

การศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว

A STUDY OF MUNGBEAN PROTEIN ISOLATED BASED
EDIBLE FILM PRODUCTION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2540

ISBN 974-621-820-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว

A STUDY OF MUNGBEAN PROTEIN ISOLATED BASED EDIBLE
FILM PRODUCTION



นางสาวชญานภรณ์ สิริเลิศ
MISS TUNYAPORN SIRILERT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2540

ISBN 974-621-820-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน... 28928

วัน, เดือน, ปี 11 พ.ย. 2540

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A STUDY OF MUNGBEAN PROTEIN ISOLATED BASED EDIBLE
FILM PRODUCTION**



TUNYAPORN SIRILERT

**THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
MASTER OF SCIENCE (FOOD SCIENCE)**

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1997

ISBN 974-621-820-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์




หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว
A STUDY OF MUNGBEAN PROTEIN ISOLATE BASED
EDIBLE FILM PRODUCTION

ชื่อนักศึกษา นางสาวชญญาภรณ์ ศิริเลิศ รหัสประจำตัว 37065101

หลักสูตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร

ภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร. วุฒิชัย	นาครักษา	
ผศ.ดร. ระติพร	หาเรือนกิจ	
ดร. ยุพร	จรรยาแก้วกุล	

ค่าระดับคะแนนที่เป็นเอกฉันท์จากคณะกรรมการสอบ **GOOD**

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 14 มกราคม 2540 เวลา 9.30 - 12.30 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ห้องประชุมคณะกรรมการประจำคณะวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร. มนต์ สังวรศิลป์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 28 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2540

หมายเหตุ การวัดผลวิทยานิพนธ์ให้ใช้ค่าระดับคะแนนดังนี้

ค่าระดับคะแนน	ผลการศึกษา
O	Outstanding (ดีเยี่ยม)
G	Good (ดี)
P	Pass (ผ่าน)
F	Fail (ไม่ผ่าน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว
นักศึกษา	นางสาวธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
ภาควิชา	อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.	2540

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว ที่แยกโปรตีนได้โดยใช้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 นอร์มอล ปรับ pH 4.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอล ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพในการแยกสกัดโปรตีนออกจากถั่วเขียว 90 % ประสิทธิภาพในการตกตะกอนโปรตีนออกจากสารละลายได้ 84.88 %

ปัจจัยในการศึกษากระบวนการผลิตฟิล์มมี 2 ปัจจัย ดังนี้ คือ ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง (30 : 70 , 20 : 80 และ 10 : 90) และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน (0.05 : 1 , 0.10 : 1 และ 0.15 : 1) โดยใช้ความเข้มข้นของกลีเซอรอลคงที่ที่ 10 % ผสมด้วยความเร็ว 180 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 40 นาที นำมาเกลี่ยลงบนแผ่นกระจกและ บดโดยใช้ลูกกลิ้งให้เป็นแผ่นฟิล์ม แล้วจึงนำฟิล์มที่ได้มาอบแห้งฟิล์มที่อุณหภูมิ 60 °C เวลา 4 ชั่วโมง จะได้แผ่นฟิล์มบางสีเหลืองอ่อน

ฟิล์มที่ได้จะทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี คือ ความชื้น , ความหนา , อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ , ความต้านทานแรงดึงขาด , แรงยึดตัว และดัชนีการละลายน้ำ พบว่า ฟิล์มที่ผลิตได้จากอัตราส่วนของปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็งของเหลว (10 : 90) และ ปริมาณ

คาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน (0.15 : 1) โดยมีความชื้น 22.554 ± 0.532 เปอร์เซ็นต์ ,ความหนา 0.2600 ± 0.033 มิลลิเมตร ซึ่งจะให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำสุด เท่ากับ 4.750 ± 0.871 กรัม / ตารางเมตร/ วัน ในขณะที่มีค่าความต้านทานแรงดึงขาดสูงสุด เท่ากับ 1.3280 ± 0.118 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร ในขณะที่ฟิล์มที่ผลิตได้จากอัตราส่วนของปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็งที่ระดับ 30 : 70 และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน (0.05 : 1) ให้ค่าการละลายน้ำได้ต่ำสุด เท่ากับ 25.930 ± 0.968 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาปัจจัยในการผลิตที่มีผลต่อคุณสมบัติของฟิล์ม พบว่า ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง เพิ่มขึ้น มีผลให้ความต้านทานแรงดึงขาดลดลง ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน เพิ่มขึ้น ความต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สำหรับความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน เพิ่มสูงขึ้นมีผลต่อความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง



Thesis Title A study of mungbean protein isolated based edible film production
Student Miss Tunyaporn Sirilert
Thesis Advisor Assoc.Prof. Dr. Woatthichai Narkrugsa
Level of Study Master of Science (Food Science)
Department Agro-Industry Department, Faculty of Agricultural Technology
King Mongkut's institute of Technology Ladkrabang
Year 1997

ABSTRACT

A study of edible film production from mungbean. The protein was extraction by 0.1 N sodium carbonate and isolated by acid precipitation at pH 4.5 with 0.1 N HCL. The extraction efficiency of protein from mungbean was about 90 % and the precipitation efficiency was 84.88 %

There were two factors in the film production study ; liquid : solid (30 : 70 , 20 : 80 and 10 : 90) and carbohydrate : protein (0.05 : 1 , 0.10 : 1 and 0.15 : 1). In the process , the glycerol concentration 10 % was constant and mixed to the mixture in vessel with mixer at the speed 180 rpm. at 80 °C , 40 min. Then the mixture was coating on a mirror and pressed by roller. Film was dried in hot air oven at 60 °C for 4 hours. The film was translucent and yellowish color.

Flim properties such as moisture , thickness , water vapor transmission rate (WVTR) tensile strehgh (TS) , elongation (E) and water solubility index. (WSI) were studied.

The result showed that the film composed of liquid : solid (10 : 90) and carbohydrate : protein (0.15 : 1) had moisture ($22.554 \pm 0.532 \%$), thickness ($0.1591 \pm 0.033 \text{ mm.}$), the lowest WVTR ($4.750 \pm 0.871 \text{ g./m}^2/\text{day}$) and the highest TS ($1.3280 \pm 0.118 \text{ kg/cm}^2$) where as the film composed of liquid : solid (30 : 70) and carbohydrate : protein (0.05 : 1) had the lowest WSI ($25.930 \pm 0.968 \%$).

The effect of the production factor on some of film properties were studied. The result showed that the decreasing of liquid : solid was increased TS while the increasing of carbohydrate : protein was increase with highly significant. For WVTR of the film increasing of carbohydrate : protein only effected with highly significant.



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย นาครักษา ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ตลอดจนได้ให้คำแนะนำแนวทาง และข้อคิดเห็นต่างๆ แก่ข้าพเจ้าตลอดมา ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาของการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้ามีโอกาสรบความสำเร็จ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ของศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย และ เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ของภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์งานวิจัยครั้งนี้ และรวมถึงพี่ๆ น้องๆ ปริญญาโท ที่ได้ร่วมงานช่วยเหลืองานวิจัยและให้ความปรารถนาดีเสมอมา ทุกคน

สุดท้ายนี้ขอรำลึกถึงพระคุณบิดา มารดา ที่ท่านได้ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่	
1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
วัตถุประสงค์.....	3
ฟิล์มที่รับประทานได้.....	5
หน้าที่ของฟิล์มที่รับประทานได้.....	5
คุณสมบัติและองค์ประกอบของฟิล์มที่รับประทานได้.....	6
กลไกการเกิดฟิล์ม.....	19
วิธีการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม.....	20
3. อุปกรณ์และวิธีการ.....	21
วัตถุประสงค์.....	21
อุปกรณ์ในการผลิตและวิเคราะห์.....	21
สารเคมีที่สำคัญ.....	22
สถานที่ทดลอง.....	22
วิธีการ.....	23
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุคิบ.....	23
การเตรียม โปรตีนสกัดจากถั่วเขียว.....	25
หาวิธีการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว พร้อมสูตรที่เหมาะสม.....	28

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ศึกษาคูณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีบางประการของฟิล์มที่รับประทานได้ จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวจากสูตรที่เหมาะสม.....	30
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ.....	39
4. ผลการทดลองและวิจารณ์.....	40
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ.....	40
การเตรียม โปรตีนสกัดจากถั่วเขียว.....	41
หาวิธีการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จาก โปรตีนสกัดถั่วเขียว พร้อมสูตรที่เหมาะสม.....	43
ศึกษาคูณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีบางประการของฟิล์มที่รับประทานได้ จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวจากสูตรที่เหมาะสม.....	46
5. สรุปผลการทดลอง.....	66
ข้อเสนอแนะ.....	68
บรรณานุกรม.....	69
ภาคผนวก.....	77
ก. การศึกษาเบื้องต้นในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้ จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	78
ข. การปรับอัตราส่วนของส่วนผสมในการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้ จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	84
ค. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการสกัดและการละลาย ของโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	86
ง. ข้อมูลการทดลอง.....	88
จ. การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	99
ประวัติผู้เขียน.....	100

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. คุณสมบัติของฟิล์มที่รับประทานได้.....	7
2. องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว.....	40
3. ปริมาณความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	47
4. ความหนาของฟิล์มที่รับประทานได้จาก โปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	50
5. อัตราการซึมผ่านของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	54
6. ความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	58
7. แรงยึดตัวของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	61
8. คัดชนีการละลายน้ำของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	64
ตารางผนวกที่	
9. ข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว.....	86
10. ข้อมูลการวิเคราะห์ทางฟิสิกส์และเคมีของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	87
11. การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณระหว่าง WVTR กับ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน	89
12. การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณระหว่าง Tensile strength กับ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน.....	91
13. การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณระหว่าง Elongation กับ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน	93
14. การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณระหว่าง WSI กับ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน	95
15. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	97

สารบัญภาพ

	หน้า
1. แผนผังการสกัดโปรตีนจากถั่วเขียว.....	27
2. การเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จาก โปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	29
3. แสดงเครื่องวัดความหนาของแผ่นฟิล์ม.....	31
4. แสดงการวัดความต้านทานน้ำมัน.....	32
5. แสดงการวัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ.....	34
6. แสดงการวัดแรงดึงขาดและแรงยึดตัว.....	36
7. แสดงเครื่องตัดแผ่นฟิล์ม.....	37
8. แสดง โปรตีนสกัดจากถั่วเขียว.....	42
9. แสดงฟิล์มที่รับประทานได้จาก โปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	45
10. แสดงปริมาณความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จาก โปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	48
11. แสดงความหนาของฟิล์มที่รับประทานได้จาก โปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	51
12. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณ คาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ต่อการซึมผ่านของไอน้ำ ของฟิล์มที่รับประทาน ได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	55
13. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณ คาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ต่อ ความต้านทานแรงดึงขาด ของฟิล์มที่รับประ ทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	59
14. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณ คาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ต่อ แรงยึดตัว ของฟิล์มที่รับประทานได้จาก โปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	62
15. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณ คาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ต่อ คณิตการละลายน้ำ ของฟิล์มที่รับประทาน ได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว.....	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
16. แสดงโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวเปรียบเทียบกับถั่วเขียวทั้งเมล็ดและ ผ่านการกระเทาะเปลือก.....	80
17. แสดงการศึกษาเบื้องต้น ระหว่างอัตราส่วนปริมาณของเหลว : ปริมาณ ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน.....	81
18. แสดงการศึกษาเบื้องต้นของความเร็วรอบที่ใช้ในการผสมส่วนผสมของ เครื่อง RW 20 IKA-WEAK (ถั่วเขียวกระเทาะเปลือก).....	82
19. แสดงการศึกษาเบื้องต้นของความเร็วรอบที่ใช้ในการผสมส่วนผสมของ เครื่อง RW 20 IKA-WEAK (ถั่วเขียวทั้งเมล็ด).....	83

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมในปัจจุบัน มีการใช้ภาชนะบรรจุที่แตกต่างกัน เนื่องจากคุณสมบัติที่เหมาะสมตามความต้องการของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ภาชนะบรรจุจากโฟม , พลาสติก และวัสดุธรรมชาติ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นหลังจากการใช้ภาชนะดังกล่าว ซึ่งทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ ที่เป็นปัญหาสำคัญของประเทศที่กำลังประสบอยู่

ฟิล์มที่รับประทานได้เป็นวัสดุที่ใช้ห่อหุ้ม (Wrap) อาหารโดยสัมผัสกับอาหารโดยตรงและยังสามารถรับประทานได้ ซึ่งจะช่วยชะลอการเสื่อมเสียของอาหาร การออกซิเดชัน (Oxidation) และ การหายใจ ทั้งยังช่วยป้องกันอาหารจากสิ่งแวดล้อมที่จะมีผลทำให้คุณภาพของอาหารลดลงหรือด้อยลงอีกแนวทางหนึ่งด้วย (มณฑาทิพย์ , 2535 : 1-7)

ฟิล์มที่รับประทานได้นั้นผลิตขึ้นจากวัสดุตามธรรมชาติ สามารถที่จะย่อยสลายได้ง่าย การเลือกใช้วัตถุดิบที่นำมาผลิตให้เหมาะสมจะทำให้ได้ฟิล์มที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ ถั่วเขียวเป็นผลิตผลทางการเกษตรของประเทศไทยชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางด้าน โปรตีน และ ไขมันค่อนข้างสูง

จากเหตุผลข้างต้นการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะในส่วนของภาชนะบรรจุในปัจจุบันให้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จาก โปรตีนสกัดจากถั่วเขียว ได้วางแผนการดำเนินงานทดลองไว้ 4 ขั้นตอน คือ

1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ
2. เตรียม โปรตีนสกัดจากถั่วเขียวคัดแปลงจาก วุฒิชัย (2526 : 26)
3. หาวิธีการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนถั่วเขียว พร้อมสูตรที่เหมาะสม
4. ศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีบางประการของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวจากสูตรที่เหมาะสม

เพื่อให้ได้ผลตามวัตถุประสงค์ดังนี้คือ



1. เพื่อศึกษาถึงความจำเป็นไปใช้ในการผลิตผู้รับทราบไปจากประเทศต่าง ๆ
2. เพื่อศึกษาถึงขั้นตอนการผลิตผู้รับทราบไปจากต่างประเทศ
3. เพื่อศึกษาถึงแนวทางผลิตและผู้ผลิตและผู้ผลิต

วัตถุประสงค์

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1 วัตถุประสงค์ถั่วเขียว

ถั่วเขียวเป็นพืชที่นักพฤกษศาสตร์จัดอยู่ในตระกูล Leguminosae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Vigna radiata* (L) Wilzek., *Phaseolus aureus* Roxb., หรือ *Phaseolus radiatus* L., (Daisy, 1979 : 207)

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว พบว่าถั่วเขียวมีปริมาณของโปรตีนอยู่ในเกณฑ์ที่สูง โดยอยู่ระหว่าง 20-31.2 % (สมชาย, 2523 : 27 ; Aykroyd and Doughty, 1964 : 19 ; AVRDC, 1975 : 111.)

1.1 การสกัดโปรตีนจากถั่วเขียว

Thompson et, al. (1977 : 202-206.) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนออกจากแป้งถั่วเขียวที่บดแบบบดแห้ง พบว่าการสกัดโดยใช้สารละลายที่มี pH 9 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 นอร์มอล ในอัตราส่วนแป้งถั่วเขียวต่อสารละลายเท่ากับ 1 ต่อ 15 สกัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาทีจะให้ผลดีที่สุด และเมื่อตกตะกอนโปรตีนออกจากสารละลาย โดยการปรับ pH ให้เป็น 4 ด้วยกรดเกลือเข้มข้น 1 นอร์มอล จะได้โปรตีนสกัดที่มีความบริสุทธิ์ ถึง 92 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักแห้ง) ส่วน Shehata และ Thannoun (1981 : 53-57) ศึกษาถึงผลของการสกัดโปรตีนออกจากถั่วเขียวที่ปลูกในประเทศอียิปต์ที่บดแบบบดแห้งโดยใช้สารละลายเกลือ 7 ชนิด ในปริมาณความเข้มข้นต่างกัน พบว่าโปรตีนละลายในสารละลายที่ใช้ตัวทำละลายเป็นเกลือโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ได้ดีที่สุดคือ 87.58 เปอร์เซ็นต์ (ในโตรเจน) รองลงมาเป็นเกลือโซเดียมซัลไฟด์เข้มข้น 0.025 นอร์มอลได้ 82.22 เปอร์เซ็นต์ (ในโตรเจน) เกลือแกงเข้มข้น 0.5 นอร์มอล ได้ 78.78 เปอร์เซ็นต์

(ในโตรเจน) เกลือโซเดียมออกซาเลตเข้มข้น 0.25 นอร์มัลได้ 78.40 เปอร์เซ็นต์ (ในโตรเจน) เกลือโซเดียมอะซิเตตเข้มข้น 0.010 นอร์มอลได้ 74.95 เปอร์เซ็นต์ (ในโตรเจน) และเกลือโคโซเดียมเอทิลีนไดอามีนเตตระอะซิเตตเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ 74.80 เปอร์เซ็นต์ (ในโตรเจน) และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กากถั่วเป็นสารละลายสามารถสกัดได้ 79.00 เปอร์เซ็นต์ (ในโตรเจน) ซึ่งดีกว่าสารละลายเกลือสี่ชนิดหลังที่กล่าวแล้ว นอกจากนี้ยังได้รายงานถึงผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ว่าเวลา 25 นาทีจะให้ผลในการสกัดดีที่สุดคือ ได้ 79.54 เปอร์เซ็นต์ (ในโตรเจน) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เวลา 5 นาทีซึ่งสกัดได้ 77.25 เปอร์เซ็นต์ (ในโตรเจน) แต่ถ้าสกัดนานกว่า 25 นาที ผลการสกัดที่ได้กลับลดลง

ในการสกัดโปรตีนออกจากแป้งถั่วเขียว ตามวิธีของ Coffmann และ Garcia (1977 : 473-484.) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งถั่วเขียวต่อตัวทำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.001 นอร์มัล เท่ากับ 1 ต่อ 20 แล้วกวนทุก 15 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงนำของผสมมาเข้าเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็ว 700 X g เป็นเวลา 30 นาที นำส่วนที่เป็นโปรตีนซึ่งละลายอยู่ในสารละลายที่แยกได้นั้นมาตกตะกอนโดยการปรับพีเอช (pH) ให้เท่ากับ 4.4 - 4.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.5 นอร์มอล แล้วแยกโปรตีนที่ตกตะกอนนั้นได้จากการเหวี่ยงด้วยความเร็ว 700 X g เป็นเวลา 30 นาที และล้างตะกอนโปรตีน 3 ครั้ง ด้วยสารละลายกรด pH 4.5 นำตะกอนโปรตีนที่ได้มาละลาย (disperse) ในน้ำกลั่นแล้วปรับ pH ให้เป็น 6.8-7.0 ด้วยตัวทำละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 นอร์มอล ทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งภายใต้สถานะเยือกแข็ง (freeze dry) ได้เป็นโปรตีนสกัดจากแป้งถั่วเขียว

ส่วน Sathe และ Salunkhe (1981 b : 617-621.) ซึ่งศึกษาวิธีการสกัดโปรตีนออกจากแป้งถั่ว Great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) โดยใช้สารละลายเกลือโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สกัดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการเหวี่ยงสารผสมที่ได้ด้วยเครื่องเหวี่ยงความเร็ว 10,000 X g เวลา 30 นาที แยกส่วนที่ตกตะกอนออกไป นำส่วนสารละลายมาทำโคโอสไลซิส (Dialysis) ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แทนการตกตะกอนโปรตีนออกจากสารละลาย แล้วจึงนำไประเหยน้ำให้แห้งด้วยความเย็นจุดเยือกแข็ง (Freeze dehydrate) ได้เป็น โปรตีนเข้มข้น (Protein concentrate) หรือถ้าต้องการโปรตีนสกัด (Protein isolate) ก็ต้องนำส่วนสารละลายไปเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกให้ได้โปรตีนในสารละลายบริสุทธิ์มากขึ้นก่อนนำไปทำแห้ง เช่นเดียวกับโปรตีนเข้มข้น

2 फिल्मที่รับประทานได้

ฟิล์มที่รับประทานได้ หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่ใช้ห่อหุ้มอาหาร โดยสัมผัสสนิทกับผิวอาหารโดยตรง สามารถรับประทานได้ ทำหน้าที่เป็นภาชนะบรรจุอาหาร ช่วยชะลอการเสื่อมเสียของอาหารจากปฏิกิริยาต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจัดอยู่ในประเภทภาชนะบรรจุชนิดอ่อนตัวที่ส่วนใหญ่ใช้ในรูปแบบฟิล์มเคลือบ (Coated Film) หรือฟิล์มประกบ (Laminated Film) เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพคล้ายกันคือ มีลักษณะเป็นวัสดุบางมีความอ่อนตัว และมีความยืดหยุ่นสามารถย่อยสลายได้ง่าย

2.1 หน้าที่หลักของฟิล์มที่รับประทานได้

1) เป็นส่วนที่ช่วยป้องกันอาหาร (food protection) ซึ่งจะมีคุณภาพป้องกันการซึมผ่านของสาร (mass transfer barrier) เช่น ด้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ ด้านทานการซึมผ่านของตัวทำละลาย และด้านทานต่อแรงเชิงกลที่มากกระทบ ได้มีการศึกษาพบว่าคุณสมบัติในการด้านทานต่อไอน้ำ, ตัวถูกละลาย และแรงเชิงกลของฟิล์มนั้นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมโดยรอบ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ โดยทั่วไปจะพบว่าฟิล์มจะมีคุณสมบัติยอมให้น้ำซึมผ่านได้เพิ่มมากขึ้นอย่างมากในสภาวะที่มีความชื้นสูง

2) เป็นส่วนช่วยชะลอการเสื่อมเสียของอาหาร (food preservation) จากปฏิกิริยาต่างๆ เช่น จากการออกซิเดชัน การหายใจ ซึ่งฟิล์มควรจะมีคุณสมบัติในการด้านทานการซึมผ่านของก๊าซได้ ซึ่งโปรตีนและโพลีแซคคาไรด์ มีคุณสมบัติด้าน ทานการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดี เนื่องจาก โครงสร้างของโมเลกุลมีลักษณะที่อัดกันแน่นจากพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond net work structure) ละลายได้ต่ำ (Gontard et. al , 1993 : 212-214. ; Gemnadios et. al , 1993 : 206-211.)

2.2 คุณสมบัติและองค์ประกอบของฟิล์มที่รับประทานได้

ฟิล์มที่รับประทานช่วยปกป้องคุ้มครองอาหารและช่วยชะลอการเสื่อมเสียของอาหารได้ดีฟิล์มที่ดีต้องมีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้ คือ มีความบาง เรียบ โปร่งใส มีคุณสมบัติเชิงกล (mechanical properties) ในด้านความยืดหยุ่น (elasticity) การต้านทานแรงยืดตัว (elongation) ความทนทานต่อการพับ (folding resistant) การต้านทานแรงดึงขาด (tensile-strength) สูง สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ ไอน้ำ ไขมัน และตัวถูกละลาย (solute) ได้ดี

ข้อดีของฟิล์มที่รับประทานได้เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มพลาสติก คือ

- 1) บริเวณฟิล์มได้พร้อมกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ ทำให้ปัญหาในเรื่องขยะลดลง เนื่องจากการใช้ฟิล์มพลาสติกลดลง
- 2) ฟิล์มที่ทิ้งไปสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เป็นการช่วยลดปัญหามลพิษ
- 3) เพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากฟิล์มที่รับประทานได้ช่วยเก็บรักษาสารประกอบที่ให้กลิ่นรส และความหวาน เป็นต้น
- 4) เสริมคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะฟิล์มที่ทำจากโปรตีน
- 5) ใช้หุ้มผลิตภัณฑ์อาหารโดยแยกออกเป็นแต่ละชั้นได้ และใช้เป็นแผ่นกั้นระหว่างอาหาร ที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ เนื่องจากการถ่ายเทความชื้นและไขมันในเนื้ออาหารที่แตกต่างกัน
- 6) ทำหน้าที่เก็บสารป้องกันจุลินทรีย์ และสารกันหืน ทั้งยังควบคุมอัตราการซึมของสารกันเสียจากฟิล์มเข้าสู่เนื้ออาหาร
- 7) สามารถทำฟิล์มให้เป็นเม็ดแคปซูล เพื่อควบคุมการเติมสารที่ใส่ในอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ
- 8) สามารถใช้ร่วมกับฟิล์มพลาสติก โดยให้ฟิล์มที่รับประทานได้สัมผัสกับอาหารโดยตรง

สำหรับคุณสมบัติของฟิล์มที่รับประทานได้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1
คุณสมบัติของฟิล์มที่รับประทานได้

Retards moisture migration
Retards gas transport (O₂ , CO₂)
Retards oil and fat migration
Improves mechanical-handling properties of foods
Impart added structural integrity to foods
Retains volatile flavor compounds
Carries food additives

ที่มา : Guilbert (1986 : 19)

เพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีคุณภาพดังกล่าว ดังนั้นการเตรียมฟิล์มต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ

2 ส่วน คือ

- ก. ส่วนโพลิเมอร์ (polymer)
 - ข. พลาสติไซเซอร์ (plasticizer)
- (Mchugh และ Krochta ,1994 : 97-103.)

2.2.1. ส่วนของโพลิเมอร์ จะทำหน้าที่เป็นส่วนทำให้เกิดโครงสร้าง (structure) ของฟิล์มโดยทั่วไป ฟิล์มเกิดขึ้นจากสารประกอบที่เป็นโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และมีโครงสร้างเป็นเส้นตรงยาว โพลิเมอร์ที่สามารถทำให้เกิดฟิล์มได้ดี ได้แก่ โปรตีน (protein) โพลีแซคคาไรด์ (polysacharide) และไขมัน (Fat)

2.2.1.1 โพลีแซคคาไรด์ (polysacharide) โพลิเมอร์ในส่วนนี้ฟิล์มจะมีคุณสมบัติในการรวมตัวกับน้ำ ไม่เหมาะที่จะกั้นการซึมผ่านของความชื้น แต่สามารถที่จะป้องกันกั้นการซึมผ่านของไขมันได้ดี และออกซิเจนซึมผ่านได้ดี

1) สตาร์ช (starch) พบมากในธัญพืช และพืชหัว เช่น มันฝรั่ง มันเทศ ฯลฯ มีสูตรโครงสร้างประกอบด้วย อะไมโลส และ อะไมโลเพคติน อะไมโลสเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส เรียงต่อกัน ด้วยพันธะ α -1,4 glycosidic linkage จำนวน 500-2000 หน่วย ส่วนอะไมโลเพคติน โครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส เรียงต่อกันเป็นกิ่งก้านสาขา โดยเชื่อมต่อกันด้วย พันธะ α -1,4 glycosidic linkage และ α -1,6 glycosidic linkage. อรอนงค์ (2532 : 127-129.) ลักษณะโมเลกุล จากสตาร์ชมีคุณสมบัติเด่น คือ สามารถเกิดเป็นแผ่นฟิล์ม ได้ด้วยตนเอง (self supporting film) ตามปกติแล้วสตาร์ช ที่มีอะไมโลสเป็นส่วนประกอบอยู่สูงจะให้ฟิล์มที่เหนียว และสตาร์ชที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะให้ฟิล์มที่มีความแข็งแรงมากกว่าสตาร์ชที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

ศิวพร (2529 : 168) ยังกล่าวว่าฟิล์มจากสตาร์ชยังสามารถป้องกันการซึมผ่านของไขมัน และน้ำมันได้ด้วย ดังที่มีการใช้สตาร์ชและสตาร์ชดัดแปรในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน เพื่อป้องกันการซึมผ่านของไขมัน และ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความกรอบและความคงตัวดีขึ้น

2) อัลจิเนต (alginates) เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่สกัดจาก สาหร่ายสีน้ำตาล ซึ่งอยู่ใน class phaeophyceae โดยเฉพาะสกุล *Mycrocystes pyritera* สูตรโครงสร้างของอัลจิเนต ประกอบด้วย D-manopylanosyluronic acid (M) และ L-glucoopylanosyluronic acid (G) โดยอัตราส่วน M/G จะแตกต่างกันตามแหล่งที่มาของอัลจิเนต ลักษณะโมเลกุลเป็นโคโพลิเมอร์ (Copolymer) ของ Poly M section ต่อด้วย Poly G section มีลักษณะเป็นเส้นตรง (linear - chain) Whistle และ Danie (1990 : 408-414.)

