ให้เพียงพอ ในสัตว์เล็กควรเลือกใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน จะปลอดภัยกว่าการใช้กากถั่วเหลืองอัดน้ำมัน กากถั่วเหลืองเป็นผลผลิตที่ได้จากเมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งผ่านกระบวนการแยกน้ำมันออกแล้ว ปริมาณคุณค่าของกรดอะมิโนในกากถั่วเหลืองที่เป็นแหล่งโปรตีนอาหารสัตว์ ดังตารางที่1

ตารางที่1 แสดงเปอร์เซ็นต์กรดอะมิโนที่มีอยู่ในกากถั่วเหลือง

วัตถุดิบ	ไลซีน	เมทไธโอนีน	ซีสทีน	อาร์จินีน	ทริปโตเฟน	ทรีโอนีน
กากถั่วเหลือง 44 %	2.70	0.63	0.70	3.43	0.63	1.70

ที่มา : อาวุธ ณ ลำปาง 2523 : 7

กากถั่วเหลือง เป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่สำคัญแหล่งหนึ่ง เป็นผลพลอยได้จากการนำเมล็ดถั่วเหลืองไปอัดหรือสกัดน้ำมันออกแล้ว ถ้าเป็นกากถั่วเหลืองที่ผ่านการอัดน้ำมันด้วยเครื่องอัดน้ำมันจะมีโปรตีน 44 % โดยน้ำหนักแห้ง และมีน้ำมันเหลืออยู่ประมาณ 10 – 12 % โดยน้ำหนักแห้ง แต่ถ้าเป็นกากถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดน้ำมันด้วยสารละลายจะมีโปรตีนประมาณ 46 % โดยน้ำหนักแห้ง และมีน้ำมันเพียง 1 % โดยน้ำหนักแห้ง โปรตีนจากกากถั่วเหลืองมีคุณภาพดีกว่าโปรตีนจากพืชชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตามกากถั่วเหลืองยังขาดกรดอะมิโนเมทไธโอนีนและมีปริมาณวิตามินบีรวม ธาตุแคลเซียม ธาตุฟอสฟอรัส และวิตามินดีต่ำ ดังนั้น การใช้กากถั่วเหลืองเป็นอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยวต้องเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีนสังเคราะห์หรือใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์เสริมโปรตีนที่ได้จากสัตว์ เช่น ปลาป่นผสมในอาหารด้วยเพื่อทำให้กรดอะมิโนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมดุลย์มากขึ้น กากถั่วเหลืองดิบหรือสุกไม่พอเหมาะจะมีสารพิษ เช่น สารที่ทำให้เกิดโรคคอหอยพอก สารยับยั้งทริปซินซึ่งสารนี้จะไปทำให้โปรตีนย่อยได้น้อยลง ถ้าใช้กากถั่วเหลืองดิบหรือสุกไม่พอเหมาะเลี้ยงสัตว์จะทำให้สัตว์เจริญเติบโตได้ไม่ดีเท่าที่ควร สารยับยั้งทริปซินจะถูกทำลายได้ด้วยความร้อน โดยกากถั่วเหลืองไปทำให้สุกโดยผ่านความร้อนที่พอเหมาะ (อาวุธ ณ ลำปาง, 2523 : 8 -10)

2.13.1 กากถั่วเหลืองมี 2 ชนิด ดังนี้

1.กากถั่วเหลืองที่มีเปลือกผสมอยู่ด้วย หรือที่เรียกกันในทางการค้าว่ากากถั่วเหลือง44 % จากการวิเคราะห์คุณภาพของกากถั่วเหลืองชนิดนี้ โดยกองอาหารสัตว์พบว่ามีโปรตีนประมาณ 47.6 % เยื่อใย (crude fiber) ประมาณ 6.6 %

2. กากถั่วเหลืองที่ไม่มีเปลือกผสมอยู่ มีแต่เนื้อในล้วนๆ หรือที่เรียกกันในทางการค้าว่า กากถั่วเหลือง 49 % จากการวิเคราะห์พบว่า มีโปรตีนสูงถึง 51.5 % ส่วนเยื่อใยต่ำกว่าชนิดที่เปลือกผสม คือมีประมาณ 4.9 % โดยน้ำหนักแห้ง (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538 :13) ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองเมล็ดผ่านความร้อนเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง

ส่วนประกอบทางเคมี	ถั่วเหลืองเมล็ดผ่านความร้อน	กากถั่วเหลืองไม่กะเทาะเปลือก (1)	กากถั่วเหลืองชนิดกะเทาะเปลือก (2)
ความชื้น	10	8	8
โปรตีน	38	45	50
ไขมัน	18	0-1	0-1
เยื่อใย	5	7	3
เถ้า	5	6	6

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538 :13

(1) กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันด้วยสารเคมีชนิดไม่กะเทาะเปลือก

(2) กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันด้วยสารเคมีชนิดกะเทาะเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 สัดส่วนโครงสร้างของเมล็ดข้าวสาลี

โครงสร้างของเมล็ดข้าวสาลี	% น้ำหนักแห้ง
เปลือกหุ้มเมล็ด	
ชั้นนอก	4.35
ชั้นใน	1.44
เมล็ด	
เปลือกหุ้มเมล็ดและชั้นโปร่งใส	2.21
เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด	6.7-7.0
รำ	14.1-15.9
เนื้อเมล็ด	81.4-84.1
แกนกลางของคัพภะ	1.0-1.6
ใบเลี้ยงอ่อน	1.4-2.0
คัพภะทั้งหมด	2.5-3.6