ฟิล์มชนิดนี้นิยมใช้ในรูปของโซเดียมแอลจิเนต การเกิดฟิล์มชนิดนี้เป็นผลมาจากเจล เมื่อแอลจิเนตทำปฏิกิริยากับ polyvalent action แคลเซียมเป็นไอออนที่ทำให้เกิดเจลที่มีประสิทธิภาพสูงสุด มักใช้รูปเกลือแคลเซียมคลอไรด์ เพราะทำให้เกิดเจลเนื้อแน่น คุณภาพดี Zecher และ Coillie (1992 : 40-48.) พบว่าการเคลือบด้วยฟิล์มแอลจิเนต ส่วนใหญ่นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ เช่น ชิ้นส่วนเนื้อวัว , เนื้อหมู , เนื้อไก่ เพื่อให้มีการสูญเสียไอน้ำน้อยกว่าชิ้นเนื้อที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ นอกจากนี้ยังสามารถที่จะช่วยรักษาสีด้วยสารละลายหรือเจลของอัลจิเนตเมื่อทำให้ แห้งจะทำให้เกิดฟิล์มขึ้น ฟิล์มนั้นมีคุณสมบัติเด่น คือสามารถลดการสูญเสียไอน้ำของผลิตภัณฑ์ได้

3) เพกติน (pectin) โดยเป็นกลุ่มสารประกอบเชิงซ้อนของโพลีแซคคาไรด์ พบในชั้นของลามลลา (lamella) ส่วนกลางของพืช จัดเป็น pectinic acid ชนิดละลายน้ำได้ซึ่งประกอบด้วย D-galacturonic acid polymer เป็นส่วนใหญ่ และ methyl esterification ใน

ปริมาณไม่แน่นอน เพ็คตินที่มีเมททอกซิลต่ำ (low methoxyl) ซึ่งจะทำให้เกิดเจลได้ในช่วง pH ที่กว้างกว่าเพ็คตินที่มีกลุ่มเมททอกซิลสูง โดยมากจะใช้เมททอกซิลต่ำในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้ ซึ่งทำให้เกิดเจลโดยสารละลายจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออน คือ เกิดการเชื่อมข้ามกับ free carboxyl group รวมทั้งโมเลกุลโพลีเมอร์ที่อยู่ใกล้ๆ โดยสายโพลีเมอร์จะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจนและเมื่อทำแห้งเจลโดยการระเหยน้ำออก (Evaporation) จะเกิดเป็นฟิล์มเพ็คตินเนต ซึ่งฟิล์มนี้มักจะเคลือบบนผิวอาหารโดยตรงและเนื่องจากฟิล์มชนิดนี้ยอมให้น้ำซึมผ่านได้สูง ดังนั้นต้องทำให้ฟิล์มยอมการซึมผ่านของไอน้ำลดลง โดยการเคลือบฟิล์มลิปิด (lipid film) ทับบนฟิล์มเพ็คตินเนตก่อนเพื่อให้ฟิล์มแห้ง จึงจะทำให้ฟิล์มสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้กว้างขึ้น ประโยชน์ของฟิล์มเพ็คตินเนตส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมอาหาร นิยมใช้ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บรักษาอาหาร (sacrificing agent) ป้องกันอาหารที่ห่อหุ้มมิให้สูญเสีย

4) คาราจีแนน (carrageenan) เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากสาหร่ายสีเขียวแกมแดง (Irismoss) *Chondrus crispus* ซึ่งพบที่ชายฝั่งประเทศ อังกฤษ สเปน ฝรั่งเศส และไอร์แลนด์ สูตรโครงสร้างเป็นส่วนผสมของ โพลีเมอร์อย่างน้อย 5 แบบคือ kappa, lambda, mu, iota และ nu ที่มีความสำคัญ ในอาหาร คือ kappa และ lambda เมื่อนำสารละลายคาราจีแนนร้อนมาทำให้เย็น จะเกิดเป็นเจลรูปของเกลียวคู่ (double helix structure) และจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นโพลีเมอร์ที่มีโครงตาข่ายสามมิติ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการจีแนนเป็นฟิล์มห่ออาหาร และแคลปซูลบรรจุอาหารปราศจากตะเข็บ คุณสมบัติของฟิล์มการจีแนนคือ เก็บรักษาอาหารสามารถควบคุมการซึมผ่านของน้ำได้ ป้องกันไขมันซึมผ่านได้เป็นอย่างดี และสามารถพิมพ์ได้

5) เมทิลเซลลูโลส (methyl cellulose) และ เมทิลไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส (methyl hydroxypropyl cellulose) ที่เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส ผลิตจากการทำปฏิกิริยาของเซลลูโลสกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ และ เมทิลคลอไรด์, วรรณมา (2528 : 42) คุณสมบัติของฟิล์มที่เตรียมได้ คือมีความต้านทาน หรือ ไม่สามารถดูดซับน้ำมัน มีความใสมาก (high transparency) มีความต้านทานแรงดึงสูง (high tensile strength) เมื่อแห้งมีความต้านทานต่อจุลินทรีย์ ละลายน้ำได้แต่ ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ด้วย

6) ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส (hydroxypropyl cellulose) เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ผลิตจากการทำปฏิกิริยาของ เซลลูโลส กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โพลีติน

ออกไซด์ (propylene oxide) พิล์มที่ได้จะมีคุณสมบัติโดยมีความอ่อนตัวสูง (high flexibility) และสามารถปิดผนึก (seal) ได้ด้วยความร้อน นอกจากนี้ยังเป็นตัวกันการซึมผ่านของไขมันและน้ำมันได้อีกด้วย

7) เด็กซ์ตริน (dextrins) จัดเป็นสารที่ได้จากการแตกตัวของแป้งโดยใช้สารเคมี เอ็นไซม์ หรือการให้ความร้อน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการทำฟิล์ม หรือสารเคลือบผิว ถึงแม้ว่าธรรมชาติของเด็กซ์ตรินจะเป็นพวกที่ชอบรวมตัวกับน้ำ แต่ฟิล์มที่ผลิตได้นี้สามารถป้องกันการซึมผ่านความชื้นได้ดีกว่าฟิล์มจากสตาร์ช 2-3 เท่า และยังสามารถป้องกันการผ่านเข้า-ออกของออกซิเจนได้ และ Kester et.al. (1968: 47-59) ทดลองเคลือบถั่วด้วยสารละลาย 10-DE starch hydrolysate 50% เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ในสภาวะและระยะเวลาในการเก็บที่เหมือนกัน ถั่วที่ได้รับการเคลือบจะมีลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) ที่ดีกว่าที่ไม่ได้เคลือบเลย นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อจุ่มขึ้นแอมป์เปิดสดแผ่นบางลงในสารละลาย 15-DE starch hydrolysate 40% สามารถช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลและช่วยลดการผ่านเข้าออกของออกซิเจนได้อีกด้วย

ปัจจุบันมีการนำฟิล์มจากเด็กซ์ตรินไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมยา โดยใช้เคลือบแคปซูล (capsule) และป้องกันการสูญเสียความชื้นของอาหารหลายชนิด

2.2.1.2 ไขมัน (lipid) พิล์มชนิดนี้มีคุณสมบัติในการกันการซึมผ่านของความชื้นได้จึงสามารถที่จะป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี เช่น พิล์มจาก ไช (wax) และ กรดปาล์มิติก (Palmitic acid) รวมทั้งสารลดแรงตึงผิว เป็นต้น

1) ไช (wax) เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน กับ กลีเซอรอล ในธรรมชาติจะพบไชในสภาพที่เป็นของแข็ง พิล์มไชที่รับประทานได้นั้นความชื้นจะซึมผ่านได้ต่ำมาก โดยเฉพาะไชของพาราฟินและซีผึ้ง นอกจากนี้ฟิล์มไชยังลดอัตราการแพร่กระจายของเกลือเบนโซเอทเข้าสู่อาหารได้อีกด้วย เช่น พิล์มไชจากไชคานูบาและพาราฟิน ในขณะที่ฟิล์มจากซีผึ้งให้ผลดังกล่าวต่ำกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเคลือบไชจึงนิยมเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ได้แก่พวกผักและผลไม้สด เช่น ส้ม มะนาว เพื่อยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวโดยการเคลือบฟิล์มไชเสริมที่ผิวผลไม้แทนสารเคลือบผิวโดยฟิล์มที่เคลือบจะสามารถขัดขวางการซึมผ่านของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลมาจากการหายใจอันจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผักและผลไม้ได้ จึงสามารถใช้ได้ดีในการเคลือบลูกกวาด เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำที่จะทำให้น้ำตาลที่ผิวตกผลึกได้

2) สารลดแรงตึงผิว (surfactant) การเคลือบอาหารด้วยสารนี้จะช่วยลดค่า a_w ที่ผิวหน้า (superficial water activity) และลดอัตราการระเหยของความชื้น เนื่องจากค่า a_w ที่ผิวหน้าของอาหารแตกต่างจาก a_w ในเนื้อของอาหาร เล็กน้อย และ a_w ที่ผิวหน้ามีผลต่อการเสื่อมสภาพของอาหาร เช่น ถ้าอาหารมี a_w ที่ผิวหน้าต่ำจะลดการเจริญของจุลินทรีย์ลดปฏิกิริยาเคมีและปฏิกิริยาของเอนไซม์ ดังนั้นสารลดแรงตึงผิวจึงสามารถป้องกันการเสื่อมเสียได้ สารเคลือบพวกสารลดแรงตึงผิวที่ให้ผลดี เช่นสารประกอบของไขมันที่อยู่ร่วมกับแอลกอฮอล์ (Fatty alcohol compound) ที่มีคาร์บอน 16-18 อะตอม และในกลีเซอไรด์ ได้แก่ กลีเซอรอลปาล์มิตเตต (glycerol monopalmitate) และกลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (glycerol monostearate) โครงสร้างของสารจะมีผลในการลดการระเหยของน้ำในอาหาร โดยที่ถ้าในโครงสร้างมีพันธะคู่ในส่วนของไฮโดรคาร์บอนซึ่งไม่อิ่มตัวของโมโนกลีเซอไรด์จะทำให้คุณสมบัติในการขวางกั้นน้ำของสารลดตึงผิวลดลงอย่างมากและผลของพันธะคู่ดังกล่าวนี้เกิดขึ้นทั้งใน ชั้นของผิวไขมัน (lipid membrane) การปรับปรุงคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำของสารเหล่านี้ ทำได้โดยการเพิ่มความยาวของสายไฮโดรคาร์บอน 16-18 อะตอม ให้ยาวขึ้น

2.2.1.3. โปรตีน (protein) จากผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าฟิล์มจากโปรตีนมีคุณสมบัติเด่นในแง่ยอมให้ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านได้ในระดับที่ต่ำ แต่โปรตีนฟิล์มเป็นตัวกั้นไอน้ำที่ไม่ดี เนื่องจากลักษณะธรรมชาติที่ชอบน้ำ (hydrophilic property) Mchugh et. al (1994 : 42) พบว่าชนิดของโปรตีนที่ทำให้เกิดฟิล์มได้ ได้แก่ คอลลาเจน เจลาติน เคซีน เวย์โปรตีน (whey protein) คอร์นเซอิน (corn zein) กลูเต็น ของข้าวสาลี (wheat gluten) โปรตีนจากถั่วเหลือง (soy protein) และโปรตีนจากถั่วเขียว (mung bean protein) โดยมีการใช้คอร์นเซอินเป็นสารเคลือบ (coating agent) ในผลิตภัณฑ์ ขนมหวาน (confectionary) ในระดับการค้า Gemadios et. al (1993 : 206-211.)

1) ฟิล์มจากโปรตีนข้าวสาลี กลูเต็นเป็นโปรตีนข้าวสาลีที่ไม่ละลายน้ำประกอบด้วย ไกลอะซีน 75 % (เป็นส่วนที่ละลายในแอลกอฮอล์) ส่วนอีก 25 % เป็นกลูเตนิน (ไม่ละลายในแอลกอฮอล์) ส่วนประกอบทั้งสองนี้มีพันธะไดซัลไฟด์ (disulfide) ซึ่งทำให้ฟิล์มกลูเตนมีลักษณะการยึดเกาะและมีความยืดหยุ่นที่ดี ฟิล์มที่ได้แข็งแรง ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านได้น้อย แต่เป็นฟิล์มที่ขึ้นได้ง่าย จากการทดลองของ Wall et. al. (1968 : 147.) ที่เตรียมฟิล์มและสารเคลือบผิวที่สามารถบริโภคได้จากกลูเตน

(gluten) โดยเตรียมจากกลูเตนที่ทำเป็นการค้า และเตรียมได้โดยบริสุทธิ์ และจาก ไกลอะดีน (gliadin) และ กลูเตนิน (glutenin) โดยใช้กรดแลคติก (lactic acid) เป็นพลาสติกไซเซออร์ฟิล์มและสารเคลือบฟิล์มที่ได้จาก กลูเตนบริสุทธิ์จะมีความใส และมีความยืดหยุ่น (tensile-strength) มากกว่าทางการค้า และสารเคลือบฟิล์มที่สามารถบริโภคได้จากการค้า จะขุ่น และเป็นกรานูล (granule) เล็กน้อย รวมทั้งมีความเปราะมาก กลูเตนินฟิล์มจะมีความทนทานต่อแรงดึงมากที่สุด ซึ่งเป็นธรรมชาติของกลูเตนิน ที่มีความทนทานต่อแรงดึงได้ดี

Watanabe และ Okamoto (1975 : 143.) ได้ทดลองการกระจายตัวของฟิล์มกลูเตนในสารละลายอัลคาไลด์ (alkali solution) ที่ pH มากกว่า 10.5 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเอทธานอล ส่วนสภาวะที่เป็นกรด pH น้อยกว่า 5 โดยใช้กรดอะซิติกพบว่าฟิล์มที่ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะให้ฟิล์มที่มีสีเหลืองใส เนื้อสัมผัสดี ส่วนฟิล์มที่ใช้เอทธานอลจะให้กลิ่นตกค้าง และฟิล์มที่ได้จากการละลายด้วยกรดอะซิติกจะให้ลักษณะฟิล์มที่ดีที่สุด และในขั้นตอนของการทำแห้งฟิล์มนั้น ฟิล์มที่ได้จากการละลายจาก เอทธานอล และ อะซิติก จะแห้งเร็ว ให้เจลที่ขาว เนื่องจากเกิด โพลีเมอร์อิมมوبิไลส์ (polymer - immobilization) ของโปรตีนขึ้น ส่วนลักษณะด้านความทึบของแผ่นฟิล์ม (opacity) พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเอทธานอลเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ฟิล์มทึบมากขึ้น และที่ความเข้มข้นของเอทธานอลที่ 70 % โปรตีนไกลอะดีน (gliadin) และกลูเตนิน (glutamin) จะละลายออกมา โดยเฉพาะไกลอะดีนจะละลายออกมามาก ทำให้รวมตัวกันเป็นกลูเตนิน มากขึ้นจึงทำให้ฟิล์มมีลักษณะที่ขุ่นทึบ โดยค่าที่จะสัมพันธ์กับการละลายได้สูง เมื่อค่า pH อยู่ในช่วง 5-6 จะส่งผลให้ฟิล์มเกิดการสลาย แยกส่วนออกอย่างรวดเร็ว ให้มีค่าการละลายสมบูรณ์ที่สุดถึง 100 เปอร์เซ็นต์ และค่าการละลายจะลดลง เมื่อค่า pH ลดลง เนื่องจากเข้าใกล้จุด Isoelectric pH ของโปรตีน

Anker et. al. (1972 : 54-57.) พัฒนาการผลิตฟิล์มกลูเตนที่สามารถบริโภคได้ ให้มีความแข็งแรง ยืดหยุ่น โดยทำให้กลูเตนกระจายเป็นของเหลวที่มีเนื้อเดียวกันในสภาพที่เป็นค่าง การเตรียมฟิล์มนี้ได้โดยให้กลูเตนมีการกระจายตัวในแอลกอฮอล์และน้ำแล้วให้ความร้อนโดยมีอัตราส่วนของแอลกอฮอล์ ต่อ น้ำ อยู่ระหว่าง 5 : 2 ถึง 1 : 15 และอัตราส่วนของ โปรตีนเหลว (protein liquid ratio) อยู่ระหว่าง 1 : 20 ถึง 1 : 16 โดยปรับของๆ ผสมให้เป็นค่างโดยการเติมสารละลายของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (ammonium hydroxide) , โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) และ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide) จากผลการทดลองพบว่าแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมได้แก่แอลกอฮอล์ ชนิด

โมโนไฮดรอกซี อะลิฟาติก (monohydroxy aliphatic type) เป็นพลาสติกไซเซอร် เช่น กลีเซอรอล , ไดกลีเซอรอล (diglycerol) , โพรพิพิรีนไกลคอล (polypropylene glycol) และเอทิลีนไกลคอล (ethylene glycol) ซึ่งจะใช้เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับฟิล์มในส่วนผสม

2) ฟิล์มโปรตีนข้าวโพด เซอีน (Zein) เป็นโปรตีนจากข้าวโพดที่ละลายในแอลกอฮอล์ 70 % ที่เรียกว่า โปรลามีน (prolamine) ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ไม่มีขั้วและไม่ชอบรวมตัวกับน้ำ (hydrophobic) เช่น ลูซีน , อะลานีน และโพรลีนในปริมาณสูง และยังประกอบด้วยกรดกลูตามิก ซึ่งอยู่ในรูปกลูตามีน การใช้ประโยชน์ของฟิล์มชนิดนี้จะใช้เคลือบเมล็ดพืชและผลิตภัณฑ์ขนมหวาน

Park et. al. (1994 : 568-570.) ศึกษาการประยุกต์ใช้ฟิล์มที่รับประทานได้เพื่อรักษาผลไม้สด ผลของการเคลือบมะเขือเทศด้วยโปรตีนจากข้าวโพด (cornzein film) ต่อการเปลี่ยนแปลงสี การเกิดแอลกอฮอล์ น้ำหนักที่สูญเสียและคุณสมบัติการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ระยะต่างๆ เทียบกับมะเขือเทศที่ไม่ได้เคลือบ แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 21 °ซ ฟิล์มโปรตีนจากข้าวโพดชะลอการเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อ ระหว่างการเก็บในช่วง 1-8 วัน มะเขือเทศที่เคลือบผิวไม่สร้างเอทานอล และการเปลี่ยนแปลงสีช้าจาก 5-7 วัน เป็นประมาณ 13 วัน การเคลือบผิวมะเขือเทศจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อระหว่างการเก็บ การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสชี้ให้เห็นว่ามะเขือเทศที่เคลือบผิวมีความหวานเพิ่มขึ้น และยืดอายุการเก็บรักษาได้ 6 วัน

3) ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเหลือง ได้จากนํ้านมถั่วเหลืองหรือสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมาให้ความร้อนในสภาวะที่เหมาะสม ฟิล์มที่ได้จะใช้เคลือบผิวถั่วเพื่อป้องกันการซึมออกของน้ำมัน หรือใช้โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นร่วมกับอัลบูมินจากไข่หรือหุ้มเนื้อ เพื่อป้องกันการสูญเสียกลิ่นรส และชะลอการสูญเสียน้ำ ซึ่ง

Brandenburg et. al.(1993 : 1086-1089.) ได้ทดลองทำฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเหลือง และมีการเติมสารอัลคาไลด์ลงไป (treated with alkali isolated soy protein : ATISP) โดยศึกษาถึงคุณสมบัติในการซึมผ่านของไอน้ำ (WVP) การซึมผ่านของออกซิเจน (O_2) และเปอร์เซ็นต์ของแรงยืดตัว (elongation percent) ของโปรตีนที่พีเอช 6, 8, 10 และ 12 พบว่าฟิล์ม ATIST ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ที่พีเอช 6 เนื่องจากเป็นจุดที่ใกล้เคียง Isoelectric point ของโปรตีนโดยทั่วไป pH 4.5 ทำให้โปรตีนมีความสามารถในการละลายได้ต่ำ และที่พีเอช 8, 9, 10 และ 12 โปรตีนจะสามารถที่จะละลายได้ดี

สามารถที่จะเกิดพันธะข้าม (cross link) ทำให้เกิดลักษณะโครงสร้างของฟิล์ม ค่าของแรงยึดตัว พบว่า ATISP จะให้ค่าที่สูง และการซึมผ่านของไอน้ำ ออกซิเจนคงที่ เมื่อเปรียบเทียบกับ (isolated soy protein : ISP) ฟิล์มที่ได้จาก ATISP นั้นจะมีผิวที่เรียบฟองอากาศเกิดขึ้นน้อย ทั้งนี้เนื่องจากว่า โปรตีนมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าฟิล์มที่ได้จึงแข็งแรง มีความหนาสม่ำเสมอไม่ปรากฏลักษณะ ที่เป็นตาข่าย (net work) สรุปว่าฟิล์มที่ได้จากพีเอช 6 จะให้อุณหภูมิที่ไม่สม่ำเสมอ ทึบ มัว ขณะที่พีเอช 8 จะให้ลักษณะของฟิล์มที่สมบูรณ์ที่สุดนอกจากโปรตีนจากพืชต่างๆ แล้วยังสามารถผลิตฟิล์มที่ได้จากโปรตีนสัตว์

4.) โปรตีนในน้ำนมสัตว์ที่เรียกว่า เคซีน (casein)

Wu และ Bates (1973 : 783-787.) ศึกษาผลิตฟิล์มที่ได้โดยการนำนมผงขาดมันเนย (non fat dry milk = NDM) มาทำเป็นสารละลาย 5 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ น้ำกลั่น แล้วนำไปทำให้ความร้อน และฟิล์มที่ได้จะมีแรงกดทะลุมากกว่าฟิล์มที่ทำจากโปรตีนถั่วเหลือง

Maynes และ Krochta (1994 : 909-911.) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมี และลักษณะของ การซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มที่สกัดได้จากโปรตีนนม (total milk protein : TMPs) ชนิดที่เป็นนมผงขาดมันเนย (non fat dry milk : NDM) โดยใช้วิธีสกัดจาก (ultrafiltration : UF) กับการสกัดโดยใช้เอทานอล (ethanol extraction retentate : EER) พบว่าการสกัดโดยใช้ UF นั้นจะให้โปรตีนนมที่มีขนาดเล็กสม่ำเสมอให้ฟิล์มที่ได้มีผิวที่เรียบ เนื่องจากสามารถที่จะควบคุมขนาดของการซึมผ่านของเครื่องได้ ส่วน EER นั้นจะให้โปรตีนนมที่มีขนาดไม่สม่ำเสมอ และคุณสมบัติของการซึมผ่านของไอน้ำของ UF-TMP จะให้การซึมผ่านต่ำที่สุดเนื่องจากเกิดการตกผลึกของแลคโตสส่วนใน NDM และให้ค่าการยึดหยุ่นสูงเมื่อเทียบกับ EER ซึ่งคุณสมบัติของความหนาแน่นต่ำก็จะใกล้เคียง กับฟิล์มโพลีเอทิลีน (polyethylene) และมีค่าการยึดหยุ่นใกล้เคียงกับ โพลีไวนิลลิคลอไรด์ (polyvinylidene - chloride) และ เซลโลเฟน (cellophane) ด้วย

Motoki et. al (1987b : 997-1002.) สามารถเตรียมฟิล์มที่ได้โดยใช้ เอ็นไซม์ทรานสกลูตามิเนส (transglutaminase) เติมนลงในสารละลายเคซีน (casein) ทำให้สารละลายเข้มข้นเกิดการเจลาติไนส์ (gelatinized) เกิดพันธะ ϵ - (γ - glutamyl) - lysyl - isopeptide bond แล้วเกิดเป็นแผ่นฟิล์มขึ้นมา ฟิล์มที่เกิดขึ้นจะไม่ละลายน้ำ , mercaptoethanol , ยูเรีย , guanidine hydrochloride นอกจากนี้ฟิล์มจากเคซีนอาจเตรียมได้โดยเปลี่ยนเคซีนให้อยู่ในรูปของเคซีนเนต (caseinate) ซึ่งเคซีนเนตสามารถที่จะเตรียมเป็นสารละลายและเกิดฟิล์มได้ง่าย

เนื่องจากโครงสร้างที่เป็น random coil nature และความสามารถในการเกิดพันธะกับโมเลกุลอื่นๆ ได้ง่าย เช่น พันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) , พันธะไฮโดรโฟบิก (hydrophobic bond) เป็นต้น ส่วนฟิล์มที่ได้จากเคซีนนั้น มีลักษณะโปร่งใส มีความอ่อนตัว สามารถโค้งงอได้ และละลายน้ำได้ ส่วนคุณสมบัติในการซึมผ่านของไอน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของ Mg - caseinate , Ca - caseinate , micella casein , Na - caseinate , K - caseinate และ rennet casein เพิ่มขึ้น จากการศึกษาของ Ho et.al. (1992 : 216.) พบว่า ชนิดของไขมันที่เติมลงไปในฟิล์ม Na - caseinate มีผลของการซึมผ่านของไอน้ำโดยพบว่ากรดลอริก (lauric acid) ทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรดพาราฟินและซีผึ้ง นอกจากนี้พบว่าการเพิ่มปริมาณไขมันจะช่วยลดการซึมผ่านของไอน้ำลงได้

Avena et. al. (1993 : 904-907.) ได้ทำการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการปรับ pH ของพันธะ calcium crosslink และปริมาณของไขมัน ต่อการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มที่ได้จาก Ca - caseinate พบว่าการใช้บัฟเฟอร์ (buffer) และอะเซทิลเลดโมโนกลีเซอไรด์ (acetylated monoglyceride) จะมีผลให้การซึมผ่านของไอน้ำลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าฟิล์มชนิด calcium caseinate beeswax emulsion มีการซึมผ่านของไอน้ำน้อยกว่าฟิล์มชนิดอื่นๆ