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538 : 13

เมล็ดข้าวสาลีประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 3 ส่วนคือ เปลือกนอกถึงชั้นแอลิวโรน (14.5%) เนื้อในเมล็ด (83%) และคัพภะ (2.5%) ส่วนของเนื้อในเมล็ดเป็นส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารมนุษย์มากที่สุด โดยในส่วนเนื้อในเมล็ดนี้ประกอบด้วย เม็ดสตาร์ชซึ่งมีสองขนาดคือขนาดใหญ่ (15-50μ) มีรูปร่างรูปไข่ และขนาดเล็ก(น้อยกว่า 8μ) มีรูปร่างกลมเป็นส่วนใหญ่ อยู่ร่วมกับโปรตีนซึ่งมี 5 ลักษณะ คือ โปรตีนที่เกาะเกี่ยวกับเมล็ดสตาร์ช (adhering protein), โปรตีนที่อยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ช (wedge protein), สำหรับโปรตีนที่เกาะเกี่ยวกับเม็ดสตาร์ชยังมี 2 รูปแบบคือมีลักษณะเป็นเส้นใยเชื่อมโยงเม็ดสตาร์ช (protein matrix หรือ protein fibril) และโปรตีนที่เกาะรวมอยู่กับโปรตีนที่มีรูปร่าง (protein body) เรียกว่า โปรตีนสะสม (storage protein), ส่วนโปรตีนที่อยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ชที่มีรูปร่างเป็นเม็ดกลมเล็ก คือโปรตีนที่มีรูปร่างซึ่งประกอบด้วยลิพอตินและไกลอะดินมาก, ส่วนโปรตีนเกาะเกี่ยวจะมีฟอสโฟลิปิดและอัลบูมินมาก โปรตีนที่อยู่ระหว่างเมล็ดจะมีไกลอะดินและอัลบูมินมาก โปรตีนที่เป็นเส้นใยจะมีกลูเตนินมาก และโปรตีนสะสมจะมีไกลอะดินและกลูเตนินมาก ซึ่งทั้งไกลอะดินและกลูเตนินนี้จัดเป็นส่วนประกอบหลักของกลูเตน โดยองค์ประกอบหลักทั้งสามคือ สตาร์ช, โปรตีน, และไขมันที่มีอยู่ในเนื้อเมล็ดนี้ จะมีผลโดยตรงต่อลักษณะการแปรรูปข้าวสาลีให้เป็นแป้งและการนำแป้งไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538 :76)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่กับโปรตีนที่มีรูปร่าง (protein body) เรียกว่า โปรตีนสะสม (storage protein), ส่วนโปรตีนที่อยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ชที่มีรูปร่างเป็นเม็ดกลมเล็ก คือโปรตีนที่มีรูปร่างซึ่งประกอบด้วยลิพอตินและไกลอะดินมาก, ส่วนโปรตีนเกาะเกี่ยวจะมีฟอสโฟลิปิดและอัลบูมินมาก โปรตีนที่อยู่ระหว่างเมล็ดจะมีไกลอะดินและอัลบูมินมาก โปรตีนที่เป็นเส้นใยจะมีกลูเตนินมาก และโปรตีนสะสมจะมีไกลอะดินและกลูเตนินมาก ซึ่งทั้งไกลอะดินและกลูเตนินนี้จัดเป็นส่วนประกอบหลักของกลูเตน โดยองค์ประกอบหลักทั้งสามคือ สตาร์ช, โปรตีน, และไขมันที่มีอยู่ในเนื้อเมล็ดนี้ จะมีผลโดยตรงต่อลักษณะการแปรรูปข้าวสาลีให้เป็นแป้งและการนำแป้งไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538 :76)

2.14.1 รำและคัพภะ

สำหรับรำและคัพภะที่ได้จากกระบวนการโม่แป้งสาลีหรือได้จากการแยกสกัดจากเมล็ดนั้น ส่วนใหญ่ขายเป็นอาหารสัตว์ โดยผู้ผลิตอาหารสัตว์จะนำไปผสมกับวัตถุดิบอย่างอื่นอีกหลายชนิดตามสูตร เพื่อให้เหมาะที่จะเป็นอาหารสัตว์แต่ละชนิด แต่ละประเภทไป เช่น อาหารไก่ อาหารสุกร เป็นต้น

ในปัจจุบันประชาชนในยุโรปและอเมริกา ตื่นตัวและสนใจในการเสริมคุณค่าอาหารที่บริโภคเป็นอาหารหลัก และการเพิ่มเส้นใยอาหาร จึงเห็นว่าผลพลอยได้การโม่แป้งนี้ ถ้านำกลับไปเสริมในอาหารมนุษย์ ก็จะให้คุณค่าเพิ่มมากกว่าการบริโภคแต่เฉพาะส่วนแป้งขาวเท่านั้น กล่าวคือ รำจะช่วยเพิ่มเส้นใย ส่วนคัพภะจะให้คุณค่าอาหารทั้งโปรตีน ไขมัน แร่ธาตุและวิตามินเพิ่มขึ้น แต่ก่อนที่จะนำรำและคัพภะไปใช้เสริมนั้น ควรจะได้มีการผ่านความร้อนด้วยการอบในเตาอบ หรืออบด้วยไอน้ำ หรือผ่านลูกกลิ้งที่มีความร้อนเพื่อให้แห้ง (drum-drying) หรือถ้าเป็นคัพภะอาจสกัดไขมันออก และนำไขมันไปใช้โดยตรงส่วนหนึ่ง อีกส่วนจึงนำมาผ่านกระบวนการอบด้วยความร้อนดังกล่าว ก่อนนำไปเสริมอาหารได้แก่ ขนมปังเสริมคัพภะ (ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10) ขนมปังเสริมเส้นใย อาหารเช้าสำเร็จรูปเสริมรำ คุกกี้เสริมคัพภะ และคุกกี้เสริมรำ เป็นต้น สำหรับรำและคัพภะ ที่ได้จากกระบวนการสกัดแยกส่วนสตาร์ช และกลูเตนออกจากเมล็ด ด้วยการใช้สารละลายด่างนั้น จะมีลักษณะที่ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นอาหารมนุษย์ จึงนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ทั้งหมด (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532 : 332)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.2 องค์ประกอบของรำ

รำเป็นส่วนรวมของเปลือก ซึ่งต้องทำการแยกออกในขบวนการบดข้าวสาลีให้เป็นแป้งและจัดเป็นผลพลอยได้ขายเป็นอาหารสัตว์ จึงมีผู้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบไว้ละเอียดหลายองค์ประกอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โปรตีน แร่ธาตุ ไขมัน วิตามิน และเอนไซม์ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532 : 334)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์ที่ใช้แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1.1 วัตถุดิบ สารเคมี และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1.1 วัตถุดิบ (raw material)

1. กากถั่วเหลือง (soybean meal) พันธุ์ ส.จ.1 (S.J.1) และพันธุ์ ส.จ.4 (S.J.4) นำมาจากบริษัท กรีนสปอร์ต จำกัด จ. ปทุมธานี ซึ่งทำการขนส่งโดยการบรรจุใส่ในถุงเย็น(LDPE) และกากถั่วเหลืองที่นำมาเป็นกากถั่วเหลืองที่แห้งและผ่านการบดละเอียด เมื่อนำมาถึงห้องปฏิบัติการได้นำเก็บไว้ในห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร โดยนำตัวอย่างกากถั่วเหลืองที่บดละเอียดแล้วเก็บไว้ในตู้แช่เย็น ที่อุณหภูมิ –5 องศาเซลเซียส ในช่วงรอการวิจัย

2. กากข้าวสาลี (wheat meal) ได้พันธุ์มาจากประเทศแคนาดาและประเทศสหรัฐอเมริกา นำเข้าโดย บริษัทยูไนเต็ดฟลาวมิลล์ จำกัด อ. พระประแดง จ.สมุทรปราการ ซึ่งทำการขนส่งโดยบรรจุลงในกระสอบป่าน กากข้าวสาลีที่นำมา เป็นกากข้าวสาลี บดละเอียดและแห้ง เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการ แปรรูปอาหารแล้วนำใส่ถุงเย็นไว้เก็บไว้ในตู้แช่แข็ง ที่อุณหภูมิ –5 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับตัวอย่างกากถั่วเหลือง ในระหว่างรอการวิจัย

3. น้ำมันข้าวโพด ยี่ห้อ (golden drop) ซึ่งมีไขมันทั้งหมด 22 % และไขมันอิ่มตัว 8 % ซื้อมาจาก ห้างโลตัส สาขา พระโขนง ราคาขวดละ 68 บาท จำนวน 1 ขวด ปริมาตรสุทธิ 1 ลิตร

3.1.1.2 สารเคมี (chemical substances) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ มีดังนี้

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	เกรดวิเคราะห์
2. กรดไฮโดรคลอริค (HCl)	เกรดวิเคราะห์
3. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)	เกรดวิเคราะห์
4. เฮกเซน (Hexane) SH-3 LABSCAN	เกรดวิเคราะห์
5. กรดซัลฟูริค (H_2SO_4)	เกรดวิเคราะห์
6. กรดบอริค (H_3BO_3)	เกรดวิเคราะห์
7. โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)	เกรดวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) เกรดวิเคราะห์

9. เมธิลเรด ($C_{13}H_{18}N_3O_2$) เกรดวิเคราะห์

10. โบรโมครีซอลกรีน ($C_{21}H_{14}Br_4O_5S$) เกรดวิเคราะห์

11. แอลกอฮอล์ 95% (alcohol 95%)

12. กลีเซอรอล (glycerol)

13. ซิลิการ์เจล (silica gel)

14. พาราฟิน (parafin)

15. น้ำกลั่น (distillied water)

3.1.1.3 อุปกรณ์ (equipment) อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ มีดังนี้

1. ตู้อบลมร้อน (hot air oven) WTB binder รุ่น F 53

2. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH meter) ของ HANNA Instrumants รุ่น 9321

3. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ยี่ห้อ BUCHI Srubber รุ่น B-414

4. เครื่องอังน้ำร้อน (water bath)

5. ไมโครมิเตอร์ (micrometer)

6. เครื่องหมุนเหวี่ยงด้วยแรงหนีศูนย์กลาง (centrifuge) ยี่ห้อ Hettich รุ่น EBA85 ความเร็วรอบสูงสุดและต่ำสุด คือ 10,000 และ 5,000 รอบ / นาที ตามลำดับ

7. เครื่องชั่งละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

8. แผ่นพลาสติกอะคริลิค(acrilic sheet) ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร

9. ขวดแก้วใส (bottle)

10. จานเพาะเชื้อ (petri dish)

11. ช้อนตักสาร (spatular)

12. บีกเกอร์ (beaker)

13. กระบอกตวง (cylinder)

14. โถดูดความชื้น (desiccator)

15. หลอดทดลองพลาสติก (plastic tube)

16. แท่งแก้ว (stirring rod)

17. ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask)

18. ปิเปต (pipette)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. บิวเรต (burette)

20. ถ้วยหาความชื้น (moisture can)

21. อะลูมิเนียมฟอยด์ (aluminium foil)

22. กระดาษทิชชู (tissue paper)

23. กระดาษกรองเบอร์1 (watchman No. 1)

24. สำลี

25. ถุงมือพลาสติก

26. ถุงมือยาง

3.1.1.4 รูปเล่มปัญหาพิเศษมีดังนี้

1. กระดาษสีขาว A 4

2. อุปกรณ์เครื่องเขียน

3. แผ่นดิสก์

3.2 วิธีการ

3.2.1 ศึกษาผลของอัตราส่วนของกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีที่มีต่อปริมาณโปรตีนในกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีเริ่มต้น (ที่ผ่านการสกัดไขมัน)

3.2.1.1 การสกัดไขมันออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

กากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีที่นำมาจากแหล่งผลิต (ตามที่กล่าวในหัวข้อ 3.1.1.1) ยังคงมีไขมันอยู่สูง คือ กากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีมีปริมาณไขมันร้อยละ 13 และ 1.7 ตามลำดับ ก่อนที่จะสกัดโปรตีนให้ได้มากที่สุดเราต้องทำการสกัดไขมันที่ตกค้างออกให้หมด ดังแสดงในภาพที่ 2

กากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีบดละเอียด

↓

สกัดไขมัน 2 ครั้งด้วยการกวนในเฮกเซน ที่อัตราส่วนของกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี : เฮกเซน คือ 1 : 20 (w/v) เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง (25- 30 องศาเซลเซียส)

↓

ทำให้แห้งโดยวางไว้ในตู้ดูดไอสารเคมี (hood) เพื่อให้เฮกเซนระเหยไปให้หมด

↓

ได้กากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีที่ปราศจากไขมัน

ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการสกัดไขมันออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

ที่มา : จากวิธีการของวุฒิชัย นาครักษา (2526 : 26) และ Were et al. (1997 : 821-822)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 การสกัดโปรตีนออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาค้นคว้าจากงานวิจัยของ วุฒิชัย นาครักษา (2526 : 26), พรรณวดี วิถีสำราญธรรม(2540 : 45) และ Were และคณะ (1997 : 821 - 822) พบว่า การสกัดโปรตีนออกจากแป้งถั่วเหลืองและแป้งสาลีที่ให้ได้ปริมาณโปรตีนสูงสุด คือ สกัดด้วยน้ำที่มีค่า pH 9.0 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการวิจัย เพื่อสกัดโปรตีนออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีตามวิธีข้างต้น ดังแสดงกระบวนการสกัดโปรตีนภาพที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่อุณหภูมิห้อง (25 - 30 องศาเซลเซียส)

↓

ได้ตะกอนโปรตีนสกัดจากกากถั่วเหลืองและ กากข้าวสาลี

ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการสกัดโปรตีนออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี
ที่มา : ดัดแปลงจาก วุฒิชัย (2526 : 26), พรรณวดี (2540 : 45) และ Were et al. (1997 : 821-822)

3.2.1.3 การประเมินผล

วิเคราะห์หาค่าร้อยละปริมาณโปรตีนสูงสุดที่สกัดได้จากกากถั่วเหลือง : กากข้าวสาลี : น้ำ pH 9.0 (w/v) ทั้ง 7 treatment

3.2.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วัตถุประสงค์ข้อนี้วางการวิจัยแบบ RCBD (randomized complete block design) ทำการวิจัย 2 ซ้ำและวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS v. 11