McHugh และ Krochta (1994 : 97-103.) ได้ทำการศึกษาผลของไขมันต่อฟิล์ม whey protein lipid emulsion พบว่าโมเลกุลของไขมันที่มีสายยาวจะช่วยลดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ และพบว่า beewax emulsion film มีการซึมผ่านของไอน้ำน้อยที่สุด นอกจากนี้ขนาดของอนุภาคของไขมันจะมีผลต่อการซึมผ่านของไอน้ำด้วย คือ ถ้าขนาดอนุภาคของไขมันเล็กลงจะส่งผลถึงการซึมผ่านของไอน้ำลดลงด้วย เนื่องจากการเกิดพันธะเชื่อมกันระหว่างเวย์โปรตีน และ อนุภาคของไขมัน ส่วนคุณสมบัติในด้านการซึมผ่านของออกซิเจนนั้นพบว่า ฟิล์มที่ใช้ซอร์บิทอล (sorbitol) เป็นพลาสติกไซเซออร์ สามารถกั้นการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดีกว่าการใช้กลีเซอรอล นอกจากนี้การเพิ่มความเข้มข้นของพลาสติกไซเซออร์ และการเติมไขมันลงในฟิล์มจะทำให้การซึมผ่านของออกซิเจนเพิ่มขึ้นด้วย

5) โปรตีนถั่วเขียว

Wimolrat และ Athapol (1994 : 67.) ศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนถั่วเขียวที่เหลือจากการผลิตวุ้นเส้น ที่แยกได้โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกที่ pH 4.5 ทำการปั่นเหวี่ยงแยกส่วนที่เป็นโปรตีนออก และทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งแยกการผลิตจากโปรตีนเหลว (protein paste) และ โปรตีนผง (protein powder)

การผลิตฟิล์มจะทำบนแผ่นพลาสติกและอบแห้งฟิล์มที่อุณหภูมิ 23 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity : RH) เท่ากับ 60 % โดยแบ่งการทดลองใช้ความเข้มข้นของโปรตีนเท่ากับ (5 ,10 และ 15 %) ความเข้มข้นของกลีเซอรอล เท่ากับ (0.5 ,1.0 และ 1.5 %) พบว่า ปริมาณโปรตีน 15 % และปริมาณกลีเซอรอล 0.5 % ให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำต่ำสุด เท่ากับ $16.58 \text{ g mil} / \text{m}^2 \cdot \text{day}$ และอัตราการซึมผ่านออกซิเจน เท่ากับ $4.321 \text{ mol} / \text{m.s. Pa} \cdot 10^{-16}$ แต่ค่าแรงดึงขาดของฟิล์มที่มีปริมาณโปรตีน 5 % กลีเซอรอล 0.5 % จะให้ค่าต่ำสุด ฟิล์มที่เตรียมจากโปรตีนเหลวจะให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำ และแรงยึดตัวสูงกว่า แต่อัตราการซึมผ่านออกซิเจนจะต่ำกว่าโปรตีนผง ซึ่งปริมาณโปรตีนและกลีเซอรอลที่เพิ่มสูงขึ้น จะให้คุณสมบัติทั้งหมดสูงขึ้นตาม

ฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียวจะไม่มีผลต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำ แต่จะมีผลต่ออัตราการซึมผ่านของออกซิเจนและ ไชมันได้สูง การทดลองได้ใช้ฟิล์มเคลือบผิวมะม่วงหิมพานและ ข้าวกล้อง พบว่า สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชัน และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาไว้ได้นานด้วย

2.2.2. ส่วนของพลาสติกไซเซอร์ โดยเป็นส่วนสำคัญในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้ การรวมตัวของสารพลาสติกไซเซอร์ เพื่อให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มได้ดีนั้นต้องเอาชนะคุณสมบัติการแตกหัก ซึ่งมีสาเหตุมาจากแรงดึงคู่ซึ่งมีมากในระหว่างโมเลกุล การที่จะทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นดี นุ่มและมีความอ่อนตัว จะต้องทำให้แรงระหว่างโมเลกุลโพลีเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนตัวลง ดังนั้นพลาสติกไซเซอร์จึงเป็นสารที่มีคุณสมบัติไม่ระเหย มีจุดเค็ดสูง ไม่แยกตัวออกจากองค์ประกอบอื่นๆ และเมื่อเติมพลาสติกไซเซอร์ลงไป จะไปเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของสารนั้นและคุณสมบัติดังกล่าวสามารถป้องกันการแยกตัวออกมาของพลาสติกไซเซอร์ ในระหว่างการทำแห้งฟิล์ม

ในการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากโพลีเมอร์โดยไม่มีการใช้พลาสติกไซเซอร์ร่วมด้วยจะได้ฟิล์มที่เปราะ (brittle) มากไม่มีคุณสมบัติเป็นฟิล์มที่ดี ซึ่งวัตถุประสงค์ของการใช้พลาสติกไซเซอร์เพื่อช่วยให้ฟิล์มมีความนุ่มและสามารถแผ่ขยายได้ เนื่องจากพลาสติกไซเซอร์จะช่วยลดแรงยึดจับภายในโมเลกุล (intermolecular force) ระหว่างสายโพลีเมอร์ (polymer chain) และช่วยให้สายโพลีเมอร์มีการเคลื่อนที่ได้มากขึ้น จึงมีผลให้ฟิล์มมีลักษณะไม่เป็นชิ้นเล็กๆ (chipping) หรือ แตกหักง่ายในระหว่าง การขนส่งและการเก็บ

รักษา แต่พลาสติกไซเซอรก็จะมีผลไปลดคุณสมบัติในการเป็นตัวกั้นแก๊ส ไอน้ำ และตัวถูก
ละลาย ของฟิล์มและยังอาจทำให้ความยืดหยุ่นและการเกาะตัวกัน (cohesion) ลดลงด้วย
Gontard et. al., (1993 : 212-214.) ; Mchugh และ Krochta,(1994 : 97-103.)

นอกจากนี้ Gontard et,al. (1993 : 30) พบว่า เมื่อปริมาณของพลาสติกไซ
เซอรเพิ่มขึ้นแล้วคุณสมบัติของฟิล์มต่อไปนี้คือ แรงกคทะลุ (puncture deformation) , ประสิทธิภาพ
ภาพในการคลายตัว (relaxation coefficient) และ อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor
transmission rate) มีค่าเพิ่มสูงขึ้นด้วย

2.2.2.1 ชนิดของพลาสติกไซเซอร

สารที่ใช้สำหรับการเตรียมฟิล์ม คือ

1) สารโพลีอัล (polyol) ได้แก่ กลีเซอรอล ซึ่ง Gontard et.,al. (1993 : 212-
214 .) ได้ศึกษาถึงผลของการใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอรในฟิล์มที่รับประทานได้
จากกลูเต็นข้าวสาลี โดยการศึกษาถึงผลการเป็นตัวกั้นไอน้ำและแรงเชิงกล ปกติในกลูเต็นฟิล์ม
ที่ไม่มีการใช้พลาสติกไซเซอรจะมีความเปราะมาก เนื่องจากในกลูเต็นมีกรดอะมิโน กลูตามีน
(glutamine) สูง ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายของโปรตีนมาก
จึงเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโปรตีนโพลีเมอร์มาก ฟิล์มที่ได้จึงเกาะตัวกัน และมีความอ่อนตัวต่ำ
ผลการศึกษาพบว่าการใช้กลีเซอรอลในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้กลูเต็นฟิล์มมีคุณสมบัติในการ
เป็นตัวกั้นไอน้ำและทำให้ทนต่อแรงเชิงกลได้ดี โดยความเข้มข้นสูงกว่า 15 กรัม ต่อ 100 กรัม
ของฟิล์มแห้ง จะไปมีผลลดความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เนื่องจากแรงกคทะลุ และ
relaxation coefficient ได้ เนื่องจากลักษณะของกลีเซอรอลมีลักษณะเป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่มี
คุณสมบัติในการชอบน้ำโดยธรรมชาติ จึงสามารถที่จะแทรกเข้าไประหว่างสายของโปรตีน และ
เกิดพันธะไฮโดรเจนกับหมู่เอไมด์ (amide group) ของกลูเต็นได้ เป็นผลให้เกิดการจับกันโดย
ตรงระหว่างสายโปรตีนซึ่งการอยู่ใกล้กันของสายโปรตีนนี้จะสามารถที่จะทำให้แรงเค้น(stress)
ลดลง มีการเคลื่อนที่ของสายโปรตีนมากขึ้น ทำให้ฟิล์มสามารถที่จะแผ่ขยายได้ดีขึ้นถึงแม้ว่า
กลีเซอรอลจะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของกลูเต็นฟิล์มดังกล่าวมาแล้ว แต่กลีเซอรอลก็จะส่ง
ผลทางลบด้วยคือ ทำให้อัตราการซึมผ่าน (transmission rate) ของไอน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลี
เซอรอลที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะกลีเซอรอลไปทำให้โครงสร้างของโปรตีนแบบตาข่าย
(protein network) มีความหนาแน่นลดลง และผลของการเป็นโมเลกุลที่ชอบน้ำจึงสามารถทำ

ให้ฟิล์มดูดซับน้ำได้ดีขึ้น มีผลให้ความแข็งแรงและยืดหยุ่นของฟิล์มลดลง ปริมาณกลีเซอรอลที่ 16.6 กรัม ต่อ 100 กรัม จะสามารถทำให้ฟิล์มแห้ง และมีคุณภาพดี

นอกจากนี้แล้ว ซอร์บิทอล (sorbitol) ก็ถูกนำมาทำเป็นพลาสติกไซเซอร์ เช่นกัน Mchugh และ Krochta (1994 : 97-103.) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้กลีเซอรอล และซอร์บิทอลในการเตรียมฟิล์มที่ได้จากเวย์โปรตีน ในแง่การยอมให้ออกซิเจนซึมผ่านต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบฟิล์มที่มีค่าแรงดึงขาดและแรงยืดตัว (tensile strength and elongation) และ ค่าการยืดตัวสูงสุด (elastic modulus) จะเท่ากัน การเพิ่มความเข้มข้นของกลีเซอรอลจะมีผล ทำให้ค่าการยอมผ่านของออกซิเจนเพิ่มขึ้นกว่าการเพิ่มส่วนของซอร์บิทอล นอกจากนี้ผลของค่า ความต้านทานต่อแรงดึงของกลีเซอรอลยังลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะมีผลทำให้ฟิล์มที่ ได้มีการขยายตัวมากขึ้น

Catherine et. al. (1995 : 2762-2767.) ศึกษาผลของกลีเซอรอลในฟิล์มจาก เมล็ดฝ้าย พบว่ากลีเซอรอลปริมาณที่ต่ำกว่า 10 % (ต่อน้ำหนักแห้ง) จะให้ฟิล์มที่เปราะและ แดงง่าย และปริมาณกลีเซอรอลในช่วง 10-30 % (ต่อน้ำหนักแห้ง) จะให้ฟิล์มมีลักษณะที่ดี

2) คาร์โบไฮเดรต เช่น น้ำตาลต่างๆ Wu และ Bates (1972a: 36-39.) ศึกษาการใช้ น้ำตาลซูโครสเป็นพลาสติกไซเซอร์ พบว่าโปรตีนฟิล์มที่ได้จะเกิดเป็นแผ่นฟิล์มได้ ไม่ดี เนื่องจากน้ำตาลและโปรตีนมีหมู่ที่เป็นไฮโดรฟิลลิก (hydrophillic group) เหมือนกัน ทำให้ไม่สามารถที่จะเกิดการสานกันเป็นตาข่าย (micells) ขึ้นได้

3) ไขมันและอนุพันธุ์ของไขมัน เช่น กรดพาลมิติก Wu และ Bates (1972b : 40-43.) ได้ศึกษาการใช้ ไขมันดอกคำฝอย (safflower oil) ที่จัดเป็นสารพวกฟอสโฟลิปิด (phospholipid) พบว่าฟอสโฟลิปิดจะทำให้ผิว ของฟิล์มที่รับประทานได้มีลักษณะที่สานกันเป็นตาข่าย เนื่องจากคุณสมบัติที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ทำให้สามารถจับสายโพลีเปปไทด์ของโปรตีน (polypeptide) ให้เกิดการแผ่ขยาย ของแผ่นฟิล์มได้ดี ทั้งนี้ในธรรมชาติของไขมันจะมีส่วนที่มีขั้วคือหมู่ไฮโดรโฟบิก (hydrophobic bond) ทำให้ไปจับกับส่วนที่ไม่มีขั้วหมู่ไฮโดรฟิลลิก (hydrophillic bond) ของ โปรตีน และยังพบว่าความเข้มข้นของโปรตีนจากน้ำมันดอกคำฝอยในช่วง 1.5- 3 เปอร์เซ็นต์จะ ให้ลักษณะฟิล์มที่ดี แต่ Wu และ Bates (1973 : 783-787.) รายงานว่าปริมาณของไขมัน หรือ น้ำมันที่ใช้มากจะทำให้ไขมันซึมออกมาจากแผ่นฟิล์มได้

นอกจากนี้ น้ำยังใช้เป็นพลาสติกไซเซออร์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งจะมีผลเปลี่ยนแปลงคุณภาพของฟิล์มที่รับประทานได้ ในระหว่างการเก็บรักษา แต่ที่นิยมและนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารก็คือ สารประเภทโพลีออล เป็นพลาสติกไซเซออร์ในการผลิตฟิล์มได้

2.3. กลไกการเกิดฟิล์ม

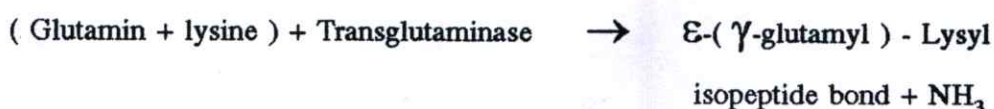
กลไกการเกิดฟิล์มที่รับประทานได้โดยทั่วไปสามารถที่จะเกิดได้จาก 2 วิธี คือ

2.3.1 โดยการให้ความร้อน

ฟิล์มจะเกิดขึ้นได้ เมื่อมีการให้ความร้อนแก่สารละลายผสม โดยเฉพาะ ส่วนของ โกลบูลลาร์ โปรตีน (globular protein) ที่มีหมู่ของไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) ซึ่งไม่สามารถที่จะละลายได้ในน้ำ จะฝังตัวอยู่ด้านในของโมเลกุล เมื่อให้ความร้อนแก่โปรตีนในปริมาณที่พอเหมาะจะทำให้โปรตีนเกิดการดีเนเจอร์บางส่วน (partially denature) เป็นผลให้หมู่ไฮโดรโฟบิก เคลื่อนตัวออกมาอยู่ด้านนอกของโมเลกุล ซึ่งมีผลทำให้โปรตีนละลายน้อยลง และเกิดการรวมตัวของ พันธะไฮโดรเจน , พันธะไดซัลไฟด์ เกิดการรวมตัวเป็นกลุ่มโปรตีน (aggregate) ดังแสดงจาก Kobayama (1995 : 1808-1812) ขณะที่ของผสมอื่นๆ เช่นการทดลองได้ใช้คาร์โบไฮเดรต ซึ่งจะเกิดเจลาตินส์ และเกิดการสร้างเป็นร่างแหของโพลีเมอร์ทั้งโปรตีน และ คาร์โบไฮเดรต ด้วยพันธะข้าม (cross link) โดยกลีเซอรอลใช้เป็นพลาสติกไซเซออร์จะแทรกอยู่ระหว่างสายของโพลีเมอร์ ส่งผลให้ฟิล์มเกิดความยืดหยุ่น และอ่อนตัวได้

2.3.2. โดยการใช้อินไซม์

อินไซม์ที่ใช้ได้แก่ อินไซม์ ทรานสกลูตามิเนส (transglutaminase) เช่น ฟิล์มที่เกิดจากโปรตีนเคซีน (casein) ในน้ำนม ซึ่งมีส่วนประกอบของ กลูตามิเนส (glutaminase) และ ไลซีน (lysine) เมื่อทำปฏิกิริยากับอินไซม์จะเกิดการสร้างพันธะ ϵ - (γ - glutamyl) - lysyl - isopeptide bond เกิดโครงร่างแหทำให้เกิดฟิล์ม ดังสมการ Motoki (1987a : 903-916.) คือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4. วิธีการขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม

สำหรับกรรมวิธีในการขึ้นรูปฟิล์มนั้น สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้ Greener และ Fennema (1989 : 1400-1406.)

2.4.1. ขึ้นรูปโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent casting) เป็นการทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มด้วยการนำสารผสมของฟิล์มที่เตรียมได้ทาแผ่เป็นแผ่นบางลงบนถาด หรือบนภาชนะเฉพาะที่ใช้ในการเตรียมฟิล์ม โดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้แห้งแล้วลอกออกเป็นแผ่นฟิล์มตามต้องการ อาจมีการเคลือบฟิล์มซ้ำด้วยสารที่มีคุณสมบัติในด้านการปรับปรุงคุณภาพของฟิล์ม เช่น การเคลือบทับด้วยไซพาราฟินอีกชั้นหนึ่งเพื่อช่วยให้ฟิล์มมีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำได้ดี เป็นต้น

2.4.2. ขึ้นรูปเป็นแผ่นบางด้วยเอ็กซ์ทรูดเดอร์ (Extrusion) เป็นการทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มโดยใช้เครื่องมือในการทำให้ฟิล์มขึ้นรูปเป็นแผ่นบางด้วยการผสม ทำแห้ง พร้อมทั้งฉีดพ่นออกมาเป็นแผ่นจากเครื่องเอ็กซ์ทรูดเดอร์ คล้ายกับวิธีการผลิตฟิล์มพลาสติกโดยทั่วไป

2.4.3. ขึ้นรูปบนลูกกลิ้ง (Calendering) เป็นวิธีที่ทำให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มด้วยลูกกลิ้ง โดยการผ่านแผ่นฟิล์มเข้าไปยังลูกกลิ้งร้อน เพื่อรีดให้ฟิล์มเรียบและแห้ง ความหนาของฟิล์มที่ต้องการขึ้นกับแรงกดอัดของลูกกลิ้งบนแผ่นฟิล์ม และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 2 ลูกที่ฟิล์มผ่านเข้าไป สารที่ใช้ทำฟิล์มมีหลายชนิด โดยฟิล์มอาจใช้สารชนิดเดียว หรือหลายชนิดรวมกัน โดยนำคุณลักษณะเด่นของแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์ ซึ่งประสิทธิภาพของฟิล์มแต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิต ที่ต้องมีการควบคุมเทคนิค และวิธีการผลิตให้เหมาะสม

การเพิ่มความร้อนหรืออัตราการระเหยของสารละลายที่ใช้ทำฟิล์ม และความเข้มข้นของตัวกลางที่ใช้จะมีผลต่อแรงในการเกาะตัวกันของแผ่นฟิล์ม ซึ่งทำให้เกิดฟิล์มที่มีลักษณะไม่เกาะตัว หรือทำให้เกิดรูพรุนในฟิล์ม นอกจากนี้แรงในการเกาะตัวกันของฟิล์มทั้งแรงโคฮีชัน (cohesion) และแอดฮีชัน (adhesion) มีผลต่อคุณภาพของแผ่นฟิล์ม โดยแรงนี้จะขึ้นอยู่กับการโครงสร้างและคุณสมบัติทางเคมีของสารโพลีเมอร์ที่ผลิตได้ เช่น ค่าของมวลโมเลกุล ขั้ว (polarity) และความแข็งแรงของฟิล์ม ลำดับและการแตกสาขาของสายโพลีเมอร์ เป็นต้น

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบถั่วเขียว

ถั่วเขียวที่ซื้อจากตลาด ตลาดอุดมผล กรุงเทพมหานคร ตรา ไร่ทิพย์ พืชเกษตรคัดพิเศษ

2. อุปกรณ์ในการผลิต

2.1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)	Memmert	เยอรมัน
2.2. เครื่องวัดพีเอช (pH meter)	Suntex SP-701,	ญี่ปุ่น
2.3. เครื่องปั่นผสม (Blander)	Phillip,	ญี่ปุ่น
2.4. เครื่องผสม (Mixing)	IKA. Labortechnik	เยอรมัน
2.5. อ่างน้ำร้อน (Water bath)	Memmert	เยอรมัน
2.6. แผ่นกระจกขนาด 20 x 30 เซ็นติเมตร		

3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.1. เครื่องวิเคราะห์โปรตีน (Protein digestive apparatus : Kjeldahl)	Buchi - 452	เยอรมัน
3.2. เครื่องวิเคราะห์หาอัตราการซึมผ่าน ของไอน้ำ (WVTR)	Iso 2528-1974 E. ,	อเมริกา
3.3. เครื่องวิเคราะห์หาแรงดึงขาดและฉีกขาด (Instron Universal Testing Machine)	ASTM E882-88 ,	อเมริกา

- 3.4. เครื่องตัดแผ่นฟิล์ม
(Twin blade testing machine) ASTM E882-88 , อเมริกา
- 3.5. เครื่องวัดความหนาของแผ่นฟิล์ม
(Bench micrometer , model 549 ME) Iso 4593 BS 1133, อเมริกา
- 3.6. อุปกรณ์เครื่องแก้วและเคมีภัณฑ์

4. สารเคมีที่สำคัญ

สารเคมีที่สำคัญๆ ในการทดลอง (Analyze grade)

- | | | |
|--|-------|---------|
| 4.1. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) | Merck | เยอรมัน |
| 4.2. กรดไฮโดรคลอริก (HCL) | Merck | เยอรมัน |
| 4.3. โซเดียมไนไตรด์ (NaN_3) | Merck | เยอรมัน |

5 สถานที่ทดลอง

- 5.1 ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 5.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์ ใช้เครื่องมือ ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย คือเครื่องมือในข้อ 3.2 , 3.3 , 3.4 และ 3.5

6 วิธีการทดลอง

6.1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว นำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ (Proximate analysis) ด้วยวิธีดังต่อไปนี้ คือ

6.1.1 ความชื้น โดยใช้วิธีของ AOAC Method No. 925.10 (1995 : Chapter 32 หน้า 1)

เตรียมตัวอย่างโดยบดผ่านตะแกรงร่อน เบอร์ 20 (เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร) ผสมให้ทั่วกัน และเตรียม dish และฝาที่เย็นและทราบน้ำหนักแล้ว (โดยอบที่ $130 \pm 3^{\circ}\text{C}$) แล้วใส่ตัวอย่าง 2 กรัม (น้ำหนักแห้งที่แน่นอน) เปิดฝา อบฝา ในตู้อบ 1 ชม. (เริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิถึง 130°C) ปิดฝาขณะอยู่ในตู้อบ ทำให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก จำนวนเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้น คือ

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

6.1.2. โปรตีน โดยใช้วิธีการของ AOAC. Method No. 984.13 (1995 : Chapter 4 หน้า 11)

คัดแปลงใช้คอปเปอร์ซัลเฟตและโปตัสเซียมซัลเฟตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยนำตัวอย่างจำนวน 3-5 กรัม มาย่อยด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 2 มิลลิลิตรและกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 นอร์มอล โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวอยู่ด้วย ทำการย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใส จึงทำให้เย็นแล้วนำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นขนาดเล็ก เก็บส่วนที่เป็นแอมโมเนียซึ่งควบแน่นในสารละลายกรดบอริกเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ นำไปไตเตรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนอินดิเคเตอร์ (เมทิลเรดและบลอมคลีเซอลกรีน) เปลี่ยนจากสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นสีแดง นำปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรต ไปคำนวณหาค่าปริมาณไนโตรเจน (คิคเป็นเปอร์เซ็นต์) แล้วคูณด้วยแฟคเตอร์ 6.25 จะได้ปริมาณโปรตีน (คิคเป็นเปอร์เซ็นต์ไตเตรต) ตามต้องการ

6.1.3. ไขมัน ใช้วิธีการที่ดัดแปลงจาก AOAC Method No. 954.02 (1995 : Chapter 4 หน้า 17)

ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 5-10 กรัมใส่ใน thimble ปิดด้านบนของตัวอย่างด้วยสำลี หรือกระดาษกรอง แล้วใส่ thimble ลงใน extraction tube ที่ด้านบนต่อกับ condensor ด้านล่างต่อกับขวดกั้นกลม ใส่ petroleum ether 150 ml ลงในขวดกั้นกลม ต่อเครื่อง soxlet ทั้งหมด ปรับระดับความร้อนของ heating mantle สัก 2 ชม. นำสารละลายที่ได้ไประเหย ether ออกด้วย vacuum rotary evaporator และนำส่วนไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100° C 30 นาที ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งหาน้ำหนักไขมัน

$$\% \text{ ไขมัน } = (\text{ น้ำหนักไขมัน } \times 100) / \text{ น้ำหนักตัวอย่าง}$$

6.1.4. เยื่อใย วิธีการ AOAC. Method No. 962.09 (1995 : Chapter 4 หน้า 24)

เตรียมตัวอย่างที่วิเคราะห์โดยบดตัวอย่างร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 (เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม.) และอบ filter paper ที่อุณหภูมิ 80-100 °C นาน 2 ชม. และชั่งน้ำหนัก นำตัวอย่างใส่ใน beaker 100 ml. สกัดไขมันออกโดยใช้ chloroform : methanol เท่ากับ 2 : 1 แยกตัวอย่างออกใส่ beaker เติมกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1.25 % 200 ml. ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที แล้วกรองผ่าน linen cloth โดยใช้ suction flask และ buncher funnelme ล้างด้วยน้ำกลั่นต้มเดือด จนหมดกรด ตรวจสอบด้วยกระดาษ litmus ล้าง linen cloth ด้วยด่าง NaOH 200 ml. ต้มให้เดือดอีก 30 นาที ล้างด้วยด่างอีกครั้ง และล้างด้วยแอลกอฮอล์สุดท้าย นำกระดาษกรองที่มี เยื่อใย อบที่อุณหภูมิ 135° C 2 ชมแล้วนำไปเผาใน crucible บน hot plate จนหมดควัน แล้วนำมาใส่ muffle furnace 550-600 °C จนเป็นเถ้าสีขาว ทำให้เย็นใน dessicator ชั่งน้ำหนัก คำนวณหาปริมาณเยื่อใย

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

6.1.5. เถ้า วิธีการ AOAC Method No. 923.03 (1995 : Chapter 4 หน้า 32)

ชั่งตัวอย่าง 2-3 กรัม ใส่ใน crucible ที่เผาในเตาเผา ทำให้เย็นใน desiccator และ ชั่งน้ำหนักแล้ว เوابน hot plate จนเถ้าเป็นสีเทาหรือขาว ไม่มีควัน และนำไปเผาต่อในเตาเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 550 °C จนเถ้าเป็นสีขาว หรือมีน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก

$$\% \text{ เถ้า } = (\text{น้ำหนักเถ้าที่ได้} \times 100) / \text{น้ำหนักตัวอย่าง}$$

6.1.6 คาร์โบไฮเดรต

คำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการ Total by different ดังนี้คือ

$$\% \text{ คาร์โบไฮเดรต } = 100 - (\% \text{ ความชื้น} + \% \text{ โปรตีน} + \% \text{ ไขมัน} + \% \text{ เยื่อใย} + \% \text{ เถ้า})$$

6.2. การเตรียม โปรตีนสกัดจากถั่วเขียว

ในการสกัด โปรตีนจากถั่วเขียว วิธีการส่วนใหญ่คล้ายคลึงกับวิธีการของ สมชาย (2523 : 27) โดยดัดแปลงบางขั้นตอนตามวิธีการของ วุฒิชัย (2526 : 144) (ภาพที่ 1) นั้น คือ เวลาที่ใช้แช่ถั่วเขียวให้นิ่มลงจาก 4-3 ชั่วโมง เหลือเพียง 2-3 ชั่วโมงเท่านั้น ทั้งนี้ เนื่องจากเป็นการแช่เพื่อให้เมล็ดถั่วนุ่มพอที่จะไม่ หรือบดได้ โดยการตีป่นหรือ ไม่จะใช้อัตราส่วนของถั่วเขียว : สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เท่ากับ 1 : 5 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ของผสมที่ได้จะนำมาแยกส่วนที่ละลายได้ ในตัวทำละลายและส่วนที่ไม่ละลายออกจากกัน โดยการนำมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นกรองของผสมผ่านซิลด์สกิน (silk screen) ขนาด 90 เมส นำสารละลายโปรตีนที่แยกได้มาตกตะกอนที่ pH 4.5 แล้วปล่อยให้ตะกอนที่เกิดขึ้นเกิดการแยกชั้นกับส่วนที่เป็นสารละลายที่อุณหภูมิ 14°C ตะกอนโปรตีนที่ได้จะรวมตัวกันเป็นก้อน (curd) ซึ่งจะใช้ก้อนโปรตีนที่ได้มาในการเตรียมฟิล์มต่อไป

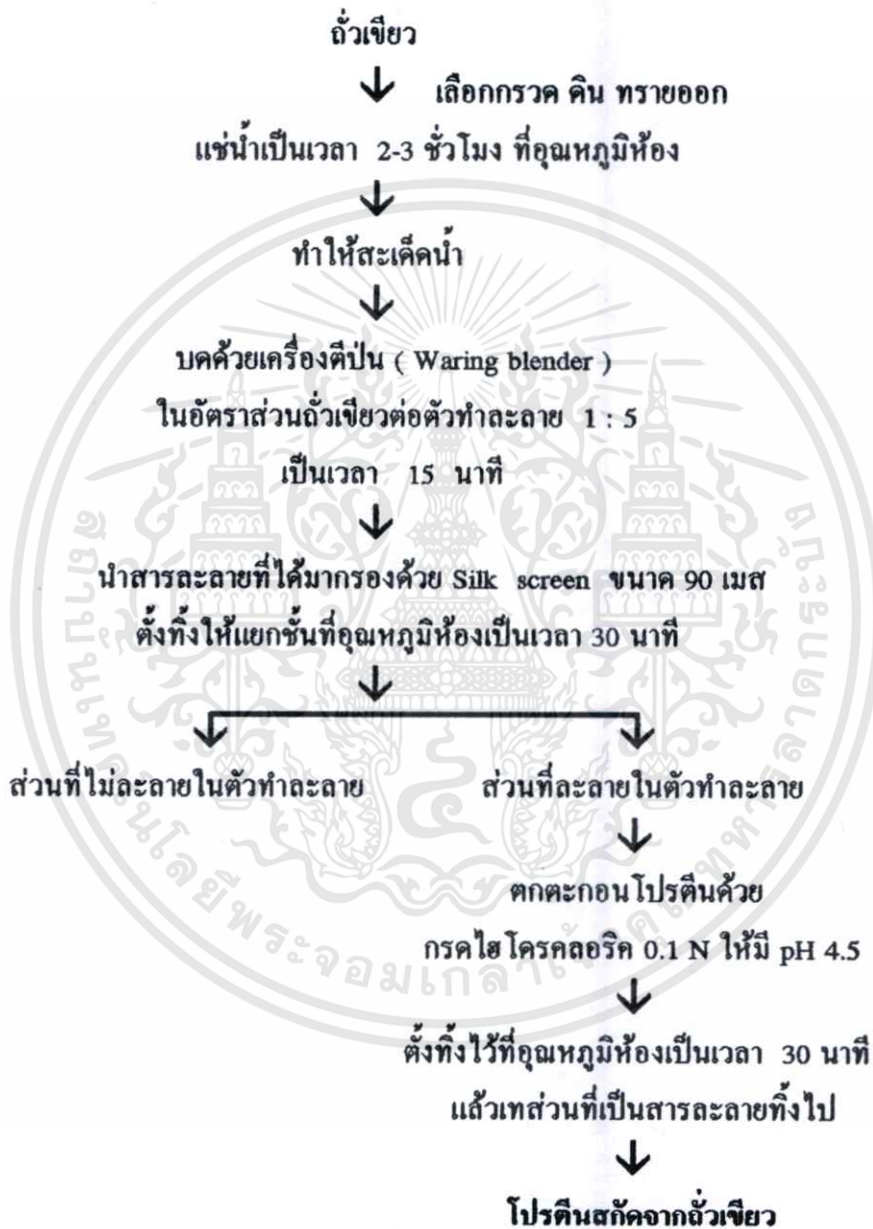
นำข้อมูลที่ได้ในระหว่างการสกัดมาประเมินประสิทธิภาพในการสกัด (extraction efficiency) โปรตีนออกจากส่วนผสมด้วย Na_2CO_3 0.1 N โดยที่

$$\text{extraction efficiency} = \frac{\text{ปริมาณโปรตีนที่ละลายในสารละลาย 500 ml} \times 100}{\text{ปริมาณโปรตีนที่มีในวัตถุดิบเริ่มต้น}}$$

และส่วนของสารละลายที่แยกออกปริมาณ 500 มิลลิลิตร นำมาตกตะกอนโปรตีนด้วย HCl 0.1 N ที่ pH 4.5 นำตะกอนโปรตีนที่ได้วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ด้วยวิธี AOAC. Method No. 984.13 (1995 : Chapter 4 หน้า 11) คำนวณหาประสิทธิภาพในการแยก (precipitation - efficiency) ดังนี้

$$\text{precipitation efficiency} = \frac{\text{ปริมาณโปรตีนที่ตกตะกอนใน 500 ml} \times 100}{\text{ปริมาณโปรตีนในสารละลาย 500 ml}}$$

ภาพที่ 1



แสดงแผนผังการสกัด โปรตีนจากถั่วเจียว

ที่มา : คัดแปลงจาก วุฒิชัย (2526 : 26)

6.3. การเตรียมฟิล์มจากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

เพื่อทดลองหาวิธีการที่เหมาะสมในความเป็นไปได้ของ การเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวโดย ศึกษาผลของปัจจัยในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวที่สำคัญ 2 ปัจจัย คือ อัตราส่วนระหว่างของแข็งและของเหลวของของผสมที่ใช้เตรียมฟิล์ม (Liquid : Solid) เปรียบเทียบ 3 อัตราส่วน คือ 30 : 70 , 20 : 80 และ 10 : 90 และเปรียบเทียบปริมาณ คาร์โบไฮเดรตต่อโปรตีนคือ 0.05 : 1 , 0.10 : 1 และ 0.15 : 1 ทั้ง 3 อัตราส่วน โดยใช้กลีเซอรอล 10 เปอร์เซ็นต์ (ต่อน้ำหนักโปรตีน) เป็นพลาสติกไซเซอร์ ผสมส่วนผสมในเครื่องผสมที่ความเร็วรอบ 180 รอบ / นาที โดยให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ในการผสมจะให้โปรตีนเกิดเจลเลชัน (gelation) ที่สมบูรณ์ ส่วนผสมปริมาณ 70 กรัม (น้ำหนักเปียก) นำมาแผ่เป็นแผ่นบางลงบนกระดาษขนาด 20 x 30 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นพลาสติกหุ้มและใช้ลูกกลิ้งไม้แผ่กระจายฟิล์มให้เป็นแผ่นที่มีความบางสม่ำเสมอ อบแห้งฟิล์มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และลอกแผ่นฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวออกจากแผ่นกระดาษ (ภาพที่ 2)

ภาพที่ 2


โปรตีนสกัดจากถั่วเขียว คาร์โบไฮเดรต กลีเซอรอล 10 %




กวนผสมด้วยความร้อนด้วยเครื่องผสมที่อุณหภูมิ 80°C
 ความเร็วรอบ 180 รอบ / นาที
 เป็นเวลา 40 นาที



นำส่วนผสม 70 g (น้ำหนักเปียก) มารีดเป็นแผ่นเรียบลงบน
 กระจกขนาด 20 x 30 cm. หุ้มด้วยแผ่นพลาสติกด้วยลูกกลิ้งไม้
 และใช้ลูกกลิ้งไม้แผ่กระจายอีกครั้ง



อบฟิล์มด้วยเครื่องอบแห้ง (Hot air oven)
 ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 4 hr..



ลอกแผ่นฟิล์มที่ได้ออกจากแผ่นกระจก



ฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว

แสดงการเตรียมฟิล์มโปรตีนสกัดถั่วเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4. ศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี (physioical and chemical properties) บางประการของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวจากสูตรที่เหมาะสม

6.4.1. ความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว

โดยใช้วิธีการของ AOAC. Method No. 925.10 (1995 : Chapter 32 หน้า 1) โดยชั่งตัวอย่างฟิล์มที่ได้หนักประมาณ 2-3 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ลงในภาชนะหาความชื้นแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 130 ± 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงนำออกใส่เครื่องกันความชื้น (desicator) ทิ้งให้เย็นจึงชั่งจกน้ำหนักไว้และอบต่ออีกประมาณ 10-15 นาที ทำเช่นนี้จนได้น้ำหนักคงที่ และคำนวณปริมาณความชื้น (คิดเป็นเปอร์เซ็นต์) จากน้ำหนักที่หายไประหว่างการอบ ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ} - \text{น้ำหนักหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

6.4.2. ความหนาของแผ่นฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว (thickness) ตามวิธีของ ASTM (1974 : 1-10)

อุปกรณ์ : เครื่องวัดความหนา (Bench micrometer, model : BS-1133)
(ภาพที่ 3) , ตัดตัวอย่างแผ่นฟิล์มขนาด 5 x 5 เซ็นติเมตร

วิธีการ : นำแผ่นฟิล์มตามขนาดที่กำหนดควัดความหนาของแผ่นฟิล์ม โดยการใส่แผ่นฟิล์มเข้าในเครื่องวัดความหนา เครื่องจะทำการวัดความหนา และคำนวณให้ค่าความหนาบนสเกลหน้าปัดของเครื่อง

การคำนวณ : การคำนวณค่าความหนาของแผ่นฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว ดังนี้

$$\text{ความหนา} = A \times (B \times 0.0025) \quad \text{มิลลิเมตร}$$

- หมายเหตุ : A คือ ค่าที่เข็มบนสเกลหน้าปัดเบี่ยงเบนไปของช่องใหญ่
 B คือ ค่าที่เข็มบนสเกลหน้าปัดเบี่ยงเบนไปของช่องเล็ก ซึ่ง
 1 ช่องเล็กมี 5 ช่องย่อย และ 1 ช่องย่อยมีค่าเท่ากับ
 0.0025 มิลลิเมตร

ภาพที่ 3



แสดงเครื่องวัดความหนาของแผ่นฟิล์มด้วยเครื่อง BENCH MICROMETER
 (Model BS-1133)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

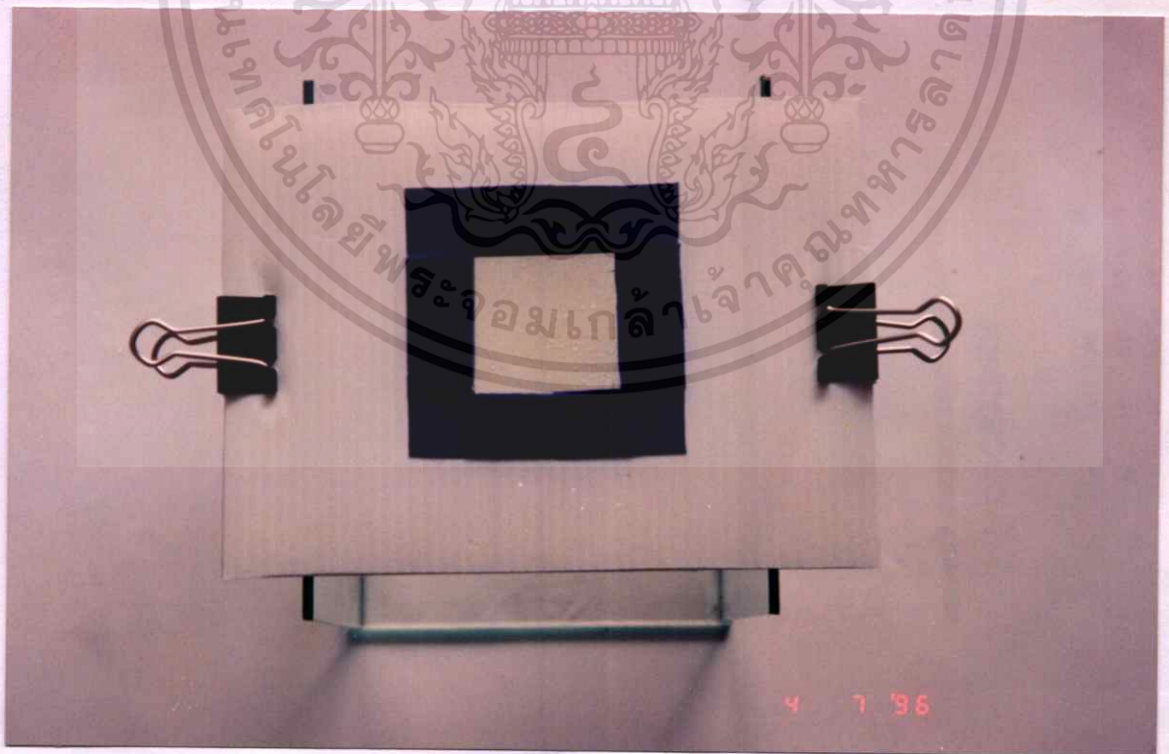
6.4.3. การทดสอบความต้านทานน้ำมัน (grease and oil resistance) **ดัดแปลงวิธี TAPPI - T 454 (1989c : 112.) (ภาพที่ 4)**

อุปกรณ์ : แผ่นแก้ว หรือ แผ่นพลาสติก แทนรองรับ นาฬิกาจับเวลา และ แผ่นฟิล์มขนาด 2 ตารางนิ้ว ปิเปิดขนาด 1 มิลลิตร น้ำมันพืช กรองผ่านกระดาษกรองเก็บไว้ในภาชนะที่สะอาด

วิธีการทดสอบ : ตัดแผ่นฟิล์มตามขนาดที่กำหนดวางแผ่นฟิล์มลงบนแผ่นแก้ว หรือแผ่นพลาสติก หยคน้ำมันประมาณ 2 มิลลิลิตร ลงบนแผ่นฟิล์ม สังเกตและจับเวลาดูแผ่นฟิล์มจนกว่าจะอ้อมตัวจนกระทั่งน้ำมันทะลุผ่านแผ่นฟิล์ม

การคำนวณ : คิดเวลาที่น้ำมันซึมผ่านแผ่นฟิล์มเป็นค่าความต้านทานน้ำมันของแผ่นฟิล์ม (นาที หรือ ชั่วโมง)

ภาพที่ 4



แสดงการวัดความต้านทานน้ำมันดัดแปลงวิธี TAPPI - T 454.

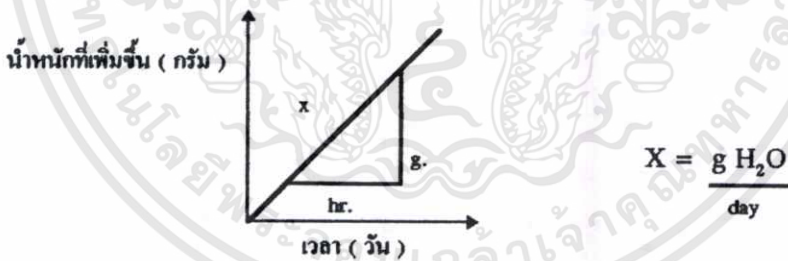
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4.4. การทดสอบอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapour transmission rate : WVTR) แบบ Dish - method ตามวิธีการของ ASTM (1974 : 1-10) (ภาพที่ 5)

อุปกรณ์ : ชุดถ้วยสแตนเลสสำหรับวัดค่า WVTR (dish) ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 9.6 เซ็นติเมตร ภายใน 7.8 เซ็นติเมตร ลึก 2.0 เซ็นติเมตร มีพื้นที่ทั้งหมดเฉลี่ย 50 ตารางเซนติเมตร และซิลิกาเจล (silica gel) , โถดูดความชื้น (desiccator) , พาราฟิน (paraffin wax)

วิธีการทดสอบ : ตัดแผ่นฟิล์มด้วยแผ่นตัดฟิล์ม ขนาดพื้นที่ผิวเท่ากับ 50 ตารางเซนติเมตร วางบนถ้วยสแตนเลส ซึ่งภายในบรรจุซิลิกาเจล ปริมาณ 30 กรัม ปิดขอบฟิล์มกับถ้วยสแตนเลสด้วยพาราฟินด้วยอุปกรณ์ชุดวัดค่า WVTR เก็บด้วยดังก้าวในโถดูดความชื้นที่ปรับค่า ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) เท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ เก็บที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนไปทุก 4 ชั่วโมง จนน้ำหนักแตกต่างกัน 0.0001 กรัม

การคำนวณ : นำค่าที่วัดได้ทุก 4 ชั่วโมงไปหาความชัน (slope) ดังนี้



$$\text{น้ำหนักน้ำที่เพิ่มขึ้นต่อ 1 ตารางเมตร} = \frac{X \times 100 \times 100 \text{ cm}^2}{50}$$

$$\text{WVTR} = \text{น้ำหนักน้ำ (กรัม) ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ต่อ 1 วัน}$$

ภาพที่ 5



แสดงการวัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำด้วยวิธี Dish method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4.5. แรงดึงขาดและแรงยืดตัว (Tensile strength (TS) and Elongation (% E))
ตามวิธีของ standard method E882-88 ASTM (1974 : 1-10)

อุปกรณ์ : เครื่องวัดแรงดึงขาดและแรงยืดตัว (Instron Universal Testing machine) (ภาพที่ 6) , เครื่องตัดตัวอย่างฟิล์ม ขนาด 25.4 x 50 มิลลิเมตร (ภาพที่ 7)

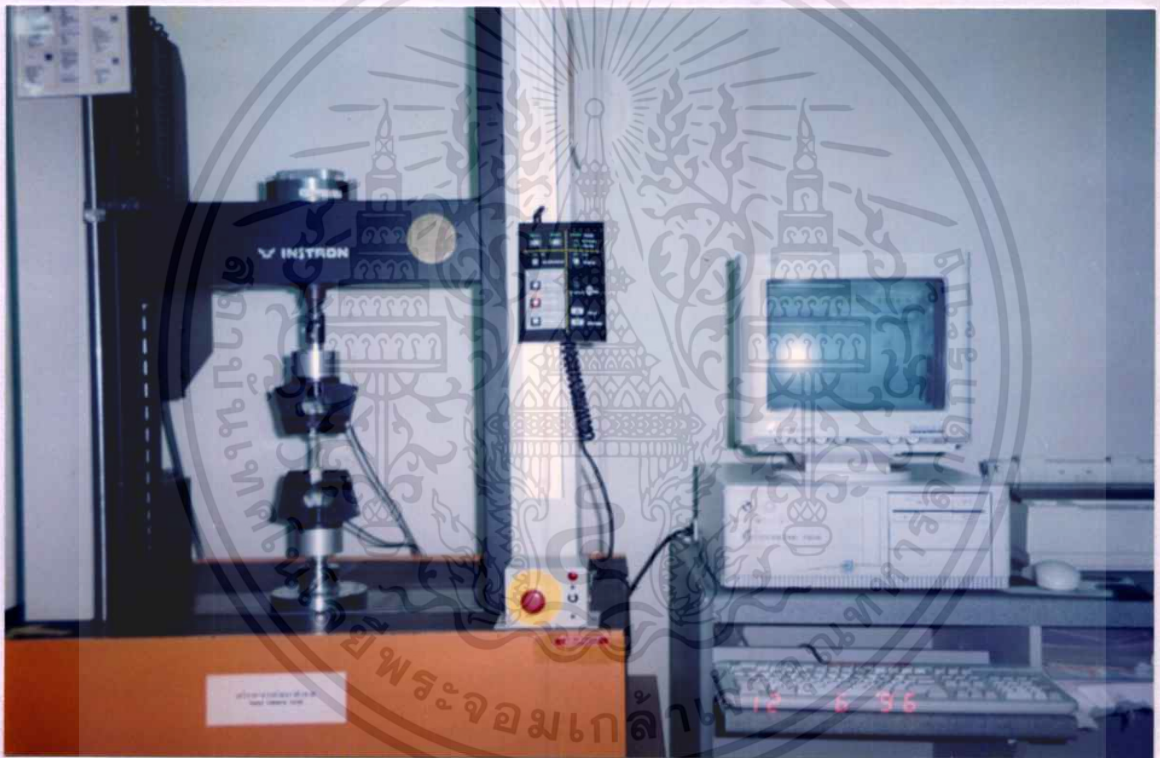
การทดสอบ : กำหนดสภาวะของเครื่องทดสอบแรงดึงขาด ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ ความเร็ว 100 มิลลิเมตร ต่อ นาที หลังจากนั้นนำฟิล์มตัดตามขนาดดังกล่าวทดสอบแรงดึงขาดและแรงฉีกขาดกับเครื่องทดสอบแรงดึงขาดและแรงฉีกขาด

การคำนวณ : แรงดึงขาดและแรงฉีกขาดที่วัดได้ด้วยเครื่อง คือ

$$\text{Tensile strength (kg / cm }^2 \text{)} = \frac{\text{แรงที่ดึงสูงสุด (กิโลกรัม)}}{\text{พื้นที่ผิวฟิล์มที่วัด (ตารางเซนติเมตร)}}$$

$$\text{Elongation (\%)} = \frac{\text{ความยาวตัวอย่างเมื่อฉีกขาด} - \text{ความยาวตัวอย่างเริ่มต้น} \times 100}{\text{ความยาวตัวอย่างเมื่อฉีกขาด}}$$

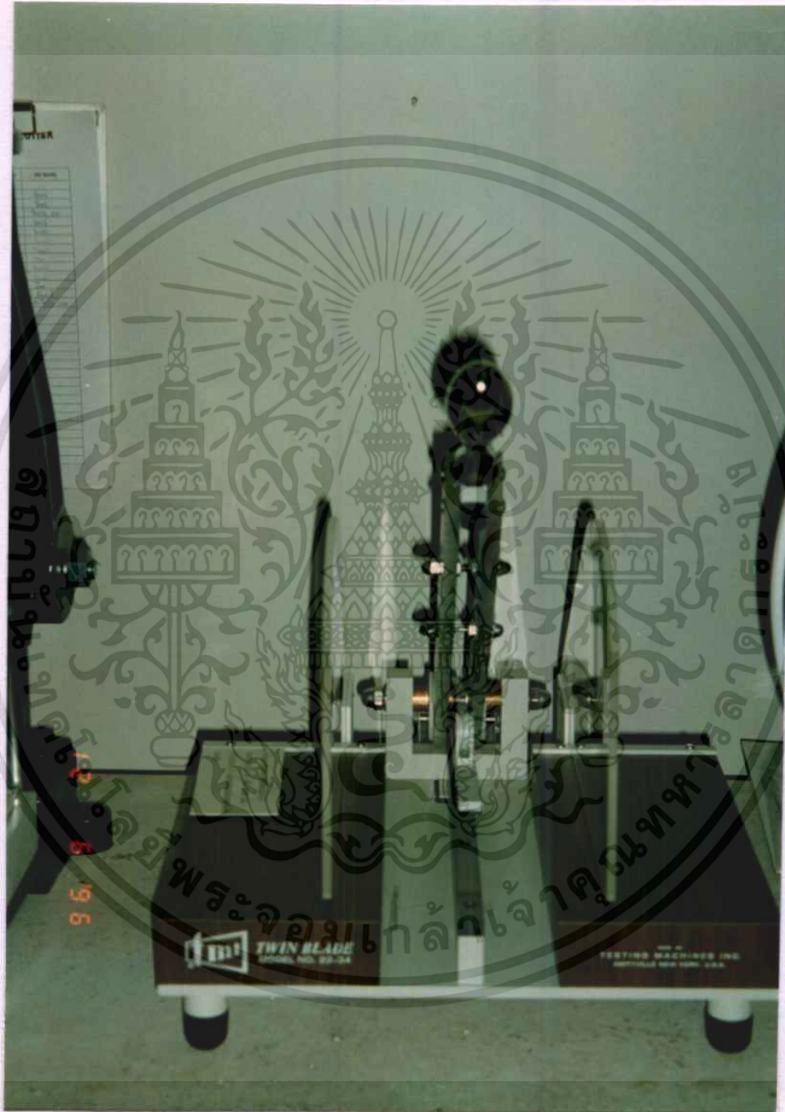
ภาพที่ 6



**แสดงการวัดแรงดึงขาดและแรงยึดตัวด้วยเครื่อง Instron Universal Testing Machine
(Model 1140)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7



แสดงเครื่องตัดแผ่นฟิล์มด้วยเครื่อง Twin blade testing machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4.6. คำนวณของการละลายน้ำของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว

(Water solubility index : WSI) ตามวิธีของ Gontard et.al (1992 : 190-199.)