3.2.1.5 ศึกษาการขึ้นรูปฟิล์ม (film forming) จากโปรตีนที่ตกตะกอนได้สูงสุด

ศึกษาโดยการเลือกปริมาณโปรตีนที่ตกตะกอนได้สูงสุด จาก 7 treatment (ข้อ 3.2.1.2)โดยดูว่า treatment ไหนให้ร้อยละปริมาณโปรตีนสูงสุด เพื่อเลือกมาทำการขึ้นรูปฟิล์มที่บริโภคได้ จากการวิจัยของ ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ (2540 : 25-27) รายงานว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปฟิล์มโปรตีน คือ 10 : 90 (w/v) นั่นก็คือ อัตราส่วนระหว่างของแข็งต่อของเหลว ตามลำดับ ปริมาณของแข็งหรือโปรตีนสกัด 10 กรัม ต่อปริมาณของเหลว คือ กลีเซอรอล 5 กรัม และน้ำกลั่น 85 กรัม (% ต่อน้ำหนักของส่วนผสม 100 กรัม) จึงนำอัตราส่วนดังกล่าวมาทำการทดลองในครั้งนี้เมื่อเทียบจาก 100 กรัม

แต่ในการทดลองครั้งนี้ได้ปริมาณโปรตีนสกัด 18 กรัม โดยเทียบจาก 100 กรัม จะได้ปริมาณกลีเซอรอล และน้ำกลั่น ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

⟹ โปรตีนสกัด 10 กรัม ใช้กลีเซอรอล 5 กรัม

ถ้าโปรตีนสกัด 18 กรัมใช้กลีเซอรอล = 5 x 18 / 10

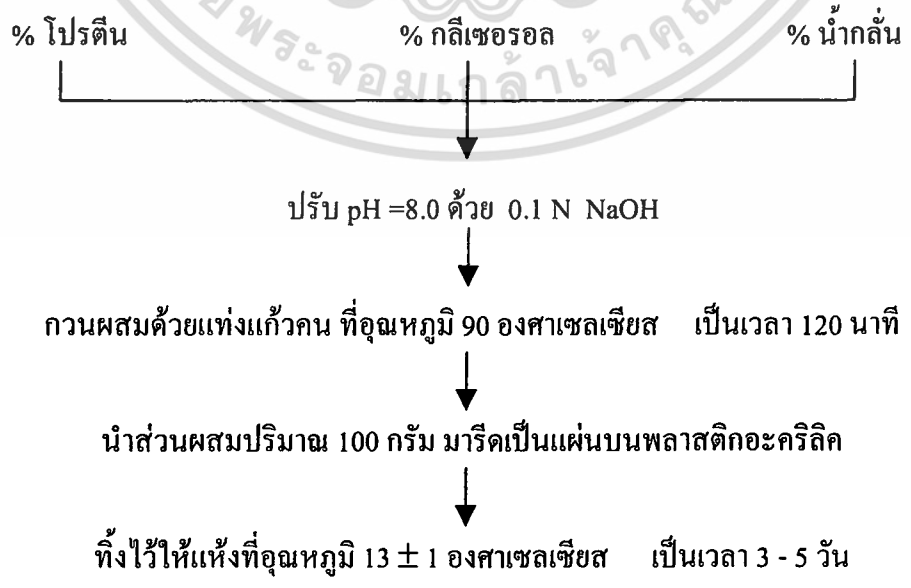
ใช้กลีเซอรอล = 9 กรัม

⟹ โปรตีนสกัด 10 กรัมใช้น้ำกลั่น 85 ml.

ถ้าโปรตีนสกัด 18 กรัมใช้กลีเซอรอล = 85 x 18 / 10

ใช้กลีเซอรอล = 153 กรัม

ดังนั้นอัตราส่วนที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์ม คือ 18 : 9 : 153 (w/v) หมายถึง โปรตีนสกัด 18 กรัม : กลีเซอรอล 9 กรัม : น้ำกลั่น 153 กรัม (w/v) นำส่วนผสมทั้งหมดมาปรับ pH ให้ได้ 8.0 ด้วย 1.0 N NaOH จากนั้นนำไปกวนผสมในเครื่องผสมที่มีความเร็วรอบ 180 รอบ / นาที โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที แต่ในการขึ้นรูปฟิล์มครั้งนี้ได้ดัดแปลงขั้นตอนบางขั้นตอนของ ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ (2540 : 28) และ Were et al. (1997 : 821-822) โดยในขั้นตอนการกวนด้วยความร้อนดัดแปลงจากการกวนด้วยเครื่องผสม ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 180 รอบ / นาที นาน 40 นาที ดัดแปลงโดยใช้การกวนด้วยมือ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที จะทำให้โปรตีนเกิดเจล (gelation) ที่สมบูรณ์ จากนั้นนำส่วนผสมปริมาณ 100 กรัม มาแผ่เป็นแผ่นบางลงบนแผ่นพลาสติกอะคริลิค ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร แล้วนำมาทำให้ฟิล์มแห้งที่อุณหภูมิ 13±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 – 5 วันและลอกออกเป็นแผ่นฟิล์ม จะได้ฟิล์มที่บริโภคได้จากโปรตีนสกัดจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี แสดงดังภาพที่ 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลอกแผ่นฟิล์มที่ได้ออกจากแผ่นพลาสติก

ได้ฟิล์มที่บริโภคได้จากโปรตีนสกัดจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

ภาพที่ 4 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการขึ้นรูปฟิล์มที่บริโภคได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

ที่มา : ดัดแปลงจาก ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ, 2540 : 28 และ Were et al. 1997 : (821 - 822)

3.2.2 การประเมินผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของฟิล์มที่บริโภคได้โดยการวิเคราะห์ดังนี้

3.2.2.1 ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAS method No. (1995 chapter 32 หน้า 1) ดูวิธีการวิเคราะห์ในภาคผนวก ค

3.2.2.2 คุณสมบัติความต้านทานการซึมผ่านน้ำมัน (grease and resistance) ดัดแปลงตามวิธีของ Tappi – T 454 (1985 C : 112) ดูวิธีการวิเคราะห์ในภาคผนวก ค

3.2.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มบริโภคได้ โดยใช้ micrometer เพื่อวัดความหนาของฟิล์ม ดูวิธีการวิเคราะห์ในภาคผนวก ค

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยี และการผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และห้องปฏิบัติการเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง แขวงลำประทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เริ่มตั้งแต่ 1 พฤศจิกายน 2545 ถึง 14 มีนาคม 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 ศึกษาผลของอัตราส่วนของกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีที่มีต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีเริ่มต้น