อุปกรณ์ : ชุดทดสอบหาอัตราการละลาย , แผ่นฟิล์มกลมตัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซ็นติเมตร , สารละลายโซเดียมเอไซด์ (NaNO_2) 0.2 % , เครื่องเหวี่ยง , ตู้อบลมร้อน ปรับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

วิธีการ : นำแผ่นฟิล์มตามขนาดที่กำหนดชั่งน้ำหนักเริ่มต้น และแช่แผ่นฟิล์มที่ได้ในน้ำกลั่นที่เติมสารละลายโซเดียมเอไซด์ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ บ่มเก็บที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พร้อมทั้งเขย่าเป็นระยะๆ หลังจากนั้นนำฟิล์มแยกออกจากสารละลายและทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำฟิล์มทำให้เย็นชั่งน้ำหนักหลังการอบแห้งของฟิล์ม และคำนวณค่าการละลายน้ำ

การคำนวณ : ค่าการละลายน้ำของฟิล์มที่รับประทานได้ คือ

$$\% \text{ water solubility index} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

หมายเหตุ : A = น้ำหนักเริ่มต้นของแผ่นฟิล์ม คือส่วนที่ละลายน้ำ

B = น้ำหนักหลังการอบแห้งของแผ่นฟิล์ม คือส่วนที่ไม่ละลายน้ำ

7 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวจากสูตรที่เหมาะสม วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial design) ที่มีผลของปัจจัยในการผลิตฟิล์มที่สำคัญ 2 ปัจจัย คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลวต่อปริมาณของแข็ง (Liquid : Solid) เปรียบเทียบ 3 อัตราส่วน คือ 30 : 70 , 20 : 80 และ 10 : 90 และ เปรียบเทียบปริมาณ คาร์โบไฮเดรต : โปรตีน คือ 0.05 : 1 , 0.10 : 1 และ 0.15 : 1 ตามลำดับ และฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวจะถูกนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณความชื้น

นำข้อมูลที่ตรวจสอบตามข้อ 3.6.4 ทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Stat graphic version 3.0 คำนวณหาความสัมพันธ์ในรูปของค่าสหสัมพันธ์ (correlation coefficient) และอิทธิพลของปัจจัยทั้งสองในรูปของสมการถดถอยพหุคูณ ที่มีต่อคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของฟิล์ม ซึ่งได้แก่ อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapour transmission rate : WVTR), ความต้านทานแรงดึงขาด (tensile strength : TS), ค่าแรงยืดตัว (elongation : E) และดัชนีของการละลายน้ำ (water solubility index : WSI) ของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว ที่ระดับ $P \leq 0.05$

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

1.1 องค์ประกอบทางเคมีถั่วเขียว

ตารางที่ 2
องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว

องค์ประกอบทางเคมี ¹⁾	ร้อยละ
ความชื้น	8.84 ± 0.049
โปรตีน	18.23 ± 0.036
ไขมัน	1.06 ± 0.020
เยื่อใย	1.62 ± 0.064
เถ้า	3.44 ± 0.026
คาร์โบไฮเดรต ²⁾	66.82 ± 0.030

หมายเหตุ : ¹⁾ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 3 ครั้ง

²⁾ คาร์โบไฮเดรต = 100 - (% ความชื้น + % โปรตีน + % ไขมัน + % เยื่อใย + % เถ้า)

จากการทดลองใช้ถั่วเขียวที่ผ่านการกระเทาะเปลือก เปรียบเทียบ กับการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว พบว่า มีปริมาณโปรตีนอยู่ในเกณฑ์ที่สูง โดยอยู่ระหว่าง 20-31.2 % (สมชาย , 2523 : 27)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่การทดลองได้ปริมาณโปรตีนมีค่าเท่ากับ $18.23 \pm 0.036 \%$ โดยอยู่ในเกณฑ์ที่สูงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์มาก และองค์ประกอบอื่นๆ ในด้านความชื้น , ไขมัน , คาร์โบไฮเดรต , เยื่อใย และเถ้า คังแสดงใน (ตารางที่ 2)

2. การเตรียมโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

จากการสกัดโปรตีนจากถั่วเขียวโดยวิธีบดเปียกด้วยสารละลาย Na_2CO_3 0.1 N อัตราส่วนที่ใช้ระหว่างปริมาณถั่วเขียวต่อปริมาณของตัวทำละลายเท่ากับ 1 : 5 พบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างๆ ซึ่งจะมีค่า pH อยู่ในช่วง 7 - 7.6 จะสามารถป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (denature) ได้ดีที่สุด ที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการตีบป่น หรือไม่ สอดคล้องกับ วุฒิชัย (2526 : 144.) ศึกษาการเปรียบเทียบการสกัดโปรตีนโดยวิธีบดเปียกและบดแห้ง โดยใช้ตัวทำละลายชนิดเดียวกัน พบว่าการสกัดโปรตีนออกจากแป้งถั่วเขียวโดยวิธีบดเปียกจะให้ปริมาณโปรตีนมากกว่าบดโดยวิธีแห้ง

สารละลายโปรตีนที่แยกออกมาได้จะถูกนำมาปรับค่า pH ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 N ให้ได้ pH 4.5 เนื่องจากค่า pH ในช่วงนี้เป็นช่วง Isoelectric point (pI) ของโปรตีน ซึ่งโปรตีนละลายในระดับที่ต่ำที่สุด จึงสามารถทำให้โปรตีนตกตะกอนลงมามากที่สุดเช่นเดียวกับ (วุฒิชัย , 2526 : 144 , Hang , 1970 : 313-320. , Thompson , 1977 : 202-206. และ Wimolrat and Athapol , 1994 : 67)

ในการศึกษาประสิทธิภาพในการละลายโปรตีนแยกออกจากถั่วเขียวด้วย Na_2CO_3 0.1 N พบว่าประสิทธิภาพในการละลายโปรตีนออกจากถั่วเขียว (Extraction efficiency) มีค่าเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์ และ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนโปรตีนออกจากถั่วเขียว (Precipitation - efficiency) มีค่าเท่ากับ 84.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาคผนวก ค)

ในขณะที่ วุฒิชัย (2526 : 144) ใช้ Na_2CO_3 0.1 N ในการละลายโปรตีนออกจากถั่วเขียวสามารถละลายโปรตีนได้สูงถึง 92.45 % และสามารถตกตะกอนที่ค่า pI ได้ % yield อยู่ระหว่าง 11.51-15.65 %

ซึ่ง Wimolrat และ Athapol (1994 : 67) ใช้ Ca_2CO_3 0.05-0.15 N ในการละลายโปรตีนออกจากรำทิ้งของโรงงานวันเส้นที่ pH ระหว่าง 3.9-4.5 และตกตะกอนโปรตีนที่ pI พบว่าได้ % yield ของโปรตีนอยู่ระหว่าง 9.35-9.53 %

นอกจากนี้ยังพบว่า Sathe และ Sahmkhe (1981c : 617-621.) ใช้สารละลายเกลือหลายชนิดในการละลายโปรตีนในสารละลาย พบว่า Na_2CO_3 ที่ความเข้มข้นต่ำๆ สามารถละลายโปรตีนลงสู่สารละลายได้มากที่สุดเช่นเดียวกัน

จากการทดลองพบว่าโปรตีนที่ตกตะกอนได้จะมีสีเหลืองอ่อน (ภาพที่ 8) เช่นเดียวกับโปรตีนที่ตกตะกอนได้จากน้ำทิ้งของโรงงานวันเส้น (Wimolrat and Athapol , 1994 : 67)

ภาพที่ 8



แสดงโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวในขณะที่ตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 การเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว พร้อมสูตรที่เหมาะสม

จากการทดลองถึงความเป็นไปได้ของการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว โดยศึกษาเบื้องต้นก่อนเก็บข้อมูลสำหรับงานทดลองวิจัยนี้ โดยอาศัยอัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง ของของผสมที่ใช้ในการเตรียมฟิล์ม พบว่าระดับอัตราส่วนที่ต่ำกว่า 30 : 70 ไม่สามารถที่จะเกิดเป็นแผ่นฟิล์มได้ (ภาคผนวก ก) เนื่องจากปริมาณของแข็งซึ่งอยู่ในรูปของโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวในของผสมมีปริมาณค่อนข้างน้อย และเมื่อใช้ส่วนผสมที่มีปริมาณของของเหลวต่ำๆ ในอัตราส่วนของแข็ง 100 ส่วน การขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มจะกระทำได้ยาก และ จะทำให้ฟิล์มแตกได้ง่ายเนื่องจากปริมาณน้ำที่มีอยู่ในส่วนผสมจะช่วยให้โครงสร้างมีการยึดหยุ่นและการเกิดเป็นร่างแหของฟิล์มที่คั้นนั้นน้อยเกินไปเช่นเดียวกับฟิล์มที่ผลิตได้จากการทดลองของ Wu และ Bates (1973 : 783-787.) ศึกษาอิทธิพลของส่วนประกอบของฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับอัตราส่วนของโปรตีน : ไขมัน พบว่าปริมาณโปรตีนเพียงชนิดเดียวจะไม่สามารถเกิดลักษณะของฟิล์มที่ดีได้

การผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว โดยใช้เมล็ดถั่วเขียวที่ผ่านการปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก พบว่าฟิล์มสกัดโปรตีนถั่วเขียวที่ไม่ปอกเปลือกมีลักษณะสีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากผลของเปลือกถั่วเขียวซึ่งมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase) ที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนกับอากาศในระหว่างการสกัด เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบกลุ่มฟีนอล (Phenolic compounds) ให้เปลี่ยนไปเป็นสารประกอบกลุ่มควิโนน (Quinone - compounds) เกิดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Browning reaction) เช่นเดียวกับการทดลองของ Charley (1972 : 78-83.) และจากการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนที่ปอกเปลือกจะให้สีเหลืองอ่อนที่มีลักษณะที่ดีกว่า (ภาพที่ 9)

ในการทดลองยังพบว่าการผลิตฟิล์มที่อัตราส่วน 20 : 80 สามารถเกิดเป็นแผ่นฟิล์มได้ค่อนข้างดี แต่ฟิล์มที่ได้จะอ่อนตัว และขาดได้ง่ายเมื่อทำการลอกออกเป็นแผ่นฟิล์มจากแผ่นกระดาษ จึงมีการเติมคาร์โบไฮเดรตลงไปบางส่วน เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมยึดโครงสร้างของโปรตีน ทำให้ฟิล์มมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ซึ่งการทดลองได้ใช้แป้งข้าวเหนียว เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวมีขนาดเม็ดของสสารเล็กเพียง 2 - 7 ไมครอน (ศิริพรรณ และ นพรัตน์ , 2528 : 7) เมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดสสารชนิดอื่นๆ มีผลทำให้มีพื้นที่ผิวมากในการรวมตัวกับส่วนผสมเกิดเจลาตินไนซ์ได้ดีกว่า

นอกจากนี้ในส่วนผสม ยังใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ เพื่อเสริมคุณสมบัติในการยึดหยุ่นของแผ่นฟิล์มพบว่าปริมาณที่ใช้ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ (ของน้ำหนักแห้ง) จะให้แผ่น

ฟิล์มโปรตีนสกัดถั่วเขียวที่สมบูรณ์ สอดคล้องกับการทดลองของ Catherine et. al. , (1995 : 2762-2767.) ที่มีการศึกษาผลของกลีเซอรอลของฟิล์มจากเมล็ดฝ้ายในปริมาณที่ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จะให้แผ่นฟิล์มที่เปราะและแตกง่าย และปริมาณกลีเซอรอลในระดับ 10-30 เปอร์เซ็นต์ จะให้ลักษณะฟิล์มที่ดี

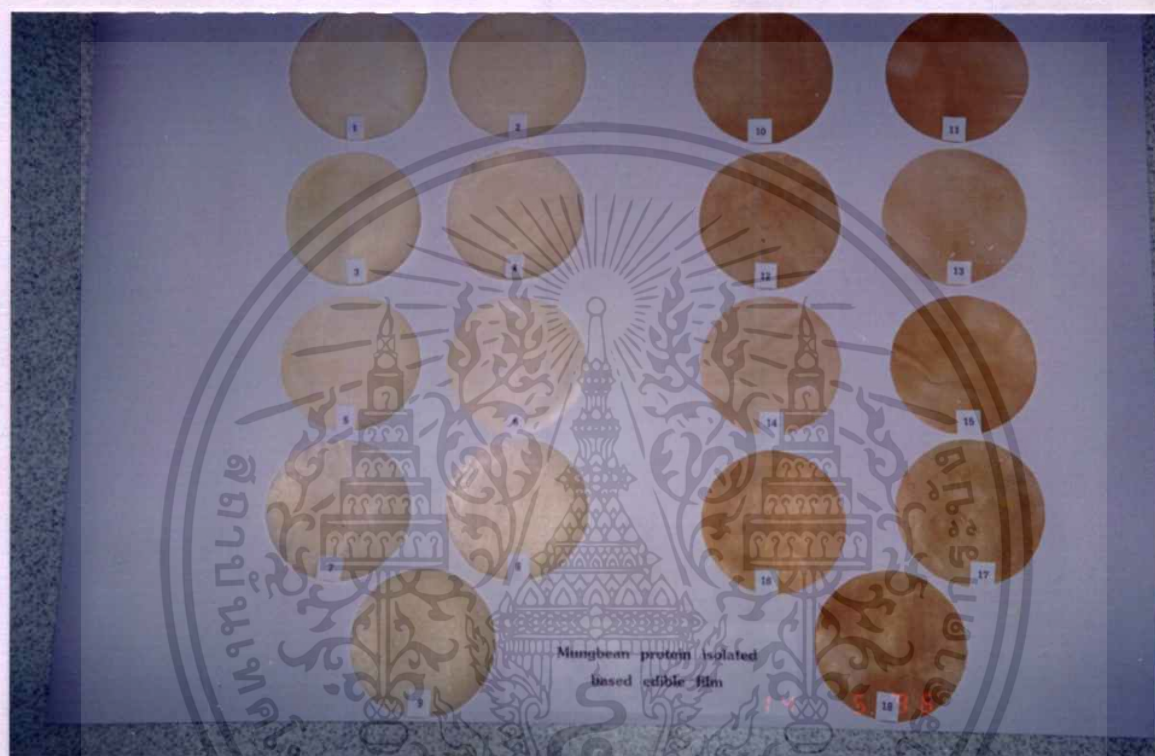
เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอรในการทดลองของ Wimolrat และ Athapol (1994 : 67.) โดยใช้ปริมาณกลีเซอรอล 3 ระดับ (0.5 , 1.0 และ 1.5 %) ต่อปริมาณความเข้มข้นของโปรตีนถั่วเขียว 3 ระดับ เช่นเดียวกัน (5 , 10 และ 15 %) พบว่าปริมาณกลีเซอรอลที่ระดับ 1 และ 1.5 % ในปริมาณโปรตีนที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 5 % จะให้ลักษณะส่วนผสมที่ชั้นหนืด ไม่สามารถที่จะกลายเป็นแผ่นฟิล์มได้ แต่ที่ระดับความเข้มข้นของโปรตีนที่ 15 % กับความเข้มข้นของกลีเซอรอลทั้ง 3 ระดับจะสามารถกลายเป็นแผ่นฟิล์มได้ดี ฟิล์มที่ได้จะเป็นแผ่นบางสีเหลืองน้ำตาล (brownish - yellow color)

ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของกลีเซอรอลเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก สามารถละลายในน้ำได้ จึงสามารถจะแทรกเข้าไประหว่างสายของโปรตีน และเกิดพันธะไฮโดรเจนกับหมู่อะมิโน (amino group) Gontrad et. al. (1993 : 212-214) ทำให้ยี่ห้อที่มีการเคลื่อนไหวของสายโปรตีนมากขึ้น จึงสามารถลอกเป็นแผ่นฟิล์มได้ง่ายหลังจากการทำแห้ง

ส่วนความร้อนที่ให้กับของผสมในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวในระหว่างขั้นตอนการผสม (ภาพที่ 3) พบว่าการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที ด้วยเครื่องผสมแบบมีใบพัดกวนที่ความเร็วรอบ เท่ากับ 180 รอบ / นาที ซึ่งเหมาะสมที่จะทำให้ออกของผสมเกิดเจลได้ดี และสามารถกลายเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ได้ ในการทำแห้งแผ่นฟิล์มในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จะทำให้ฟิล์มแห้งและสามารถลอกออกเป็นแผ่นได้ดี สอดคล้องกับการทดลองของ Jaynes และ Chou (1975 : 86.) ซึ่งใช้การอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส กับฟิล์มโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเหลืองให้ฟิล์มที่แห้งสมบูรณ์ และยังสอดคล้องกับ Farnum et. al. (1976 : 201.) ที่ได้ศึกษาการให้ความร้อนในการทำแห้งแก่แผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิที่สูงถึง 98 องศาเซลเซียส พบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้จะเปราะและแตก เนื่องจากได้รับความร้อนสูงเกินไป

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลข้างต้น ในการทดลองดังกล่าว ความเป็นไปได้ในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดที่สกัดได้จากถั่วเขียวที่เหมาะสม ที่ระดับอัตราส่วนปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง ของส่วนผสมนั้นที่ระดับ 10 : 90 และปริมาณคาร์โบไฮเดรต : โปรตีนที่ระดับ 0.15 : 1 จะสามารถเกิดเป็นแผ่นฟิล์มได้ดี มีลักษณะฟิล์มเป็นแผ่นบางสีเหลืองอ่อนใส (ภาพที่ 9)

ภาพที่ 9



ถั่วเขียวที่กระเทาะเปลือกออก

ถั่วเขียวทั้งเมล็ด

ฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวที่แสดงอัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีนของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวที่ระดับต่างๆ

หมายเหตุ :

ฟิล์มหมายเลข 1 และ 10 = 30:70(0.05 : 1) , ฟิล์มหมายเลข 6 และ 15 = 20:80(0.05 : 1)

2 และ 11 = 30:70(0.10 : 1)

7 และ 16 = 10:90(0.05 : 1)

3 และ 12 = 30:70(0.15 : 1)

8 และ 17 = 10:90(0.10 : 1)

4 และ 13 = 20:80(0.05 : 1)

9 และ 18 = 10:90(0.15 : 1)

5 และ 14 = 20:80(0.10 : 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 ศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีบางประการของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดวัว เจียวจากสูตรที่เหมาะสม

4.1 ปริมาณความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดวัวเจียว

จากการทดลอง พบว่าที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว ต่อ ปริมาณของแข็งใน
สารละลายผสมที่ระดับ 30 : 70 , 20 : 80 และ 10 : 90 ในทุกอัตราส่วนระหว่าง
คาร์โบไฮเดรต ต่อ โปรตีน (0.05 : 1 , 0.10 : 1 และ 0.15 : 1) มีปริมาณความชื้นของแผ่น
ฟิล์มอยู่ระหว่าง 22.554 - 28.056 % (การทดลองที่ 3.4.4.1) (ตารางที่ 3)

โดยฟิล์มที่ผลิตได้จากอัตราส่วนปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณ
คาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่ระดับ 30 : 70 (0.05 : 1) มีความชื้นสูงที่สุด ในขณะที่ฟิล์ม
ที่ผลิตได้จากอัตราส่วน ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต :
ปริมาณโปรตีน ที่ระดับ 10 : 90 (0.15 : 1) มีความชื้นที่ต่ำที่สุด (ภาพที่ 10) เนื่องจาก
ปริมาณของเหลวในส่วนผสมมีปริมาณน้อยกว่าอัตราส่วนอื่นๆ เมื่อทำการอบแห้งแล้ว ความชื้น
จึงเหลืออยู่จึงน้อยกว่าอัตราส่วนอื่น

ตารางที่ 3

ปริมาณความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

Treatment No.	Factor		Physical and Chemical properties
	Liquid (L : S)	Carbohydrate (C : P)	Moisture (%)
1	30 (30 : 70)	0.05 (0.05 : 1)	28.056 ± 1.220
2	30 (30 : 70)	0.10 (0.10 : 1)	27.221 ± 3.835
3	30 (30 : 70)	0.15 (0.15 : 1)	25.419 ± 3.099
4	20 (20 : 80)	0.05 (0.05 : 1)	24.513 ± 3.291
5	20 (20 : 80)	0.10 (0.10 : 1)	26.350 ± 1.414
6	20 (20 : 80)	0.15 (0.15 : 1)	27.549 ± 1.037
7	10 (10 : 90)	0.05 (0.05 : 1)	23.740 ± 0.599
8	10 (10 : 90)	0.10 (0.10 : 1)	24.811 ± 0.757
9	10 (10 : 90)	0.15 (0.15 : 1)	22.554 ± 0.532

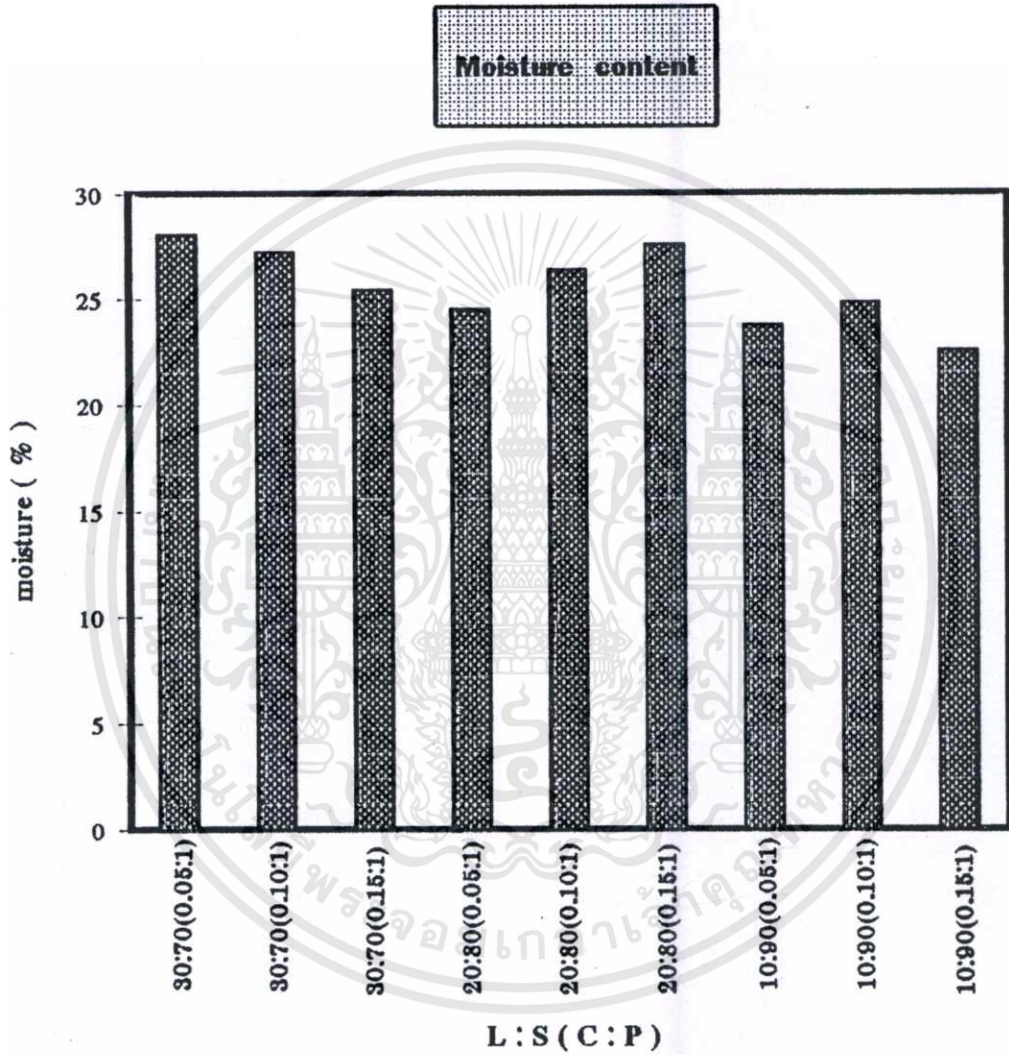
หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

2) อัตราส่วนของเหลว : ของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

3) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสูตร (C : P ; กรัม / กรัมโปรตีนสกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10



แสดงปริมาณความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดตัวเขียว

4.2 ความหนาของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

จากการทดลองที่ระดับอัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็งที่ระดับ 30 : 70 , 20 : 80 และ 10 : 90 ในทุกอัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต : โปรตีน (3 อัตราส่วน คือ 0.05 : 1 , 0.10 : 1 และ 0.15 : 1) พบว่ามีความหนาของแผ่นฟิล์มอยู่ระหว่าง 0.1041 - 0.1666 มิลลิเมตร โดยที่ฟิล์มที่ผลิตได้จากอัตราส่วนปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง (20 : 80) และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีนที่ระดับ (0.15 : 1) มีความหนาสูงที่สุด ในขณะที่ฟิล์มที่ผลิตได้จากอัตราส่วน ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง (30 : 70) และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน (0.05 : 1) ในการทดลองที่ 3.4.4.2 (ตารางที่ 4) มีความหนาที่ต่ำที่สุด (ภาพที่ 11)

เปรียบเทียบความหนาของฟิล์มพลาสติกโดยทั่วไปจะมีค่าน้อยกว่า 0.01 มิลลิเมตร (Anon , 1973 : 568.) แต่ฟิล์มที่ได้จากการทดลองของฟิล์มจากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวมีความหนามากกว่า 0.01 มิลลิเมตร เนื่องจากขั้นตอนการผลิตจะใช้วิธี Solvent casting ด้วยการนำของผสมของฟิล์มที่เตรียมได้มาเกลี่ยลงกระจกและใช้ลูกกลิ้งบดทับให้เกิดการแผ่เป็นแผ่นฟิล์มบาง ที่ใช้ในการเตรียมฟิล์ม ดังนั้นทำให้ควบคุมความหนาได้ลำบาก เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยวิธีอื่นๆ (Greener และ Pennema , 1989 : 1400-1406.) ดังนั้นในขั้นตอนของการเตรียมแผ่นฟิล์ม โดยใช้เครื่องมือในการทำแห้ง เช่น Drum dryer ที่สามารถปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งสองลูกได้ ก็จะสามารถควบคุมความหนาได้สม่ำเสมอ

เมื่อเปรียบเทียบกับ Wimolrat และ Athapol (1994 : 67) ศึกษาการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวจากน้ำทิ้งของโรงงานวันเส้น โดยการเกลี่ยส่วนผสมลงบนจานแก้ว ด้วยจานเทฟลอน (Teflon) และจานพลาสติก (Plastic plate) พบว่า ฟิล์มที่เกลี่ยบนจานพลาสติกจะมีความบางที่สุด โดยมีความหนาเท่ากับ 0.09 ± 0.03 มิลลิเมตร

ตารางที่ 4

ความหนาของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

Treatment No.	Factor		Physical and Chemical properties
	Liquid (L : S)	Carbohydrate (C : P)	Thickness (mm.)
1	30 (30 : 70)	0.05 (0.05 : 1)	0.1041 ± 0.016
2	30 (30 : 70)	0.10 (0.10 : 1)	0.1375 ± 0.045
3	30 (30 : 70)	0.15 (0.15 : 1)	0.1500 ± 0.045
4	20 (20 : 80)	0.05 (0.05 : 1)	0.1541 ± 0.019
5	20 (20 : 80)	0.10 (0.10 : 1)	0.1500 ± 0.012
6	20 (20 : 80)	0.15 (0.15 : 1)	0.1666 ± 0.019
7	10 (10 : 90)	0.05 (0.05 : 1)	0.1625 ± 0.025
8	10 (10 : 90)	0.10 (0.10 : 1)	0.1433 ± 0.027
9	10 (10 : 90)	0.15 (0.15 : 1)	0.1591 ± 0.033

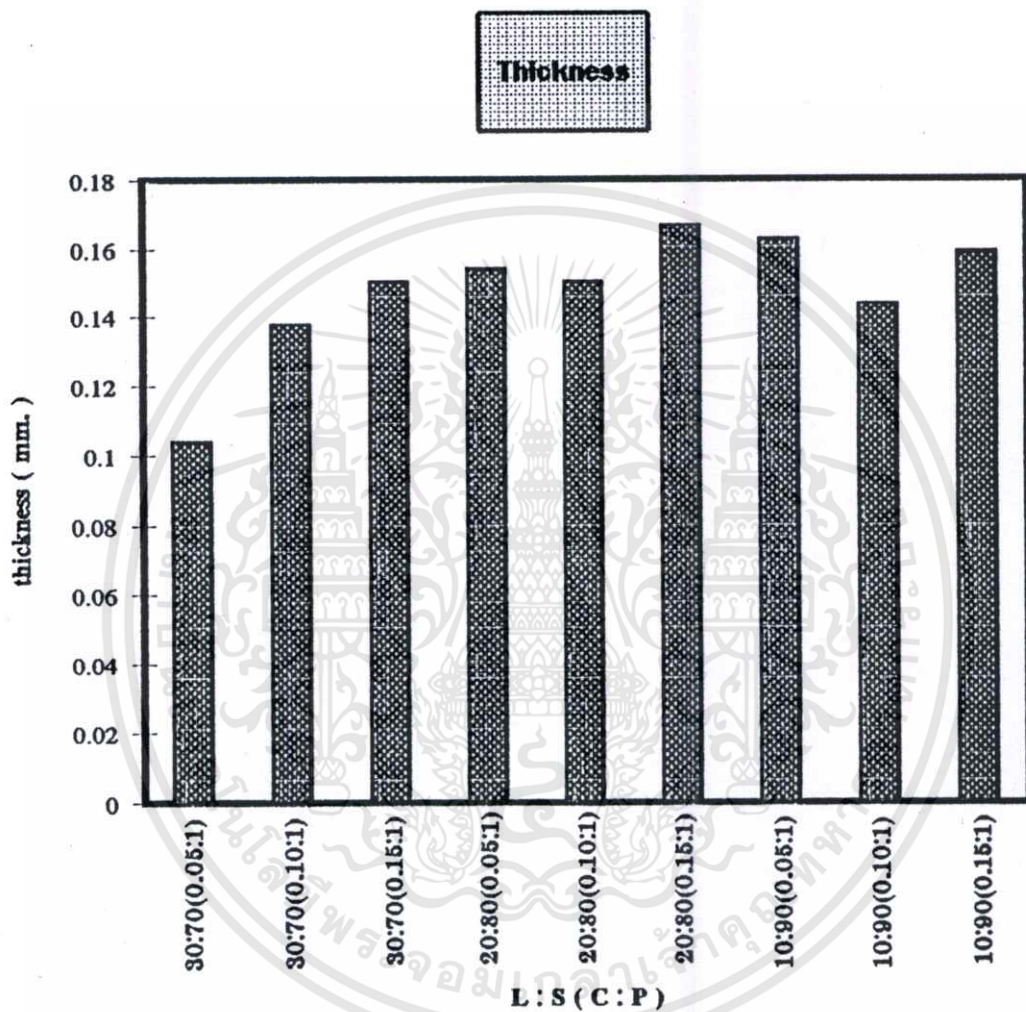
หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

2) อัตราส่วนของเหลว : ของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

3) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสูตร (C : P ; กรัม / กรัมโปรตีนสกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11



แสดงความหนาของฟิล์มที่รับประทานจากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

4.3 ความต้านทานน้ำมันของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว

จากการทดลองหาค่าความต้านทานน้ำมันของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว ที่อัตราส่วนของปริมาณของเหลว ต่อ ปริมาณของแข็งที่ระดับ 30 : 70 , 20 : 80 และ 10 : 90 ในทุกอัตราส่วนของปริมาณ คาร์โบไฮเดรต ต่อ โปรตีนที่ระดับ 0.05 : 1 , 0.10 : 1 และ 0.15 : 1 ตามลำดับ (การทดลองที่ 3.4.4.3) พบว่าไม่มีการซึมผ่านของน้ำมันในฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวในเวลาที่ยาวกว่า 36 ชั่วโมง ขณะที่ Wimolrat และ Athapol (1994 : 67) ศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวจากน้ำทิ้งของโรงงานวันเส้น พบว่าผลของฟิล์มที่ได้มีค่าต่ออัตราการซึมผ่านของน้ำมัน ในการกั้นการซึมผ่านของน้ำมันสนได้นานไม่น้อยกว่า 30 นาที

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานน้ำมันของฟิล์มที่ได้จากการทดลอง กับ ฟิล์มที่ผลิตจากอะไมโดสโคไซกัลลิเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ จากผลการทดลองของ Wolff et. al. (1951 : 4) ฟิล์มที่ได้สามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำมันได้มากกว่า 36 ชั่วโมง เช่นเดียวกัน ถึงแม้ว่าวัสดุที่ใช้จะแตกต่างกัน

4.4. อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว

จากผลการทดลองหาอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Y) ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของการซึมผ่านของไอน้ำ คือ อัตราส่วนปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง (X₁) และ อัตราส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน (X₂) ในส่วนผสม โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) และสมการถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple-regression) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 (ภาคผนวก จ) โดยสมการถดถอยพหุคูณ คือ

$$Y = 5.903162 + 0.215837(X_1) - 17.28111111(X_2) - 0.004305(X_1)^2$$

$$(R^2 = 0.5175)$$

พบว่าถ้าอัตราส่วนของปริมาณของเหลวที่ลดลง : ปริมาณของแข็ง 100 กรัม ค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) จะสูงขึ้นตาม ในขณะที่เมื่ออัตราส่วนของ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน เพิ่มสูงขึ้นค่า WVTR จะลดลง อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 14) (ภาพที่ 12)

ฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวที่ระดับปริมาณของเหลว ต่อ ปริมาณของแข็ง ที่ระดับ 10 : 90 และระดับอัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่ระดับ 0.15 : 1 (การทดลองที่ 3.4.4.4) ให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำสุด เท่ากับ 5.323 กรัม / ตารางเมตร / วัน. ในขณะที่ ระดับปริมาณของเหลว ต่อ ปริมาณของแข็ง ที่ระดับ 30 : 70 และระดับอัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่ระดับ 0.05 : 1 ให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำสูงสุด เท่ากับ 7.533 กรัม / ตารางเมตร / วัน (ตารางที่ 5) เนื่องจากอัตราส่วนของปริมาณของแข็งและคาร์โบไฮเดรตที่เติมลงในส่วนผสมอยู่ในระดับที่สูงกว่าอัตราส่วนอื่นๆ จึงให้ส่วนผสมมีปริมาณส่วนของโพลีเมอร์มาก เกิดการสานกันเป็นร่างแหอัดกันแน่นมากกว่า สามารถที่จะต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำได้สูงเช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มที่ได้จากการทดลองของ Wimolrat และ Athapol (1994 : 67) พบว่าฟิล์มโปรตีนที่ผลิตได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวในน้ำทิ้งของโรงงานวันเส้นวัดค่า WVTR อยู่ระหว่าง 16.58 - 37.15 กรัม / ตารางเมตร / วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของกลีเซอรอล

ตารางที่ 5

อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

Treatment No.	Factor		Physical and Chemical properties
	Liquid (L : S)	Carbohydrate (C : P)	WVTR (g / m ² / day)
1	30 (30 : 70)	0.05 (0.05 : 1)	7.533 ± 1.001
2	30 (30 : 70)	0.10 (0.10 : 1)	7.443 ± 0.426
3	30 (30 : 70)	0.15 (0.15 : 1)	7.257 ± 0.601
4	20 (20 : 80)	0.05 (0.05 : 1)	6.417 ± 1.039
5	20 (20 : 80)	0.10 (0.10 : 1)	5.824 ± 0.364
6	20 (20 : 80)	0.15 (0.15 : 1)	5.388 ± 0.053
7	10 (10 : 90)	0.05 (0.05 : 1)	5.359 ± 1.474
8	10 (10 : 90)	0.10 (0.10 : 1)	5.323 ± 0.251
9	10 (10 : 90)	0.15 (0.15 : 1)	4.750 ± 0.871

หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

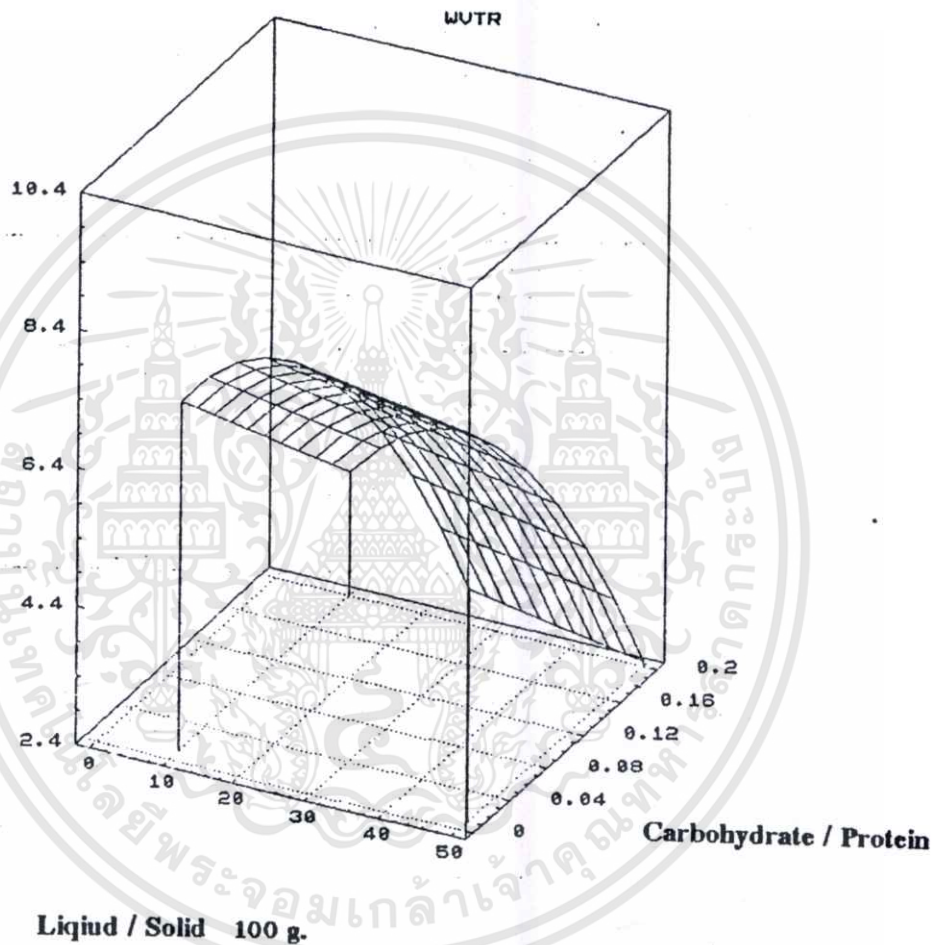
2) อัตราส่วนของเหลว : ของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

3) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสูตร (C : P ; กรัม / กรัม โปรตีนสกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 12



แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ต่อการซึมผ่านของไอน้ำ ของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5. ความต้านทานแรงดึงขาดและแรงยึดตัวของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว

4.5.1 ความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile strength : TS)

จากผลการทดลองหาความต้านทานแรงดึงขาด (Y) ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของความต้านทานแรงดึงขาด คือ อัตราส่วนปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง (X₁) และ อัตราส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน (X₂) ในส่วนผสม โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) และสมการถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 (ภาคผนวก จ) โดยสมการถดถอยพหุคูณ คือ

$$Y = 0.368917 + 0.047712 (X_1) + 0.703712 (X_2) - 0.000918 (X_1)^2 + 23.111111 (X_2)^2 - 0.079074 (X_1 X_2)$$

(R² = 0.6819)

พบว่าถ้าอัตราส่วนของปริมาณของเหลว ลดลง : ปริมาณของแข็ง 100 กรัม ค่าความต้านทานแรงดึงขาด จะสูงขึ้น ในขณะที่ เมื่ออัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน เพิ่มขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึงขาด จะสูงขึ้นเช่นเดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 14) (ภาพที่ 13)

ฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง เท่ากับ 10 : 90 และอัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน เท่ากับ 0.15 : 1 (การทดลองที่ 3.4.4.5) ให้ความต้านทานแรงดึงขาดสูงสุด เท่ากับ 1.3280 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร ในขณะที่ ระดับปริมาณของเหลว ต่อ ปริมาณของแข็ง ที่ระดับ 30 : 70 และระดับอัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่ระดับ 0.05 : 1 ให้ความต้านทานแรงดึงขาดต่ำสุด เท่ากับ 0.6640 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร (ตารางที่ 6) เมื่อเปรียบเทียบกับ Wimokrat และ Athapol (1994 : 67) พบว่าฟิล์มที่ผลิตจากโปรตีนสกัดถั่วเขียวจากน้ำทิ้งของโรงงานวันเส้น ที่มีปริมาณโปรตีน 5 - 15 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ปริมาณกลีเซอรอล 0.5 - 1.5 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าต้านทานแรงดึงขาด ระหว่าง 0.74 - 0.98 Mpa (0.74 - 0.98 x 10⁻¹⁰ กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร)

สอดคล้องกับ Gennadios และ Weller (1991 : 63) ศึกษาการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากกูดเตนข้าวสาลี โดยให้ค่าแรงดึงขาดเท่ากับ 1.8 MPa. (1.8×10^{-10} กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร) เนื่องจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูงขึ้น สามารถที่จะแทรกกระหว่างสายโปรตีนให้เกิดพันธะเชื่อมข้ามมากขึ้น โครงสร้างที่เกิดเป็นร่างแหแข็งแรงมากขึ้น ส่งผลให้ความต้านทานแรงดึงขาด มีค่าสูงขึ้นตาม



ตารางที่ 6

ความต้านทานแรงดึงของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

Treatment No.	Factor		Physical and Chemical properties
	Liquid (L : S)	Carbohydrate (C : P)	Tensile strength (kg / cm ²) (TS.)
1	30 (30 : 70)	0.05 (0.05 : 1)	0.6640 ± 0.042
2	30 (30 : 70)	0.10 (0.10 : 1)	0.7340 ± 0.129
3	30 (30 : 70)	0.15 (0.15 : 1)	0.8620 ± 0.297
4	20 (20 : 80)	0.05 (0.05 : 1)	0.8620 ± 0.133
5	20 (20 : 80)	0.10 (0.10 : 1)	0.9460 ± 0.262
6	20 (20 : 80)	0.15 (0.15 : 1)	1.0340 ± 0.328
7	10 (10 : 90)	0.05 (0.05 : 1)	1.1200 ± 0.258
8	10 (10 : 90)	0.10 (0.10 : 1)	1.3180 ± 0.486
9	10 (10 : 90)	0.15 (0.15 : 1)	1.3280 ± 0.118

หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

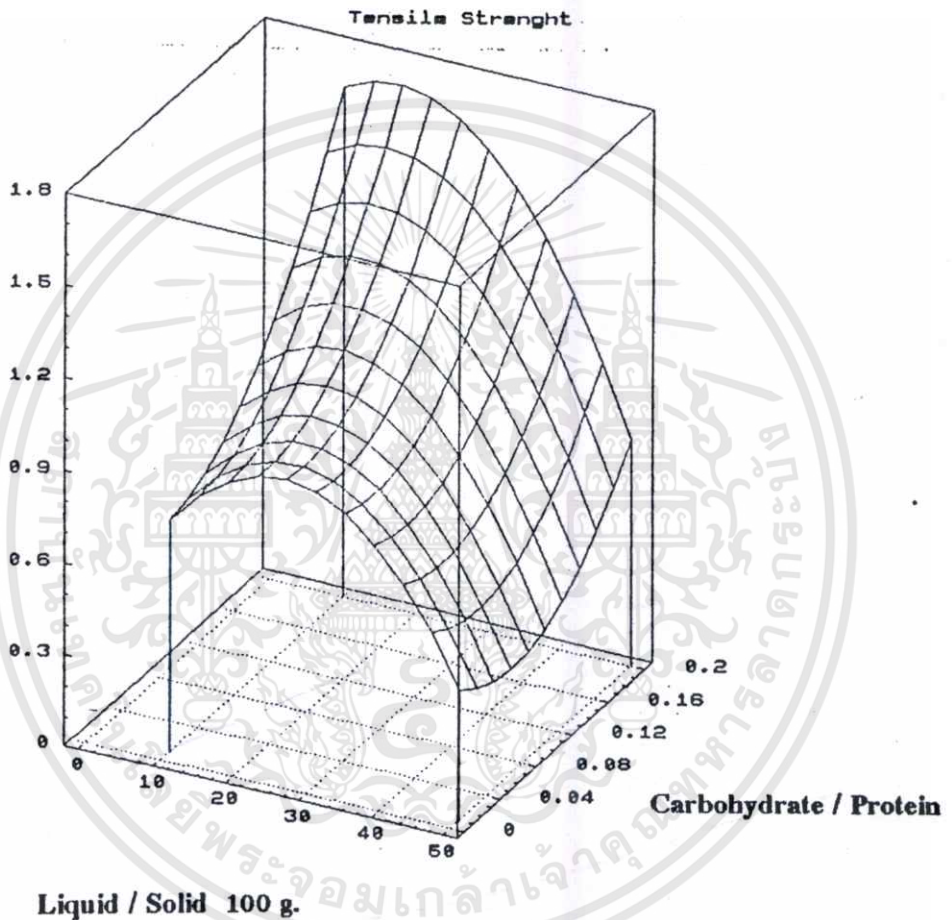
2) อัตราส่วนของเหลว : ของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

3) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสูตร (C : P ; กรัม / กรัมโปรตีนสกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13



แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ต่อความต้านทานแรงดึงขาด ของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว

4.5.2. การยืดตัว (Elongation : E)

จากผลการทดลองหาค่าการยืดตัว (Y) ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของการยืดตัว คือ อัตราส่วนปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง (X_1) และ อัตราส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน (X_2) ในส่วนผสม โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) และสมการถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 (ภาคผนวก จ) โดยสมการถดถอยพหุคูณ คือ

$$Y = 17.526826 + 0.262963 (X_1) - 261.140312 (X_2) + 1593.111111 (X_2)^2 - 1.691094 (X_1 X_2)$$

($R^2 = 0.4391$)

พบว่าถ้าอัตราส่วนของปริมาณของเหลว สูงขึ้น : ปริมาณของแข็ง 100 กรัม ค่า การยืดตัว จะสูงขึ้นตาม ในขณะที่ อัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน เพิ่มขึ้น ค่า การยืดตัว จะสูงขึ้นเช่นเดียวกัน โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14) (ภาพที่ 14)

ฟิล์มที่ระดับปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง เท่ากับ 10 : 90 และระดับอัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน เท่ากับ 0.15 : 1 (การทดลองที่ 3.4.4.5) ให้ค่าแรงยืดตัวสูงสุด เท่ากับ 17.334 % ในขณะที่ ระดับปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง เท่ากับ 30 : 70 และระดับอัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่ระดับ 0.05 : 1 ให้ค่าแรงยืดตัวต่ำสุด เท่ากับ 9.3340 % (ตารางที่ 7) เมื่อเปรียบเทียบกับ Wimokrat และ Athapol (1994 : 67) พบว่าฟิล์มที่ผลิตจากโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวจากน้ำทิ้งของโรงงานวันเส้น มีปริมาณโปรตีน 5 - 15 % โดยใช้กลีเซอรอล 0.5 - 1.5 % ให้ค่าแรงยืดตัว ระหว่าง 17.6 - 145.6 %

ตารางที่ 7

แรงยึดตัวของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

Treatment No.	Factor		Physical and Chemical properties
	Liquid (L : S)	Carbohydrate (C : P)	Elongation (%) (E)
1	30 (30 : 70)	0.05 (0.05 : 1)	9.3340 ± 2.134
2	30 (30 : 70)	0.10 (0.10 : 1)	10.666 ± 0.000
3	30 (30 : 70)	0.15 (0.15 : 1)	11.666 ± 2.886
4	20 (20 : 80)	0.05 (0.05 : 1)	12.666 ± 2.701
5	20 (20 : 80)	0.10 (0.10 : 1)	13.580 ± 3.718
6	20 (20 : 80)	0.15 (0.15 : 1)	14.000 ± 2.550
7	10 (10 : 90)	0.05 (0.05 : 1)	14.334 ± 2.604
8	10 (10 : 90)	0.10 (0.10 : 1)	16.002 ± 2.004
9	10 (10 : 90)	0.15 (0.15 : 1)	17.334 ± 2.065

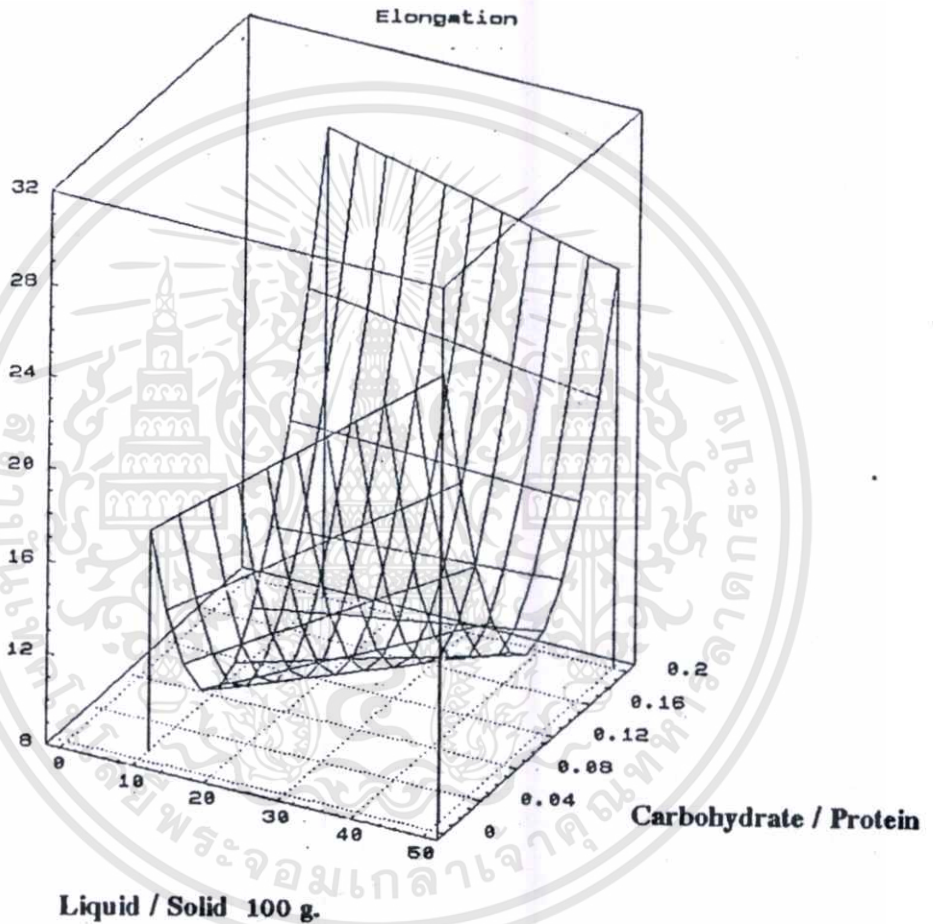
หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

2) อัตราส่วนของเหลว : ของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

3) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสูตร (C : P ; กรัม / กรัมโปรตีนสกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ขอสงวนสิทธิ์ในด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 14



แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ต่อแรงยึดตัวของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 คำนีการละลายน้ำของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

จากผลการทดลองหาคำนีการละลายน้ำ (Y) ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของการการละลายน้ำ คือ อัตราส่วนปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง (X₁) และ อัตราส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน (X₂) ในส่วนผสม โดยการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) และสมการถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 (ภาคผนวก จ) โดยสมการถดถอยพหุคูณ คือ

$$Y = 15.773889 + 1.468378(X_1) - 58.431957(X_2) - 0.020193(X_1)^2 + 422.466667(X_2)^2 - 0.314138(X_1X_2)$$

(R² = 0.8880)

พบว่าถ้าอัตราส่วนของปริมาณของเหลว ลดลง : ปริมาณของแข็ง 100 กรัม คำนีการละลายน้ำ จะลดลง ในขณะที่ อัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน เพิ่มขึ้น คำนีการละลายน้ำ จะสูงขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14) (ภาพที่ 15)

ฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียวที่ระดับปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง ที่ระดับ 10 : 90 (การทดลองที่ 3.4.4.6) และระดับอัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่ระดับ 0.10 : 1 ให้ค่าการละลายน้ำสูงสุด เท่ากับ 41.069 % ในขณะที่ ระดับปริมาณของเหลว ต่อ ปริมาณของแข็ง ที่ระดับ 30 : 70 และระดับอัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่ระดับ 0.05 : 1 ให้ค่าการละลายน้ำต่ำสุด เท่ากับ 25.930 % (ตารางที่ 8) เมื่อเปรียบเทียบกับ Gontard, et. al. (1992 : 29) ศึกษา คำนีการละลายน้ำของฟิล์มที่รับประทานได้จากถั่วเขียวสกัด โดยการใช้โปรตีนและปรับ pH ที่จุด pI (4.5) พบว่าสามารถที่จะทำให้โปรตีนถั่วเขียวสกัดออกมาได้มากที่สุดและเกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็วเนื่องจากที่ pH 3-4 เป็นจุด isoelectirc point ของโปรตีน ทำให้มีปริมาณโปรตีนไม่ละลายน้ำอยู่สูง ส่งผลให้ค่าการละลายน้ำต่ำ

ตารางที่ 8

ดัชนีการละลายน้ำของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

Treatment No.	Factor		Physical and Chemical properties
	Liquid (L : S)	Carbohydrate (C : P)	WSI (%)
1	30 (30 : 70)	0.05 (0.05 : 1)	25.930 ± 0.968
2	30 (30 : 70)	0.10 (0.10 : 1)	38.272 ± 0.931
3	30 (30 : 70)	0.15 (0.15 : 1)	38.719 ± 0.799
4	20 (20 : 80)	0.05 (0.05 : 1)	36.011 ± 0.988
5	20 (20 : 80)	0.10 (0.10 : 1)	38.951 ± 0.745
6	20 (20 : 80)	0.15 (0.15 : 1)	38.951 ± 1.008
7	10 (10 : 90)	0.05 (0.05 : 1)	27.416 ± 0.777
8	10 (10 : 90)	0.10 (0.10 : 1)	41.069 ± 0.242
9	10 (10 : 90)	0.15 (0.15 : 1)	31.649 ± 0.704

หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

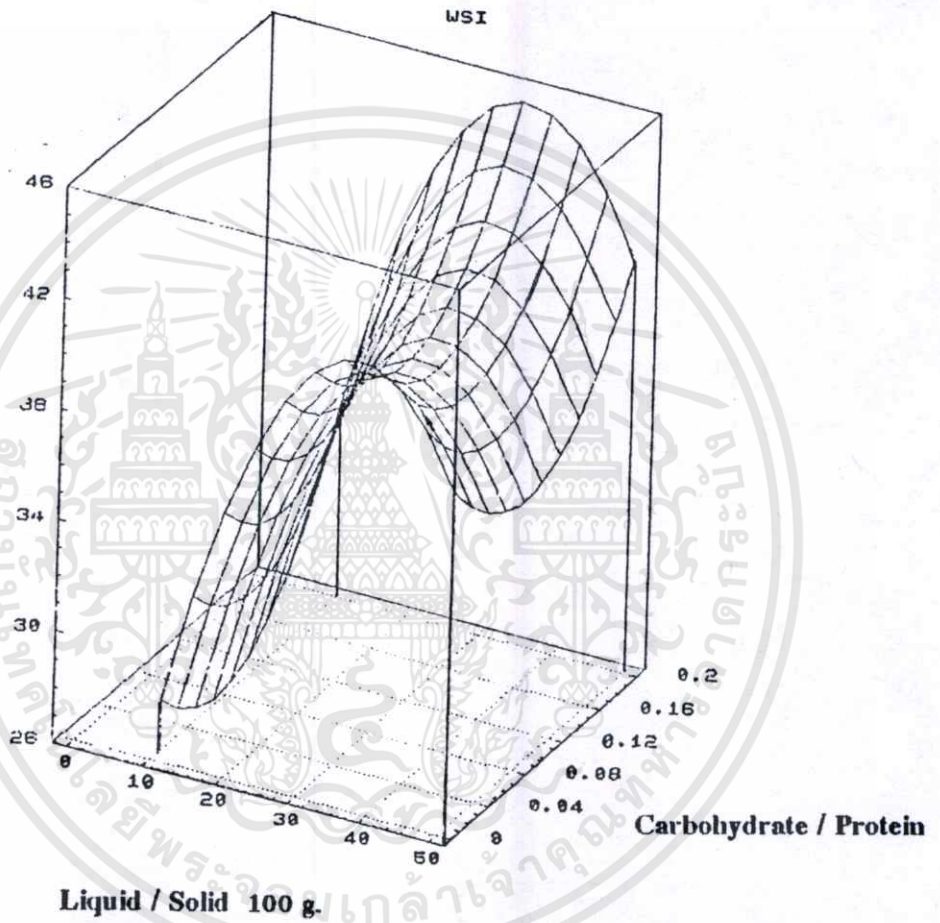
2) อัตราส่วนของเหลว : ของแข็ง (L : S ; นน. : นน.)

3) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสูตร (C : P ; กรัม / กรัม โปรตีนสกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 15



แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ต่อดัชนีการละลายน้ำ ของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดด้วยเจียว

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว พบว่า % ความชื้น เท่ากับ 8.84 ± 0.049 , % โปรตีน เท่ากับ 18.23 ± 0.036 , % ไขมัน เท่ากับ 1.06 ± 0.020 , % เยื่อใย เท่ากับ 1.62 ± 0.064 , % เถ้า เท่ากับ 3.44 ± 0.026 , และ % คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 66.82 ± 0.030

2 การเตรียมโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

การสกัดโปรตีนถั่วเขียว โดยอัตราส่วนระหว่างถั่วเขียว ที่ผ่านการแช่น้ำเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง ต่อ ปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ Na_2CO_3 0.1 N เท่ากับ 1 : 5 มีประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนออกจากถั่วเขียวได้สูงสุด เท่ากับ 80 % ส่วน

โปรตีนที่แยกสกัดได้ ถูกนำมาปรับด้วยกรด HCL 0.1 N ที่ pH 4.5 ประสิทธิภาพในการแยกตะกอนโปรตีน เท่ากับ 84.74 %

3 หาวิธีการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว พร้อมสูตรที่เหมาะสม โดยใช้กลีเซอรอล คงที่ที่ ความเข้มข้นที่ 10 %

ความเป็นไปได้ในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว ศึกษาอัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณแข็ง และ อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรต : โปรตีน พบว่า อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง ที่ระดับ และ 10 : 90 และ อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่ระดับ 0.15 : 1 มีความเป็นไปได้ที่สามารถเกิดเป็นฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวได้ดีที่สุด ในขณะที่อัตราส่วน ระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง ที่ระดับ 30 : 70 และ อัตราส่วนระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่ระดับ 0.05 : 1 มีความเป็นไปได้ที่สามารถเกิดเป็นฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวได้ไม่ดีเท่าที่ควร

4 ศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีบางประการของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว สรุปได้ดังนี้

4.1 ปริมาณความชื้นของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 22.554 - 28.056 % , ความหนาของฟิล์ม อยู่ระหว่าง 0.1041-0.1666 มิลลิเมตร ,การต้านทานน้ำมันได้สูงมากกว่า 36 ชั่วโมง มีคุณสมบัติที่ดีที่จะนำมาใช้ในการผลิตฟิล์มต่อไป , อัตราการซึมผ่านของไอน้ำที่เหมาะสม พบว่าที่ระดับอัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง เท่ากับ 10 : 90 และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน เท่ากับ 0.15 : 1 ให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำในระดับที่ต่ำที่สุดเท่ากับ 4.750 กรัม / ตารางเมตร / วัน เหมาะกับอุตสาหกรรมการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่ต้องควบคุมปริมาณความชื้น ที่มีผลก่อให้เกิดลักษณะที่ไม่ดีเกิดขึ้น , ความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มที่ระดับ 10 : 90 (0.15 : 1) สามารถต้านทานแรงดึงขาดได้สูงสุด เท่ากับ 1.3280 กิโลกรัม / ตารางเซนติเมตร , แรงยึดตัวที่ระดับ 10 : 90 (0.15 : 1) มีแรงยึดตัวได้สูงสุด เท่ากับ 17.334 เปอร์เซ็นต์ และดัชนีการละลายน้ำ ของฟิล์มที่ระดับ 30 : 70 (0.05 : 1) มีค่าการละลายน้ำได้ต่ำสุด เท่ากับ 25.930 เปอร์เซ็นต์

4.2 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 และหาสมการถดถอยพหุคูณระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน (ระดับความเชื่อมั่น 0.05) ที่มีต่อ คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมี พบว่าเมื่อปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง เพิ่มขึ้นจะทำให้การต้านทานแรงดึงขาดของแผ่นฟิล์มลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในขณะที่ปริมาณของคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณของคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ ลดลง อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของค่าการยึดตัวและดัชนีการละลายน้ำของฟิล์ม จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ

1. ในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว ในขั้นตอนการทำแห้ง ควรที่จะใช้เครื่องมือในการทำแห้ง เช่น Drum dryer เพื่อให้ลักษณะแผ่นฟิล์มที่บาง และมีความหนาสม่ำเสมอ
2. ในการปรับปรุงด้านอายุการเก็บรักษาฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว อาจมีการทดลองการใช้สารกันเสีย (Preservative) ที่เหมาะสมอื่นๆ เติมในสารผสม เพื่อป้องกันจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญและก่อให้เกิดการเสื่อมเสียขึ้น
3. ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีอาจมีการวิเคราะห์ด้านอื่นๆ อีก รวมทั้งทดลองนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในลักษณะของการเคลือบผิว (Coating) หรือ ห่อหุ้มเป็นภาชนะบรรจุ (Wrapping) เป็นต้น

บรรณานุกรม

1. กรมส่งเสริมการเกษตร เอกสารวิชาการ เรื่อง ถั่วเหลือง โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด (2531) : 13-15.
2. พวงพร โชติภักไกร. จุดชีววิทยาของอาหารและนม ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพมหานคร. (2532) : 334.
3. มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. ฟิล์มและสารเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้. วารสารอาหาร ฉบับที่ 22 ปีที่ 1. (2535) : 1-7.
4. วรณา ตั้งเจริญชัย. เอกสารประกอบการสอนเรื่องคาร์โบไฮเดรต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. (2528) : 42.
5. วรณา ตั้งเจริญชัย. เคมีอาหาร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. (2534) : 127.
6. วุฒิชัย นาครัถกษา การศึกษาคูณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของพันธุ์ถั่วเขียวที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร (2526) : 144.
7. ศิริพรรณ หวังอารีย์ และ นพรัตน์ แซ่อึ้ง. การศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลเกี่ยวกับแป้งที่ผลิตในประเทศ รายงานโครงการนิสิตปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร. (2528) : 22.
8. ศิวพร ศิวเวช. วัตถุเจือปนในอาหารเล่ม 2 คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2529) : 168

9. สีนินาด จริยโชติเลิศ. ภาชนะบรรจุอาหาร ใน Packaging Information Sources in Thailand 1985. บริษัทแพคเมทส์ จำกัด กรุงเทพมหานคร (1985) : 93-94
10. สมชาย ประภาวัต. การใช้ประโยชน์จากถั่วเขียว. เอกสารประกอบการอบรมวิชาชีพ ประชาชนภาคฤดูร้อน สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (โรเนียว) (2523) : 27.
11. อรอนงค์ นัยวิกุล. ข้าวสาลีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2532) : 127-129.
12. Anker, C.A. G.A. Foster and M.A.Loader. Method of preparing gluten coating films and coating. U.S. patent 3,653,925. (1972) : 54-57.
13. Anon . Modern Packaging edited by Tomas M . Jones , McGraw-Hill , Inc , New York ; 46 (42) (1973) : 568.
14. Akroyd, W.R. and J. Doughty . Lugume in Human Nutrition (FAO Nutritional Studies No. 19) , Rome ; Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1964) : 19
15. AOAC. Official Method of Analysis. 12th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Washington ,D.C., (1995)
16. Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC) Mung bean Report for 1975 Shonhoa , Taiwan , Republic of China : The Office of Information Services at AVRDC . (1975) : 111.
17. ASTM Method of Analysis. The American Society for Testing and Materials Commitee on Standard . Philadelphia . (1974) : 1-10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. Avena-Bustillos, B.J. and J.M. Krochta. Water vapour permeability of caseinate-based edible film as affected by pH, calcium crosslinking and lipid content. Journal of food science. 58 (1) (1993) : 904-907.
19. Brandenburg A.H. C.L. Weller and R.F. Testin. Edible films and coatings from soy protein . Journal of food science. 58 : 3 (1993) : 1080-1089.
20. Briston, J.H. Plastic films Longman scientific and technical in association with the plastics and rubber Institute, UK (1983) : 380
21. Catherine, M. , A. Christian , L.C. Jean and G. Stephane Biodegradable Packaging Made from Cottonseed Flour : Formation and Improvement by Chemical Treatments with Gossypol, Formaldehyde, and Glutaraldehyde. Journal agricultural food chemistry 43 (1995) : 2762-2767
22. Charley, H. Fruits and vegetables. In food theory and application Paul, P. C. and H.H. Palmer (editor) John Willey and sons INC. New York (1972) : 78-83
23. Coffmann ,C.W. and V.V.Garcia. Functional Properties and Amino Acid Control of Protein Isolate from Mungbean Flour Journal of Food Technology. 12 (5) (1977) : 473-484.
24. Daisy , E.K. Food legumes. London : Tropical Products Institute. (1979) : 207.
25. Farnum, C. , D.W Stanley and J. I. Gray Protein-Lipid interactions in soy film can. Inst. Journal food science and technology. 9 (1976) : 201.
26. Gennadios, A., C.L Weller Edible film and Coating from Wheat and Corn Protein . Food Technology 44 (10) (1991) : 63.

27. Gennadios N , S. Guilbert and J. Cuq Water and Glycerol as Plasticizers Affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of an Edible Wheat Gluten film. Journal of food science, 58 (1) (1993) : 206-211.
28. Gennadios A., C.L. Weller and R.F. Testin temperature effect on oxygen permeability of edible protein based films Journal of food science , 58 (1) (1993) : 212-214.
29. Gontard N. , S. Guilbert , J. L. Cuq . Edible wheat gluten films : influence of the main process variables on film properties using response surface methodology Journal of food science 57 (1992) : 190-199
30. Gontard N. S. Guilbert J. L. Cuq Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. Journal of food science 58 (1993) : 206-211.
31. Gontard N. , S. Guilbert Bio-packaging technology and properties of edible and / or biodegradable material of agricultural origin. In Food Packaging and Preservation ; Mathlouthi , M. , Ed., Blackie Academic and Professional : New York chapter 9 (1994) : 200-207.
32. Gontard N. , C. Duchez , J. L. Cuq and S. Guilbert Edible composite films of wheat gluten and lipids : water vapour permeability and other physical properties Int Journal food science and technology 29 (1994) : 39-50.
33. Greener I. K., and O. Fennema Evaluation of edible bilayer films for use as moisture barriers for food. Journal of food science 54 (6) (1989) : 1400-1406.

34. Guilbert S. Technology and Application of Edible Protective Film . Ch 19 . In Food Packaging and Preservation Theory and Practice . M. Mathlouthi (Ed.) , Elsevier , applied science Publishers , New York .(1986) : 371.
35. Hang Y.D. , K.H. Steinkaus and L.R. Hackler . Comparative Studies on the Nitrogen Solubility of Mungbeans Red beans and Kidney beans . Journal of Food Science . 35 (3) (1970) : 313-320.
36. Ho B. Water vapor permabilities and structural characteristics of casein film and casein-lipid emulsion films M.S. thesis Univ of Calif , Davis .(1992) : 145-149.
37. Hymowitz, T., F.I. Collins and J.M. Poehlman. Relationship Between the content of oil , protein and sugar in Mung bean seed. Tropical Agriculture. 52 (1) (1975) : 42-51.
38. Jaynes H. O. and W. N Chou. New method to produce soy protein-lipid films Food production development 9 (4) (1975) : 86
39. Kester, J.J. and O. R. Fennema, Edible film and coatings : A review. Food technology 40 (12) (1986) : 47-59.
40. Kohyama K. , Y. Sano and E. Doi . Rheological Characteristics and Gelation Mechanism of Tofu (Soybean Curd) .Journal Agric. Food Chem. 43 (1995) : 1808-1812.
41. Maynes, J.R. and J.M. Krochta Properties of edible films from total milk Protein Journal of food science. 59(4) (1994) : 909-911.

42. McHugh T.H. and J.M., Krochta Milk protein based edible films and coatings Food technology. 48 (1) (1994) : 97-103.
43. McHuge T.H. and J.M. Krochta, Plasticized whey protein edible film : water vapour permiability properties. Journal of food science 59 (2) (1994) : 416-419.
44. Motoki M. , H. Aso, K. Seguro and N. Nio. α S - casein film preparation using transglutaminase. Agricultural Biological Chemistry. 51 (4) 1987a. : 903-996.
45. Motoki K. , H. Aso. , K. Seguro. and N. Nio. Immobilization of enzymes in protein films prepared using trasglutaminase. Agricultural Biological Chemistry 51 (4) (1987b) : 997-1002.
46. Park H.J. , M.S. Chinnan and R.J. Shewfelt Edible coating effects on storage life and quality of tomatoes Journal of food science. 59 (3) (1994) : 568-570.
47. Sathe S.K. and D.K. Salunkhe, Isolatieton partial characterization and modification of the Great Northern Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Starch., Journal of food science, 42 (2) (1981 c) : 617-621.
48. Shehata A.A.Y., and M.M. Thamnoun. Extractibility of nitrogenous constituents from Iraqi mungbean as effected by pH , salt , type , and other factors Journal of Agricultural and food Chemistry. 29 (1) (1981) : 53-57.
49. Technical association of the Pulp and Paper Industry . Turpentine for grease resistance of paper . T 454 os-77 . TAPPI Test Method. Technology Park , Atlanta (1989 c.) : 112.

50. Thompson L.U. Preparation and evaluation of mungbean protein isolates. Journal of food science . 42 (1)(1977) : 202-206
51. Wall J.S. , M. Friedman , L.H. Krull , J.F. Cavins and A.C. Bechwith. Chemical modification of wheat gluten proteins and related model system. Journal polymer science. Part c. 24 (1968) : 147
52. Watanabe K. , T. Watanabe , and S. Okamoto On the contribution of lipid to the properties of yuba-film . Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi . (1975) : 143.
53. Whistle R. and J.R. Daniel. Functions of Polysaccharides in food . In : Branen, A.L. ; P.M. Davidson and S. Salminen (ed.) Food Additives. Merceel Dekker, INC., New York. (1990) : 408-414.
54. Wimolrat and Athapol . Isolated protein from mungbean vermicelli waste for edible film production . Master's thesis Asian Institute of Technology Bangkok Thailand (1994) : 67.
55. Wolff I. A. , H.A. Davis , J. E. Cluskey, L. J. Gundrum and E.C. Rist. Preparation of film from amylose. Ind. England . Chemistry (1951) : 4.
56. Wu L.C. and R.P. Bates Soy protein-lipid flim 1 : Studies on the film formation phenomenous. Journal of food science 37 (1972a) : 36-39.
57. Wu L.C. and R.P. Bates Soy protein-lipid flim 2 : Optimization of film formation Journal of food science 37 (1972b) : 40-43.
58. Wu L.C. and R.P. Bates Influence of ingredients upon edible protein lipid film characteristics. Journal of food science. (38) (1973) : 783-787.

59. Zecher D. and R.V. Coillie Cellulose derivative . In Imeson, A. (ed.), Thickening and Gelling agents for food, Chapman and Hall, Great Britain.(1992) : 40-48.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การศึกษาเบื้องต้นในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว

จากการทดลองเบื้องต้น เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดถั่วเขียว โดยแบ่งขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1) วัตถุดิบ ศึกษาวัตถุดิบถั่วเขียวทั้งเมล็ด เปรียบเทียบกับถั่วเขียวที่ผ่านการกระเทาะเปลือกออก พบว่าถั่วเขียวทั้งเมล็ดให้โปรตีนที่สกัดออกมามีสีน้ำตาลคล้ำเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนสกัดจากถั่วเขียวที่ผ่านการกระเทาะเปลือกออก (ภาพที่ 16) เมื่อผลิตเป็นฟิล์มแล้วจะให้ลักษณะฟิล์มมีสีน้ำตาลเข้ม ดังนั้นการทดลองจึงเลือกศึกษาถั่วเขียวที่ผ่านการกระเทาะเปลือกที่ให้ลักษณะโปรตีนสกัดมีสีเหลืองอ่อน และฟิล์มมีสีเหลืองอ่อนใส (ภาพที่ 9)

2) การสกัดโปรตีน ศึกษาขั้นตอนสุดท้ายของการสกัดโปรตีน ในส่วนของการแยกตะกอนโปรตีน เปรียบเทียบการนำตะกอนโปรตีนที่แยกได้ผ่านการอบแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze dry) และการใช้ตะกอนโปรตีนโดยตรง พบว่าสามารถเกิดเป็นแผ่นฟิล์มได้ค่อนข้างดีเช่นเดียวกัน แต่การใช้ตะกอนโปรตีนที่ผ่านการอบแห้งแบบเยือกแข็ง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงมากกว่า ดังนั้นการทดลองจึงเลือกใช้ ตะกอนโปรตีนโดยตรงในการเตรียมฟิล์ม

3) การเตรียมฟิล์ม

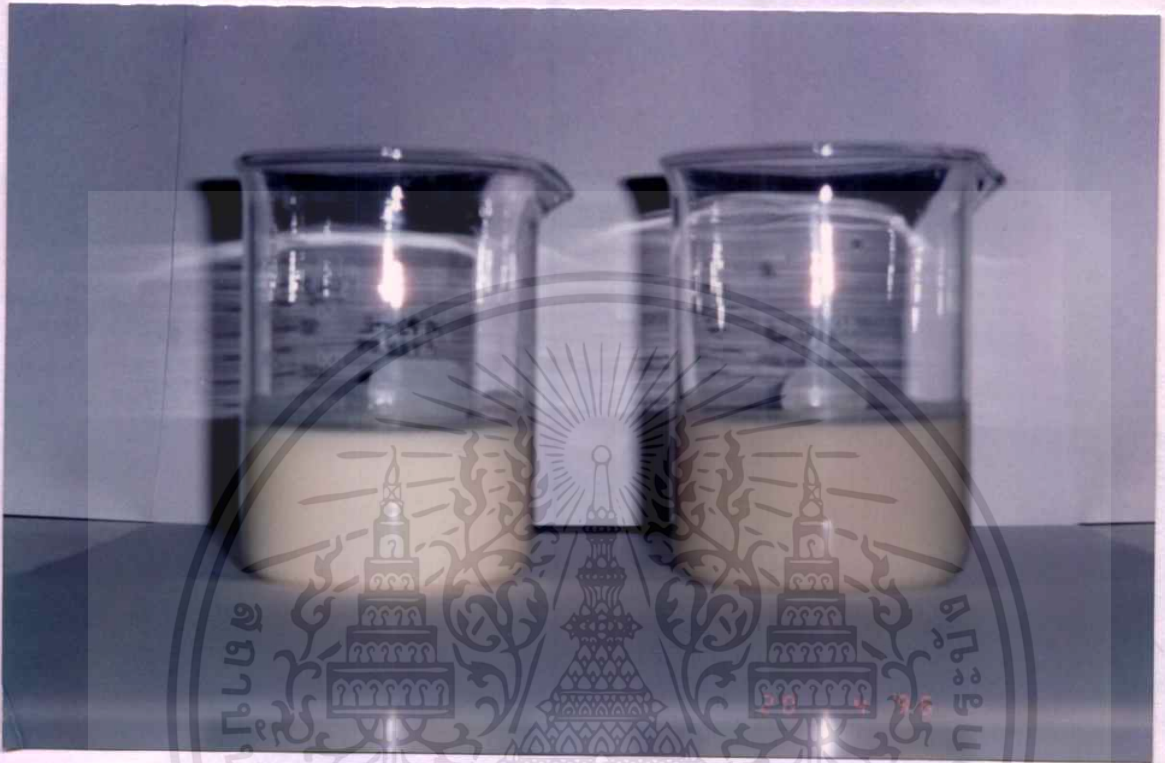
ศึกษาอัตราส่วนระหว่าง ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง ที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์มโปรตีนสกัดถั่วเขียว พบว่าในอัตราส่วน 35 : 65 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณของแข็งอยู่น้อยเกินไป มีผลให้ฟิล์มที่ได้ แฉก และ แยกออกจากกัน เช่นเดียวกับอัตราส่วนของของแข็ง 100 ส่วนที่ให้ส่วนผสมที่ข้นหนืด ไม่สามารถกลีดยเป็นแผ่นฟิล์มได้ และหลังจากการอบแห้งฟิล์มจะให้ลักษณะฟิล์มที่แตก เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วน 30 : 70 , 20 : 80 และ 10 : 90 ที่เพิ่มอัตราส่วนของปริมาณของเหลวและปริมาณของแข็งขึ้นบางส่วน ดังเช่นการทดลองวิจัยจริงข้างต้น

และอัตราส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน พบว่าที่ระดับ 1 : 1 เมื่อผสม โดยเครื่องผสมกับการให้ความร้อนแก่ส่วนผสม ทำให้เกิดเป็นเจลได้อย่างรวดเร็ว และส่วนผสม ที่ได้ขึ้นหนืด จับกันเป็นก้อนไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และ ไม่สามารถนำมาเกลี่ยเป็นแผ่นฟิล์มได้ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วน 0.05 : 1 , 0.10 : 1 และ 0.15 : 1 ที่ลดอัตราส่วนของปริมาณ คาร์โบไฮเดรตลง เมื่อเทียบต่อน้ำหนักกรัมโปรตีน ดังเช่นการทดลองวิจัยข้างต้น (ภาพที่ 17)

ศึกษาผลของความเร็วรอบที่ใช้ในการผสมส่วนผสมของเครื่องผสม ซึ่งการทดลองใช้ เครื่อง RW 20 IKA-WEEK ที่ปรับความเร็วรอบ 2 ระดับ คือ 180 และ 250 รอบ / นาที พบว่าที่ระดับความเร็วรอบสูงสุด คือ 250 รอบ / นาที เป็นอัตราที่เร็วเกินไปมีผลไปตัดพันธะ ระหว่างโมเลกุลโปรตีน มีผลให้ของผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และฟิล์มที่ได้หลังการอบแห้งจะ แตก และแยกออกจากกันไม่เป็นแผ่นฟิล์ม (ภาพที่ 18 , 19) ดังนั้นการทดลองจึงเลือกใช้ ความเร็วรอบในการผสมที่ 180 รอบ / นาที ที่ให้ลักษณะการผสมที่สมบูรณ์ที่สุด

ศึกษาเปรียบเทียบเครื่องมือที่ใช้ในการอบแห้งฟิล์ม โดยเปรียบเทียบการใช้ ไมโครเวฟ (microwave) และ ตู้อบลมร้อน (hot air oven) พบว่าไมโครเวฟสามารถที่จะใช้ เวลาในการอบแห้งแผ่นฟิล์มได้เร็วกว่า ตู้อบลมร้อน ให้ลักษณะของฟิล์มที่ได้หลังการอบแห้งจะ มีสีเหลืองอ่อนใสเช่นเดียวกัน แต่การใช้ไมโครเวฟ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงเช่นเดียวกับ freeze dry ดังนั้นการทดลองจึงเลือกใช้ส่วนของตู้อบลมร้อนในการอบแห้งฟิล์ม

ภาพที่ 16



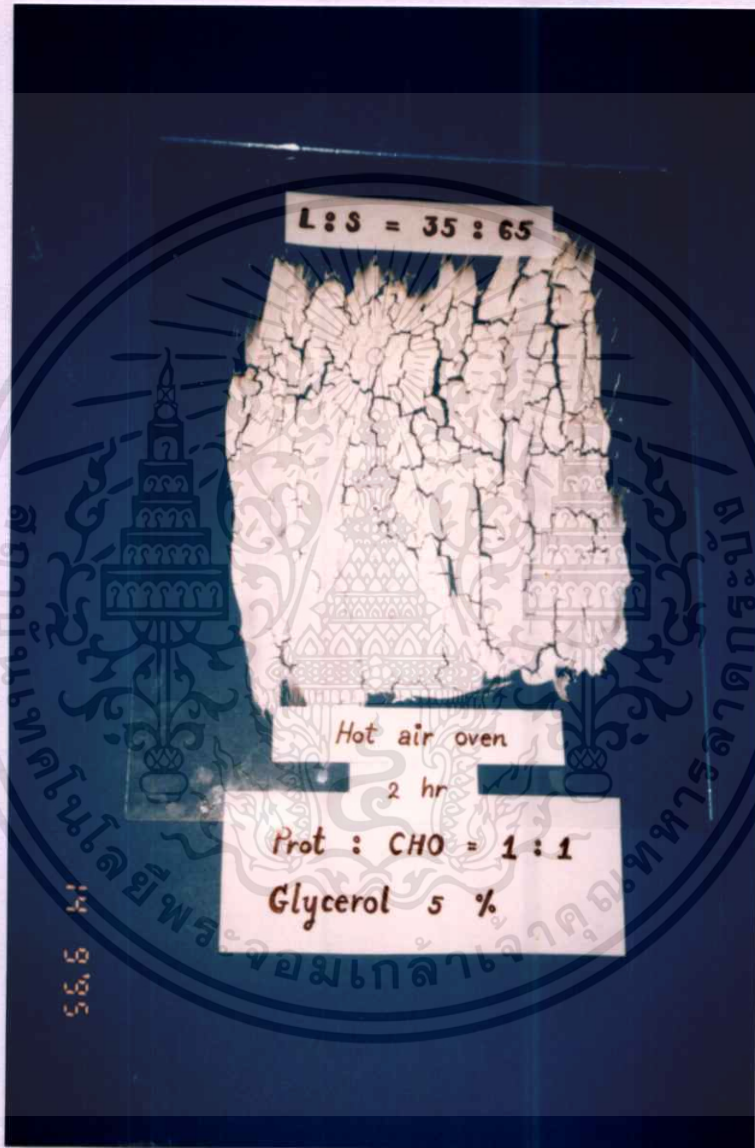
↓
ถั่วเขียวที่ผ่านการ
กระเทาะเปลือก

↓
ถั่วเขียวทั้งเมล็ด

แสดง โปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียวเปรียบเทียบกับถั่วเขียวทั้งเมล็ดและผ่านการกระเทาะเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 17



แสดงการศึกษาเบื้องต้นระหว่างอัตราส่วนปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ อัตราส่วน ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