4.1.1 การสกัดไขมันออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

จากการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการสกัดไขมันออกจากกากถั่วเหลือง และกากข้าวสาลีด้วยเฮกเซนที่อัตราส่วนของกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี ต่อ เฮกเซน เท่ากับ 1 : 4 ตามลำดับ เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 25 – 30 องศาเซลเซียส โดยทำการสกัด 2 ครั้ง จากนั้นจะได้กากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีที่ปราศจากไขมัน

จากการสกัดไขมันออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี ที่นำมาจากแหล่งผลิตซึ่งมีไขมันร้อยละ 13 และ 1.7 ตามลำดับ (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538 : 13) เมื่อสกัดไขมันด้วยเฮกเซนทำให้ปริมาณไขมันในกากถั่วเหลือง และกากข้าวสาลีมีปริมาณลดลง ในอัตราส่วนกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี ต่อ เฮกเซน คือ 1 : 4 (w/v) ตามลำดับ (วุฒิชัย นาครักษา, 2526 : 26)

4.1.2 การสกัดโปรตีนออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

จากการวิจัยการสกัดโปรตีนจากกากถั่วสาลีและกากข้าวสาลี พบว่า อัตราส่วนที่ใช้ในการสกัดสกัดโปรตีน โดยอัตราส่วนระหว่างกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีต่อน้ำ pH 9.0 คือ 1 : 20 (w/v) ตามลำดับ ซึ่งได้นำอัตราส่วน 1 : 20 มาทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างกากถั่วเหลืองต่อ กากข้าวสาลี ต่อ น้ำ pH 9.0 เป็น 7 treatment ตามลำดับ ดังนี้

treatment 1 = 0 : 1: 2

treatment 2 = 0 : 1 : 20

treatment 3 = 1 : 1: 20

treatment 4 = 1.5 : 1 :20

treatment 5 = 1.5 : 1.5 : 20

treatment 6 = 2 : 1 : 20

treatment 7 = 2 : 2 : 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำทั้ง 7 treatment มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน พบว่า treatment ที่ 7 มีปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ คือ 80.72 % โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีปริมาณโปรตีนมากที่สุด ส่วน treatment ที่มีปริมาณโปรตีนที่สกัดได้น้อยที่สุด คือ treatment ที่ 1 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนเป็น 48.93 % โดยน้ำหนักแห้ง แต่ละ treatment มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % (แสดงดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 แสดงร้อยละปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

Treatment	1	2	3	4	5	6	7
Protein content * (%)	48.93 ^{g}	63.07 ^{f}	67.49 ^{c}	71.90 ^{d}	74.16 ^{c}	76.31 ^{b}	80.72 ^{a}

* ค่าเฉลี่ยจากการวิจัย 2 ซ้ำ

a, b, c,…,g ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$)

จากการศึกษาของ พรรณวดี วิถีสำราญธรรม, (2540 : 45) พบว่า การใช้อัตราส่วนของกากถั่วเหลือง ต่อ น้ำ pH 9.0 คือ 1 : 20, 1 : 40, 1 :60 และ 1 : 80 ตามลำดับ ผลปรากฏว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการนำไปสกัดโปรตีน คือ อัตราส่วน 1 :20 (w/v) เนื่องจากอัตราส่วนดังกล่าวมีปริมาณโปรตีนที่สกัดได้มากกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ จึงได้นำอัตราส่วนดังกล่าวมาทำการสกัดโปรตีนเพื่อนำไปผลิตเป็นฟิล์มที่บริโภคได้

4.1.3 ศึกษาการขึ้นรูปฟิล์ม

เมื่อนำโปรตีนที่สกัดได้จาก treatment ที่ 7 มาทำการตกตะกอนโปรตีนและได้ปริมาณตะกอนโปรตีน 18 กรัม จากนั้นนำไปขึ้นรูปฟิล์มโดยใช้อัตราส่วนของปริมาณของแข็ง ต่อปริมาณของเหลว (ของส่วนผสมทั้งหมด 100 กรัม) คือ ตะกอนโปรตีน : กลีเซอรอลและน้ำกลั่น เท่ากับ 10 : 90 (w/v) ดังนั้นอัตราส่วนที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์ม คือ 18 : 9 :153 (w/v) ซึ่งโปรตีนที่สกัดได้ 18 กรัม ต่อ กลีเซอรอล 9 กรัม ต่อ น้ำกลั่น 153 กรัม (w/v) โดยดูวิธีการคำนวณจากภาคผนวก ก

จากการวิจัยของ ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ (2540 : 25 – 27) รายงานว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปฟิล์ม คือ 10 : 20 (w/v) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างของแข็ง ต่อ ของเหลว ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแข็งโปรตีนสกัด 10 ต่อ ปริมาณของเหลว คือ กลีเซอรอล 5 กรัม และน้ำกลั่น 85 กรัม (% ต่อน้ำหนักของส่วนผสม 100 กรัม) จึงนำอัตราส่วนดังกล่าวมาทำการวิจัยในครั้งนี้

4.2 การประเมินผลการวิเคราะห์ คุณสมบัติทางเคมีและลักษณะทางกายภาพบางประการ ของฟิล์มที่บริโภคได้

4.2.1 ปริมาณความชื้น

ของฟิล์มที่บริโภคได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี มีความชื้นเท่ากับ 23.12 % จากการศึกษาของ นุชนารถ ทรัพย์พานิชย์ และคณะ(2542 :44) กล่าวว่า ฟิล์มที่ผลิตได้มีปริมาณความชื้น 22.87 % จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้จะอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน

4.2.2 คุณสมบัติความต้านทานการซึมผ่านของน้ำมัน

ฟิล์มที่บริโภคได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี มีคุณสมบัติความต้านทานน้ำมันมากกว่า 67.5 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับ นุชนารถ ทรัพย์พานิชย์ และคณะ (2542 :44) พบว่าความต้านทานน้ำมันมากกว่า 72 ชั่วโมง

4.2.3 ความหนาของฟิล์ม

ความหนาของฟิล์มที่บริโภคได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี จากการวิจัยทำการวัดความหนาของฟิล์ม ความหนาที่ได้เท่ากับ 0.1097 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับ นุชนารถ ทรัพย์พานิชย์ และคณะ (2542 : 44) พบว่า ฟิล์มที่ได้มีความหนาเท่ากับ 0.0975 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของอัตราส่วนของ กากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีที่มีต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ (จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี เริ่มต้นที่ผ่านการสกัดไขมัน) คุณสมบัติทางเคมี และลักษณะทางกายภาพบางประการของฟิล์มที่บริโภคได้ โดยทำการสกัดโปรตีนด้วยน้ำ pH 9.0 ผลปรากฏว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนออกจาก กากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี คือ อัตราส่วนระหว่างกากถั่วเหลือง : กากข้าวสาลี : น้ำ pH 9.0 เป็น 2 : 2 : 20 (w/v) ตามลำดับ โดยปริมาณโปรตีนที่สกัดได้สูงถึง 80.72 % โดยน้ำหนักแห้ง หลังจากนั้นนำโปรตีนที่สกัดได้มาผลิตเป็นฟิล์มที่บริโภคได้ โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และลักษณะทางกายภาพบางประการ พบว่าฟิล์มที่บริโภคได้มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 23.12 %, ความหนาเท่ากับ 0.109 มิลลิลิตร และมีความต้านการซึมผ่านน้ำมันมากกว่า 67.5 ชั่วโมง จากคุณสมบัติดังกล่าวสามารถที่จะนำไปผลิตเป็นภาชนะห่อหุ้มอาหารได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การทำแห้งแผ่นฟิล์มในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง กับการทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า ฟิล์มที่ได้จากการทำแห้งในตู้อบลมร้อน จะมีความชื้นต่ำกว่าการทำแห้งในห้องเย็น อาจใช้เวลานานจึงทำให้ฟิล์มแห้ง และสามารถลอกออกเป็นแผ่นฟิล์มได้ แต่มีข้อดี คือ ฟิล์มที่ได้จะมีสีเหลืองอ่อนกว่า

2. ในการสกัดโปรตีนควรจะใช้สารละลายด่างจำพวกคาร์บอเนต แทนการใช้สารละลายด่างจำพวกไฮดรอกไซด์ เนื่องจากสารละลายคาร์บอเนตย่อยได้ง่าย จึงไม่มีผลต่อสภาวะแวดล้อม

3. ในการศึกษา การหาอัตราส่วนของกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีต่อน้ำหนัก ควรทำที่ pH 9.0 เนื่องจากที่ pH นี้โปรตีนจะมีความสามารถในการละลายมากกว่าที่ pH 8.0

4. ในการศึกษาการสกัดโปรตีน ควรระวังไม่ให้ไลซีนเปลี่ยนรูป ไปเป็นไลซิอะลานีน ซึ่งจะส่งผลให้คุณภาพของโปรตีนลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เกศศิณี ตระกูลธิวากร และคณะ. " การทำฟิล์มที่รับประทานได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง " วารสารอาหาร. ปีที่ 26 (ธันวาคม 2539) น. 250-261.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.2540. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่2 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.504 น.

ฉรงค์ นิยมวิทย์. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. ฟอร์แมทพริ้นติ้ง. กรุงเทพฯ : 115 น.

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2540. การศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 140 น.

นุชนารถ ทรัพย์พานิชย์ และคณะ. 2542. การศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง. กรุงเทพฯ : ภาควิชาอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 44 น.

พนิดา รัตนปิติกรณ์. 2541. การพัฒนาฟิล์มเคลือบบริโภคได้ชนิดฟิล์มประกอบสำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ปลาเส้น. กรุงเทพฯ : ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.123 น.

พิทักษ์ เจาะจง และคณะ. 2541. ฟิล์มบริโภคได้จากแป้งมันสำปะหลัง. กรุงเทพฯ : ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 36 น.

พรรณวดี วิถีสำราญธรรม. 2540. การสกัดโปรตีนเข้มข้นจากเมล็ดฝ้ายไร้ต่อมพิษและการปรับปรุงคุณภาพของโปรตีนที่ได้โดยการเสริมด้วยโปรตีนเข้มข้นจากเมล็ดงาและเมล็ดถั่วเหลือง. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 145 น.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2535. " ฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้ " วารสารอาหาร. ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มีนาคม 2535.) 65 น.

วิชาการเกษตร,กรม 2533. ถั่วเหลือง. เอกสารวิชาการ. กรุงเทพฯ : 173 น.

วุฒิชัย นาครักษา. 2526. หลักการบรรจุ. ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 588 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรรเสริญ ทรัพย์โตษา. 2535. โภชนาการเชิงชีวเคมี. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์. 44 น.

อาวุธ ณ ลำปาง. 2523. เอกสารวิชาการ ประวัติและความเป็นมาของถั่วเหลือง. กองแผนงาน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ : 20 น.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. ข้าวสาลี. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 480 น.

_____. 2532. วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 371 น.

_____. 2538. ข้าวสาลี. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะ-อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 283 น.

อมรา จันทวราภานนท์. 2512. โภชนาศาสตร์และโภชนบำบัด. ไทยพิทยา. กรุงเทพฯ : 60 น.

Were L., Hettiarachchy N.S. , Kalapathy U. 1997. "Modified Soy Proteins with Improved Foaming and Water Hydration Properties". J. Food Sci. Vol. 62,No. 4 : pp. 821 – 822.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการคำนวณการสกัดไขมัน,การสกัดโปรตีน, และการขึ้นรูปฟิล์มจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

1.วิธีการสกัดไขมันออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

การสกัดไขมันออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี โดยใช้วิธีการกวนในเฮกเซน อัตราส่วนระหว่างกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี : เฮกเซน เท่ากับ 1: 4 (w/v) ตามลำดับ เป็นเวลานาน 30 นาที จากนั้นทำให้แห้งโดยวางไว้ใน hood จะได้กากถั่วเหลือง และกากข้าวสาลีที่ไม่มีไขมัน (unfatted soybean meal) ซึ่งนำไปสกัดโปรตีนต่อไป

ตัวอย่าง การคำนวณ การสกัดไขมัน

ยกตัวอย่าง โดยใช้ กากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี : เฮกเซน (w/v) คือ 1: 4 ตามลำดับ

สมมุติ ใช้กากถั่วเหลือง 1 กรัม ต้องใช้ เฮกเซน 4 กรัม หรือ 4 มิลลิลิตร

ถ้าใช้กากถั่วเหลือง 1,000 กรัม ต้องใช้ เฮกเซน $= \frac{4 \times 1{,}000}{1}$

ดังนั้นต้องใช้เฮกเซน = 4,000 มิลลิลิตร

ใช้กากข้าวสาลี 1 กรัม ต้องใช้เฮกเซน : 4 กรัม หรือ 4 มิลลิลิตร

ถ้าใช้กากข้าวสาลี 1,000 กรัม ต้องใช้เฮกเซน $= \frac{4 \times 1{,}000}{1}$

ดังนั้นต้องใช้เฮกเซน = 4,000 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การคำนวณการสกัดโปรตีนออกจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี (ตัวอย่าง) ด้วยน้ำ pH 9.0

จากการวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า ที่อัตราส่วนของตัวอย่าง ต่อ น้ำ pH 9.0 คือ 1 : 20 (w/v) ดีที่สุด นั้นก็ คือ ใช้ตัวอย่าง 1 ส่วน ต่อ น้ำ pH 9.0 20 ส่วน

สมมุติ ต้องการคำนวณตัวอย่าง ต่อ น้ำ pH 9.0 เป็น 2 : 2 : 20 (w/v)

ดังนั้น ถ้าใช้น้ำ pH 9.0 20 มิลลิลิตร ใช้กากถั่วเหลือง เท่ากับ 2 กรัม

และถ้าใช้น้ำ pH 9.0 22 มิลลิลิตร ใช้กากถั่วเหลือง = $\frac{2\times22}{20}$

ดังนั้นต้องใช้กากถั่วเหลือง = 2.2 กรัม

เช่นเดียวกัน

ถ้าใช้น้ำ pH 9.0 20 มิลลิลิตร ใช้กากข้าวสาลี เท่ากับ 1 กรัม

และถ้าใช้น้ำ pH 9.0 21 มิลลิลิตร ใช้กากข้าวสาลี = $\frac{1\times21}{20}$

ดังนั้นต้องใช้กากข้าวสาลี = 1.05 กรัม

ดังนั้น อัตราส่วนของกากถั่วเหลือง : กากข้าวสาลี : น้ำ pH 9.0 เป็น 2.2 : 1.05 : 20

นั่นคือ ชั่ง กากถั่วเหลือง , กากข้าวสาลี , และน้ำ pH 9.0 มาเท่ากับ 2.2 กรัม,1.05 กรัม และ 20 มิลลิกรัม ตามลำดับ

3. การปรับอัตราส่วนของส่วนผสมในการเตรียมฟิล์มที่บริโภคได้จากโปรตีนสกัดกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

3.1 อัตราส่วนปริมาณของแข็ง : ปริมาณของเหลว

การทดลองศึกษาเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งและ ปริมาณของเหลว เป็น100 ส่วน โดยส่วนของแข็ง คือ ปริมาณโปรตีนสกัดได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีและส่วนของเหลว คือ ส่วนของน้ำกลั่น กับ กลีเซอรอล (% ต่อน้ำหนักของส่วนผสม 100 กรัม)

3.2 ตัวอย่างการคำนวณ

ยกตัวอย่าง อัตราส่วนระหว่างของแข็ง : ปริมาณของเหลว เท่ากับ 10 : 90 และปริมาณกลีเซอรอล เท่ากับ 5 % (ต่อน้ำหนักส่วนผสม 100 กรัม)

ส่วนที่เป็นของแข็ง (ปริมาณโปรตีน) = 10 กรัม

ส่วนที่เป็นของเหลว (กลีเซอรอล + น้ำกลั่น) = 90 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลีที่สกัดได้

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนสกัดจากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

ข.1 วิธีการวิเคราะห์โปรตีน โดยวิธีของเคดาล์ (Kjeldahl)

สารเคมี

1. คะตะลิสต์ผสม (โปตัสเซียมซัลเฟตปราศจากน้ำ 100 กรัม , คอปเปอร์ซัลเฟต 7 กรัม)
2. กรดซัลฟูริค เข้มข้น (con. H_2SO_4 , 93 –98 %)
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น ร้อยละ 40
4. สารละลายกรดกำมะถัน (H_2SO_4 0.2 นอร์มัล)
5. สารละลายกรดบอริค
6. indicator ผสมบอริค เข้มข้น ร้อยละ 3

6.1 เตรียม 0.1 % bromocresol green ใน 95 % แอลกอฮอล์ 0.1 % methyl red ใน 95 % แอลกอฮอล์

6.2 ผสม 10 มิลลิลิตร bromocresol green กับ 2 มิลลิลิตร methyl red จะได้สารละลายสีชมพู เมื่อหยดลงใน 3 % boric acid จะให้สารสีชมพูในสภาพที่เป็นด่างจะให้สีฟ้าเขียว คือ ในขณะที่ 3% boric acid จับกับแอมโมเนีย และเมื่อไตเตรทด้วย std. H_2SO_4 จะได้สีชมพู

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง โปรตีนสกัดที่อบแห้งแล้วประมาณ 0.2 – 0.4 กรัม ใส่ใน digestion tube
2. ชั่ง catalyst mixture 10 กรัม ใส่ลงใน digestion tube ที่มีตัวอย่างอยู่แล้ว
3. ใส่ con. H_2SO_4 ใส่ใน digestion tube โดยใส่ tube ละประมาณ 15 – 20 มิลลิลิตร ขึ้นอยู่กับปริมาณตัวอย่างที่ใช้
4. นำไปย่อยบน digestion block ที่เปิดรอไว้ก่อน 15 นาที โดยใช้ฝาครอบดูดไอกรดครอบบนปาก digestion tube แล้วเปิดตัวดูดไอกรด (scrubber) พอประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ย่อยตัวอย่างบนเตาจนได้สารละลายในหลอดใส จึงยกหลอดย่อยออกจากเตาพร้อม ปิดเตาและวางบนที่วาง ให้สารละลายในหลอดเย็นในตู้ดูดไอกรด

6. เมื่อสารละลายในหลอดย่อยเย็น นำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่น โดยจะมีการเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และเติม NaOH 40 % 70 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อย

7. นำ flask ที่บรรจุ 3 % boric acid 70 – 00 มิลลิลิตร กับ mixed indicater 2 –3 หยด ไปต่อกับเครื่องกลั่นโดยให้ปลาย condenser จุ่มลงในสารละลายใน flask เพื่อจับแอมโมเนียที่จะออกมาขณะกลั่นจนได้สารละลายใน flask ประมาณ 150 มิลลิลิตรโดยระยะเวลาในการกลั่นประมาณ 5 นาที

8. นำสารละลายที่ได้ใน flask ไปไตเตรทกับ std H_2SO_4 0.1 N จ นหมดด่าง คือสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู จนปริมาณ std. H_2SO_4 0.1 ที่ใช้ แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีน

การคำนวณ

$$\% \text{ Nitrogen} = \frac{(V_2 - V_1) \times 1.4}{W}$$

N = ความเข้มข้น std. H_2SO_4

V_1 = ปริมาตรของ std. H_2SO_4 ที่ใช้ในการไตเตรท blank

V_2 = ปริมาตรของ std. H_2SO_4 ที่ใช้ในการไตเตรท ตัวอย่าง

W= น้ำหนักตัวอย่าง

$$\% \text{ protein} = \% \text{ nitrogen} \times \text{empirical factor}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและลักษณะทางกายภาพบางประการของฟิล์มที่บริโภคได้ จากโปรตีนสกัดกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

1. ความชื้นของฟิล์มที่บริโภคได้จากโปรตีนสกัดกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

โดยใช้วิธีการของ AOAC methode No. 952.10 (1950 : Chapter 32 หน้า 1) โดยชั่งตัวอย่างฟิล์มที่ได้ประมาณ 2-3 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ลงในภาชนะหาความชื้น (moisture can) แล้วนำไปอบที่ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 130 $\pm$ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator จึงชั่งน้ำหนักไว้และอบต่ออีกประมาณ 10 - 15 นาที ทำเช่นนี้จนได้น้ำหนักคงที่ และคำนวณหาปริมาณความชื้น (%) จากน้ำหนักที่หายไประหว่างการอบดังนี้

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักที่หายไป} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

2. ความหนาของแผ่นฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี (thickness)

อุปกรณ์ : mirometer (ใช้สำหรับวัดความหนาของฟิล์ม)

วิธีการ : นำแผ่นฟิล์มมาวัดความหนาโดยใช้ micrometer โดยวัดหลาย ๆ จุด อย่างน้อยประมาณ 5จุด แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยความหนาของแผ่นฟิล์ม

3. การทดสอบความต้านทานการซึมผ่านน้ำมัน (grease and oil resistance) ดัดแปลงจากวิธี TAPPI-T 454 (1989 : 112)

อุปกรณ์ : แผ่นแก้วหรือแผ่นพลาสติก, แผ่นรองรับ, นาฬิกาจับเวลา, แผ่นฟิล์มขนาด 2X2 ตารางนิ้ว, ปิเปต ขนาด 1 มิลลิลิตร, น้ำมันข้าวโพด (กรองผ่านกระดาษกรองเก็บไว้ในภาชนะที่สะอาด)

วิธีการ : ตัดแผ่นฟิล์ม วางแผ่นฟิล์มบนแผ่นแก้วหรือแผ่นพลาสติก หยดน้ำมันประมาณ 2 มิลลิลิตรลงบนแผ่นฟิล์ม สังเกตและจับเวลา ดูการเปลี่ยนแปลงของแผ่นฟิล์มจนกว่าจะอิ่มตัว และจนกระทั่งน้ำมันทะลุผ่านแผ่นฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ : คิดเวลาที่น้ำมันซึมผ่านแผ่นฟิล์ม (นาที หรือชั่วโมง) จะได้ค่าความต้านทานน้ำมันของแผ่นฟิล์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ ง.1 วิเคราะห์ร้อยละปริมาณโปรตีนสกัดได้จากกากถั่วเหลือง และกากข้าวสาลี

Rep. or block	กากถั่วเหลือง : กากข้าวสาลี : น้ำ pH 9.0 โดย (w/v)	ร้อยละของปริมาณโปรตีน 1	2	ผลรวม
1	0 : 1 : 2	48.42	48.35	96.77
2	1 : 0 : 20	63.28	26.86	126.14
3	1 :1 : 20	67.66	67.31	134.97
4	1.5 : 1 : 20	72.03	71.76	143.79
5	1.5 : 1.5 : 20	74.32	73.99	148.31
6	2 : 1 : 20	76.41	76.21	152.62
7	2 : 2 : 20	80.78	80.65	161.28
ผลรวม		482.90	481.13	963.88
ค่าเฉลี่ย		68.99	68.73	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง. 2 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance)

Source of Variation (SOV)	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	t-1	(SST) $(T_1^2 + T_2^2 + \ldots + T_t^2) / r - CF$	(MST) $SST / (t-1)$	MST / MSE
Rep or block	t-1	(SSR) $(R_1^2 + R_2^2 + \ldots + R_r^2) / t - CF$	(MSR) $SSR / (r-1)$	MSR / MSE
Error	$(t-1)(r-1)$	(SSE) Total SS – SST - SSR	(MSE) $SSE / (t-1)(r-1)$	
Total	t. r - 1	Total SS = $\sum (Y_{ij}^2) - CF$		
		$CF = (\sum Y_{ij})^2 / tr$		

SOV = source of variation = แหล่งความแปรปรวน

df = degree of freedom = องศาของความเป็นอิสระ

SS = sum of squares = ผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ย

MS = mean squares = SS/df = ผลเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย

t = number of treatment

r = number of replication

CF = Correction factor = ตัวปรับค่าสำหรับผลรวมกำลังสองของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณค่า analysis of variance การวิเคราะห์ร้อยละปริมาณโปรตีนสกัดได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

กำหนดให้ $t = 2,\ r = 7$

1. การคำนวณหา CF (Correction Factor)

$$\frac{(\text{Total})^2}{(\text{จำนวนคำตอบทั้งหมด})}$$

$= (963.88)^2 / (7 \times 2)$

$= 929,064.65 / 14$

$= 66,361.76$

2. Total SS $= \sum(Y_{ij}^2) - CF$

$= (48.42^2 + 48.35^2 + \ldots + 80.78^2 + 80.65^2) - 66,361.76$

$= 67,758.55 - 66,361.76$

$= 1,396.79$

3. Sum of Square Treatment

$SST = (T_1^2 + T_2^2 + \ldots T_t^2) / r - CF$

$= (482.90^2 + 481.13^2) / 7 - 66,316.76$

$= 4\ 64,678.48 / 7 - 66,316.76$

$= 66,382.64 - 66,361.76$

$= 20.88$

4. Sum of Square Rep or Block

$SSR = (R_1^2 + R_2^2 + \ldots + R_r^2) / t - CF$

$= (96.77^2 + 126.14^2 + \ldots + 161.28^2) / 2 - 66,361.76$

$= 135,468.04 / 2 - 66,361.75$

$= 67,734.02 - 66,361.76$

$= 1,372.26$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Sum of Square Error

SSE = Total SS – SST - SSR

= 1 ,396.79 - 20.88 - 1,372.26

= 3.65

6. Mean Square Treatment

MST = SST / (t – 1)

=20.88 / (2 -1)

=20.88 / 1

=20.88

7. Mean Square Rep or Block ,= MSR = SSR/ (r - 1)

=1,372.26 / (7-1)

=1,372.26 /6

=228.71

8. Mean Square Error,= MSE = SSE / (t - 1)(r - 1)

=3.65 / (2 - 1)(7 - 1)

=3.65 / 1×6

=0.61

F= MST / MSE = 20.88 / 0.61 = 34.23

F= MSR / MSE = 228.71 / 0.61 = 374.93

F_{table} = F1,6 ($\propto$ = 0.05)=5.99

= F1,6 ($\propto$= 0.01) = 13.74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ร้อยละปริมาณโปรตีนสกัดที่ได้จากกากถั่วเหลืองและกากข้าวสาลี

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	6	20.88	20.88	34.23**
Rep or Block	1	1,372.26	228.71	374.93**
Error	6	3.65	0.61	
Total	13	1,396.79		
		CF = 66,361.76		

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้