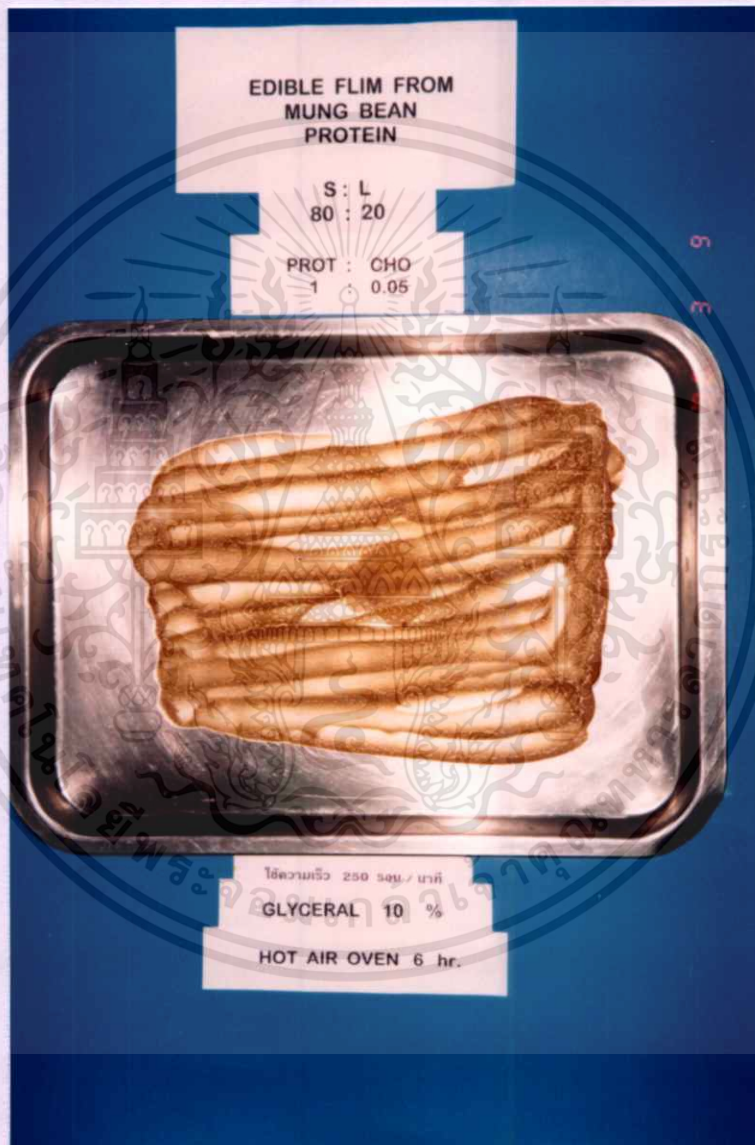
ภาพที่ 18



แสดงการศึกษาเบื้องต้นของความเร็วรอบที่ใช้ในการผสมส่วนผสมของเครื่อง
RW 20 IKA-WERK (ถั่วเขียวกระเทาะเปลือก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 19



แสดงการศึกษาเบื้องต้นของความเร็วรอบที่ใช้ในการผสมส่วนผสมของเครื่อง
RW 20 IKA-WERK (ถั่วเขียวทั้งเมล็ด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การปรับอัตราส่วนของส่วนผสมในการเตรียมฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว

1) อัตราส่วนระหว่างของแข็ง : ของเหลว

การทดลองศึกษาเทียบอัตราส่วนของของแข็งและของเหลว เป็น 100 ส่วน โดย ส่วนของแข็งคือ ส่วนที่เป็นโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว กับ ส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรต และส่วนของเหลวจะเป็นส่วนของน้ำ

โปรตีนสกัดจากถั่วเขียวและคาร์โบไฮเดรต (การทดลองใช้แป้งข้าวเหนียว) จะนำมาหาปริมาณความชื้น เฉลี่ยเท่ากับ 84.954 เปอร์เซ็นต์ (~ 85 %) และ 12.002 เปอร์เซ็นต์ (~ 12 %) ตามลำดับ ดังนี้

- @ ส่วนของโปรตีนสกัดจากถั่วเขียว 100 กรัม มีปริมาณน้ำอยู่ 85 กรัม
ดังนั้นมีส่วนของแข็ง เท่ากับ $100 - 85 = 15$ กรัม
- @ ส่วนของคาร์โบไฮเดรตจากแป้งข้าวเหนียว 100 กรัม มีน้ำอยู่ 12 กรัม
ดังนั้นมีส่วนของแข็ง เท่ากับ $100 - 12 = 88$ กรัม

ดังนั้น ใน 100 กรัม มีส่วนที่เป็นของแข็ง เท่ากับ $15 + 88 = 103$ กรัม

และมีส่วนที่เป็นของเหลว เท่ากับ $85 + 12 = 97$ กรัม

2) ตัวอย่างการคำนวณ (ยกตัวอย่างอัตราส่วนของเหลว : ของแข็ง ที่ระดับ 30 : 70 และอัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรต : โปรตีน ที่ระดับ 0.05 : 1) จากข้อมูลในข้อ 1 ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ส่วนที่เป็นของเหลว} & 97 \text{ กรัม เป็นส่วนของแข็ง} & 103 \text{ กรัม} \\ \text{ถ้า ส่วนของเหลว} & 30 \text{ กรัม จะเป็นส่วนของแข็ง} & \frac{103 \times 30}{97} \text{ กรัม} \\ & & = 31.85 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

จากการทดลองส่วนที่เป็นของแข็ง คือ โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตที่เติมลงไป จากอัตราส่วน คาร์โบไฮเดรต : โปรตีน เท่ากับ 0.05 : 1 คือ ส่วนที่เป็นของแข็งเท่ากับ 1.05

$$\begin{aligned} \text{เป็นส่วนโปรตีนเท่ากับ} & \frac{31.85}{1.05} \text{ เท่ากับ} & 30.33 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

$$\text{เป็นส่วนคาร์โบไฮเดรต} \quad 31.85 - 30.33 = 1.52 \text{ กรัม}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีนที่ใช้เท่ากับ} \quad \frac{30.33 \times 100}{15} = 202.2 \text{ กรัม}$$

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ} \quad \frac{1.52 \times 100}{88} = 1.727 \text{ กรัม}$$

$$\text{กลีเซอรอลคงที่ที่ 10 เปอร์เซนต์ เท่ากับ} \quad \frac{10 \times 100}{31.85} = 31.39 \text{ กรัม}$$

ดังนั้นอัตราส่วนของแข็ง : ของเหลวที่ระดับ 30 : 70 และ คาร์โบไฮเดรต : โปรตีน ที่ระดับ 0.05 : 1 ใช้ปริมาณโปรตีนสกัดถั่วเขียวเท่ากับ 202.2 , ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 1.72 ปริมาณกลีเซอรอลเท่ากับ 31.39 และปริมาณน้ำ เท่ากับ 30 กรัม ตามลำดับ

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์หาประสิทธิภาพที่สำคัญของโปรตีนสกัดถั่วเขียว

1. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการละลาย (Extraction efficiency) ของโปรตีนสกัดถั่วเขียว

การสกัดโปรตีนด้วยตัวทำละลาย Na_2CO_3 0.1 N โดยใช้อัตราส่วนของ ปริมาณถั่ว : ปริมาณสารละลาย เท่ากับ 1 : 5 แล้วนำส่วนที่เป็นสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนได้ 3.28 % โดยที่ปริมาณโปรตีนในวัตถุดิบถั่วเขียวมีค่าเท่ากับ 18.23 %

$$\begin{aligned} \text{ค่า Extraction efficiency} &= \frac{\text{ปริมาณโปรตีนที่ละลายในสารละลาย 500 ml} \times 100}{\text{ปริมาณโปรตีนที่มีในวัตถุดิบเริ่มต้น}} \\ &= \frac{(3.28 \times 500 / 100) \times 100}{18.23} \\ &= 89.96 \% (\sim 90 \%) \end{aligned}$$

หลังจากนั้นนำสารละลายไปตกตะกอนโปรตีนด้วย HCL 0.1 N ที่ pH 4.5 โดยสารละลายปริมาณ 500 ml ได้ปริมาณ protein curd เท่ากับ 295 g. ที่มีค่าความชื้น เท่ากับ 84.9 % และมีปริมาณโปรตีน เท่ากับ 4.72 %

$$\begin{array}{rcl}
 \text{ดังนั้น} & \text{protein curd} & 100 \text{ g} \text{ มีปริมาณโปรตีน} & 4.72 \text{ g.} \\
 & \text{protein curd} & 295 \text{ g} \text{ มีปริมาณโปรตีน} & \frac{4.72 \times 295}{100} \text{ g} \\
 & & & = 13.92 \text{ g.}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{ดังนั้นค่า Precipitation efficiency} & = & \frac{\text{ปริมาณโปรตีนที่ตกตะกอนใน 500 ml} \times 100}{\text{ปริมาณโปรตีนในสารละลาย 500 ml}} \\
 & = & \frac{13.92 \times 100}{(3.28 \times 500 / 100)} \\
 & = & \frac{13.92 \times 100}{16.4} \\
 & = & 84.88 \%
 \end{array}$$

จากการวิเคราะห์หาค่าการสกัดโดยใช้สารละลาย Na_2CO_3 0.1 N ได้ค่าการสกัดสูงถึง 90 % และเมื่อนำสารละลายมาตกตะกอนด้วยกรด HCL 0.1 N ที่ pH 4.5 ได้ค่าการตกตะกอนของโปรตีนสูงถึง 84.88 %

ภาคผนวก ง

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ 9

ข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเขียว

ตัวอย่างถั่วเขียว (ซ้ำที่)	คุณสมบัติทางเคมี (%)					
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	คาร์โบไฮเดรต
1.	8.81	18.20	1.08	1.67	3.41	66.81
2.	8.82	18.27	1.04	1.55	3.46	66.79
3.	8.90	18.24	1.06	1.65	3.43	66.85

ตารางที่ 10

ข้อมูลการวิเคราะห์ทางฟิสิกส์และเคมีของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

Liquid : Solid (CHO : Prot)	Moisture ¹	WVTR ²	WSI ³	Thickness ⁴	TS ⁵	E ⁶
30 : 70	27.6066	8.590	25.339	0.1125	0.68	8.330
(0.05 : 1)	29.4372	6.590	25.285	0.1000	0.71	8.330
	27.1230	7.500	27.165	0.1250	0.63	6.670
30 : 70	25.0332	7.930	38.257	0.1250	0.57	10.66
(0.10 : 1)	31.6596	7.270	38.312	0.1875	0.78	10.66
	25.0010	7.128	39.588	0.1000	0.80	10.66
30 : 70	23.1788	6.950	37.601	0.1000	0.81	10.00
(0.15 : 1)	28.9563	7.950	38.654	0.1875	1.07	10.00
	24.1238	6.872	38.562	0.1625	0.50	15.00
20 : 80	24.6405	7.614	35.145	0.1500	0.76	11.67
(0.15 : 1)	24.5657	5.904	36.877	0.1750	1.02	16.67
	24.3321	5.734	38.542	0.1375	0.85	13.33
20 : 80	27.7072	5.750	38.257	0.1375	1.06	10.00
(0.10 : 1)	25.2216	6.220	39.393	0.1500	1.07	15.00
	26.1211	5.503	39.611	0.1625	1.27	10.00
20 : 80	27.5681	5.350	37.902	0.1500	1.08	10.00
(0.15 : 1)	28.5775	5.490	38.191	0.1625	1.38	13.33
	26.5020	5.323	39.548	0.1875	1.34	10.00

(ต่อ)

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ข้อมูลการวิเคราะห์ทางฟิสิกส์และเคมีของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

Liquid : Solid (CHO : Prot)	Moisture ¹	WVTR ²	WSI ³	Thickness ⁴	TS ⁵	E ⁶
10 : 90	23.0480	6.760	26.795	0.1375	0.84	10.00
(0.05 : 1)	24.0526	3.820	27.165	0.1625	0.93	10.00
	24.1178	5.497	28.288	0.1875	0.98	15.00
10 : 90	24.6912	5.600	25.339	0.1750	1.00	10.66
(0.10 : 1)	25.6210	5.260	25.285	0.1250	0.98	10.66
	24.1211	5.110	27.165	0.1300	0.81	10.66
10 : 90	22.2782	3.910	41.307	0.1650	1.48	16.67
(0.15 : 1)	23.1672	5.650	40.822	0.1500	1.28	21.67
	22.2163	4.689	41.078	0.1650	1.38	11.67

- หมายเหตุ :
- ¹ Moisture (%)
 - ² Water transmission rate (g / m² / day)
 - ³ Water solubility index (%)
 - ⁴ Thickness (mm.)
 - ⁵ Tensile strength (kg / cm²)
 - ⁶ Elongation (%)

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ

ตารางที่ 11

การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณระหว่าง WVTR กับ อัตราส่วนระหว่างปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน

Independent variable	Coefficiente	Std error	t-value	Significant level
Constant	5.903162	0.966128	6.1101	0.0000
X ₁	0.215837	0.076966	2.8043	0.0101
X ₂	-17.281111	3.972846	-4.3498	0.0002
(X ₁) ²	-0.004305	0.001391	-3.0957	0.0051

จากตารางสามารถเขียนสมการถดถอยพหุคูณ คือ

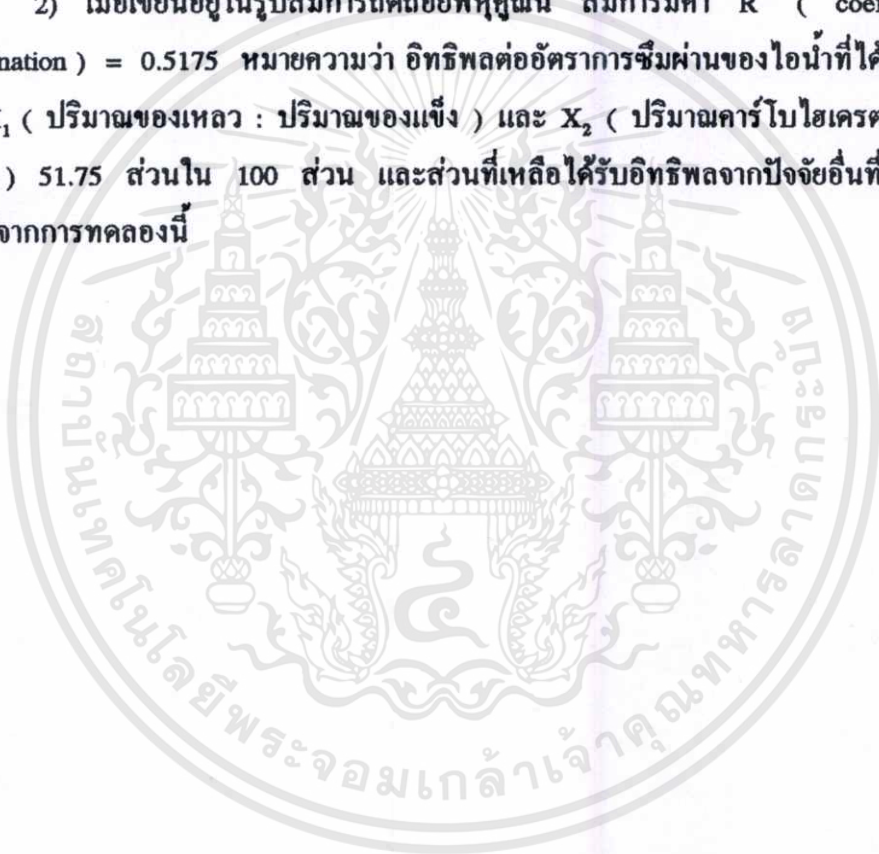
$$Y = 5.903162 + 0.215837 (X_1) - 17.281111 (X_2) - 0.004305 (X_1)^2$$

$$(R^2 = 0.5175)$$

หมายเหตุ :

1) ค่า coefficient ได้สมการถดถอยพหุคูณ โดยค่า Y คืออัตราการซึมผ่านของไอน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของค่า X_1 คือ ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็งและ X_2 คือ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่สัมพันธ์กับค่า t ที่คำนวณได้ (t -value) โดยเปรียบเทียบการจับคู่สิ่งทดลองที่เหมือนกัน ให้เกิดความแตกต่างทางสถิติ (significant level) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง คือ ที่ระดับ significant ต่ำกว่า 0.01 ($\alpha = 0.01$)

2) เมื่อเขียนอยู่ในรูปสมการถดถอยพหุคูณนี้ สมการมีค่า R^2 (coefficient of determination) = 0.5175 หมายความว่า อิทธิพลต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำที่ได้รับอิทธิพลจาก X_1 (ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง) และ X_2 (ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน) 51.75 ส่วนใน 100 ส่วน และส่วนที่เหลือได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่ไม่สามารถบอกได้จากการทดลองนี้



ตารางที่ 12

การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณระหว่าง Tensile strength กับ อัตราส่วนระหว่าง ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน

Independent variable	Coefficiencie	Std error	t-value	Significant level
Constant	0.368917	0.299995	1.2297	0.2324
X ₁	0.047712	0.014598	3.2683	0.0037
X ₂	0.703712	5.10335	0.1379	0.8916
(X ₁) ²	-0.000918	0.000245	-3.7469	0.0012
(X ₂) ²	23.111111	24.259784	0.9527	0.3516
(X ₁ · X ₂)	-0.079074	0.053889	-1.4674	0.1571

จากตารางสามารถเขียนสมการถดถอยพหุคูณ คือ

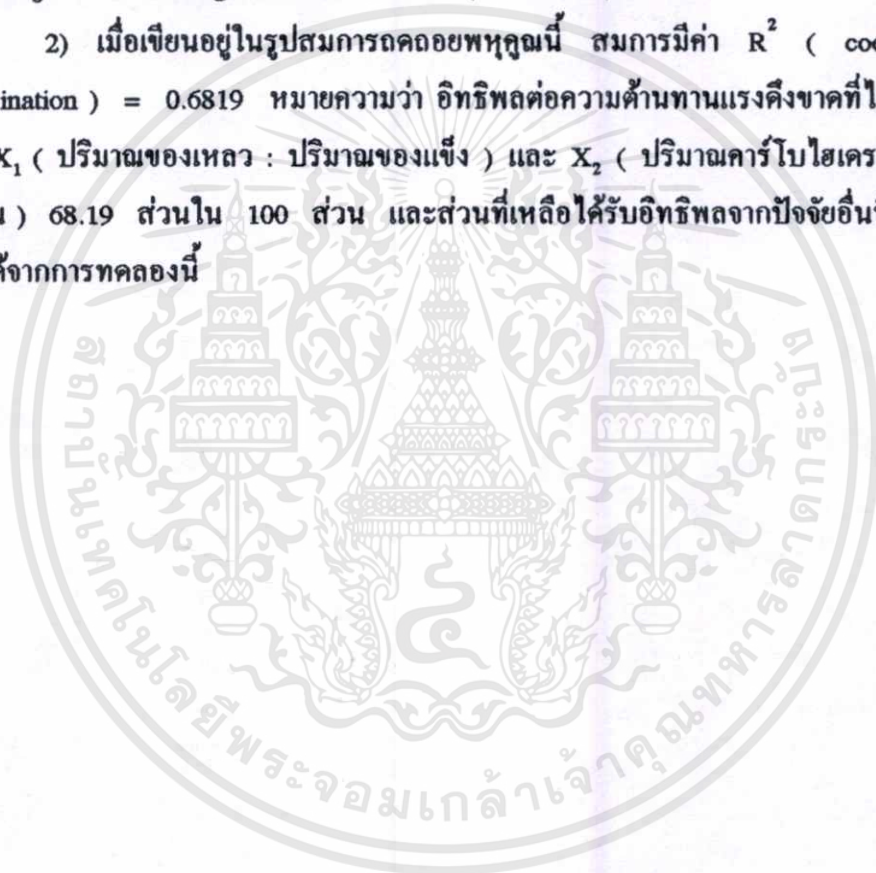
$$Y = 0.368917 + 0.047712 X_1 + 0.703712 X_2 - 0.000918 (X_1)^2 + 23.111111(X_2)^2 - 0.079074 (X_1 \cdot X_2)$$

$$(R^2 = 0.6819)$$

หมายเหตุ :

1) ค่า coefficient ได้สมการถดถอยพหุคูณ โดยค่า Y คือความต้านทานแรงดึงขาด ที่เกิดจากอิทธิพลของค่า X_1 คือ ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ X_2 คือ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่สัมพันธ์กับค่า t-ที่คำนวณได้ (t-value) โดยเปรียบเทียบการจับคู่สิ่งทดลองที่เหมือนกัน ให้เกิดความแตกต่างทางสถิติ (significant level) อย่างมีนัยสำคัญ คือ ที่ระดับ significant ต่ำกว่า 0.05 ($\alpha = 0.05$)

2) เมื่อเขียนอยู่ในรูปสมการถดถอยพหุคูณนี้ สมการมีค่า R^2 (coefficient of determination) = 0.6819 หมายความว่า อิทธิพลต่อความต้านทานแรงดึงขาดที่ได้รับอิทธิพลจาก X_1 (ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง) และ X_2 (ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน) 68.19 ส่วนใน 100 ส่วน และส่วนที่เหลือได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่ไม่สามารถบอกได้จากการทดลองนี้



ตารางที่ 13

การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณระหว่าง Elongation กับ อัตราส่วนระหว่าง ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน

Independent variable	Coefficiente	Std error	t-value	Significant level
Constant	17.526826	4.63247	3.7835	0.0010
X ₁	0.262963	0.101865	2.5815	0.1070
X ₂	-261.140312	89.311202	-2.9239	0.0079
(X ₂) ²	1593.111111	424.558507	3.7524	0.0011
(X ₁)(X ₂)	-1.691094	0.943083	-1.7932	0.0867

จากตารางสามารถเขียนสมการถดถอยพหุคูณ คือ

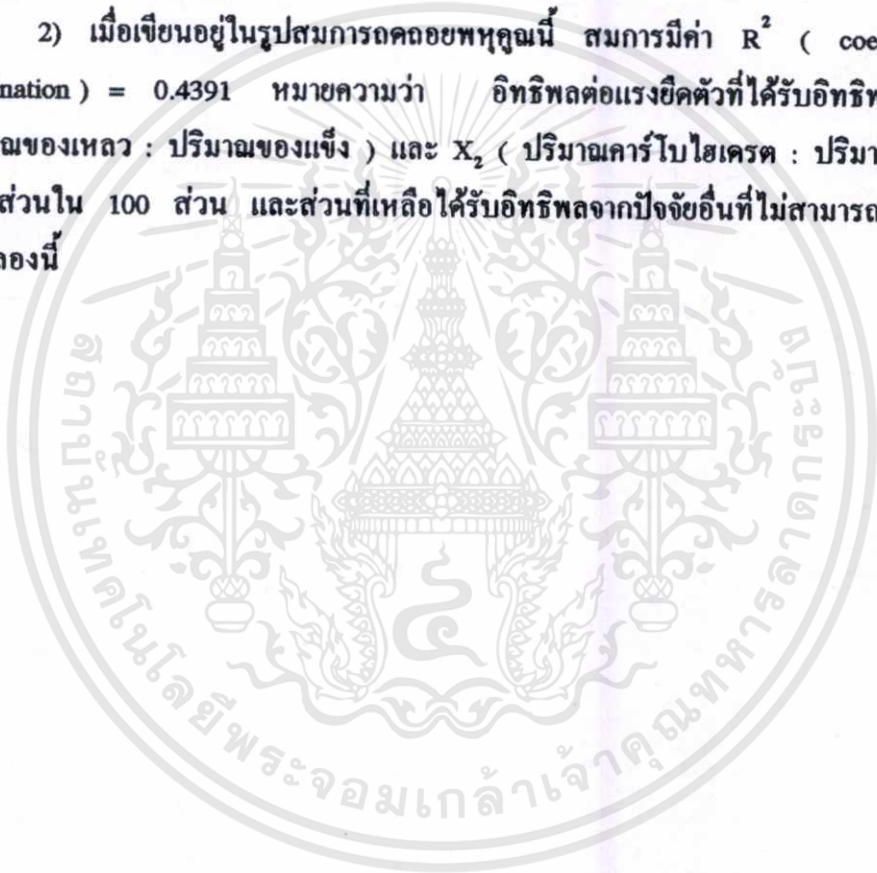
$$Y = 17.526826 + 0.262963 X_1 - 261.140312 X_2 + 1593.111111 (X_2)^2 - 1.691094 (X_1)(X_2)$$

$$(R^2 = 0.4391)$$

หมายเหตุ :

1) ค่า coefficient ได้สมการถดถอยพหุคูณ โดยค่า Y คือค่าแรงยึดตัว ที่เกิดจากอิทธิพลของค่า X_1 คือ ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็งและ X_2 คือ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่สัมพันธ์กับค่า t -ที่คำนวณได้ (t -value) โดยเปรียบเทียบการจับคู่สิ่งทดลองที่เหมือนกัน ให้เกิดความแตกต่างทางสถิติ (significant level) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง คือ ที่ระดับ significant ต่ำกว่า 0.01 ($\alpha = 0.01$)

2) เมื่อเขียนอยู่ในรูปสมการถดถอยพหุคูณนี้ สมการมีค่า R^2 (coefficient of determination) = 0.4391 หมายความว่า อิทธิพลต่อแรงยึดตัวที่ได้รับอิทธิพลจาก X_1 (ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง) และ X_2 (ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน) 43.91 ส่วนใน 100 ส่วน และส่วนที่เหลือได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่ไม่สามารถบอกได้จากการทดลองนี้



ตารางที่ 14

การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณระหว่าง WSI กับ อัตราส่วนระหว่าง
ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน

Independent variable	Coefficiency	Std error	t-value	Significant level
Constant	15.773889	3.623993	4.3526	0.0003
X1	1.468378	0.176351	8.3265	0.0000
X2	-58.431957	61.649334	-0.9478	0.3540
(X1) ²	-0.020193	0.002961	-6.8196	0.0000
(X2) ²	422.466667	293.062333	1.4416	0.1642
(X1)(X2)	-0.314138	0.650987	-0.4826	0.6344

จากตารางสามารถเขียนสมการถดถอยพหุคูณ คือ

$$Y = 15.773889 + 1.468378 X_1 - 58.431957 X_2 - 0.020193 (X_1)^2 + 422.466667(X_2)^2 - 0.314138 (X_1)(X_2)$$

$$(R^2 = 0.8880)$$

หมายเหตุ :

1) ค่า coefficient ได้สมการถดถอยพหุคูณ โดยค่า Y คือค่าดัชนีการละลายน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของค่า X_1 คือ ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง และ X_2 คือ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน ที่สัมพันธ์กับค่า t ที่คำนวณได้ (t -value) โดยเปรียบเทียบการจับคู่สิ่งทดลองที่เหมือนกัน ให้เกิดความแตกต่างทางสถิติ (significant level) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง คือ ที่ระดับ significant ต่ำกว่า 0.05 ($\alpha = 0.05$)

2) เมื่อเขียนอยู่ในรูปสมการถดถอยพหุคูณนี้ สมการมีค่า R^2 (coefficient of determination) = 0.8880 หมายความว่า อิทธิพลต่อค่าดัชนีการละลายน้ำที่ได้รับอิทธิพลจาก X_1 (ปริมาณของเหลว : ปริมาณของแข็ง) และ X_2 (ปริมาณคาร์โบไฮเดรต : ปริมาณโปรตีน) 88.80 ส่วนใน 100 ส่วน และส่วนที่เหลือได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นที่ไม่สามารถบอกได้จากการทดลองนี้

2. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient)

ตารางที่ 15

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของฟิล์มที่รับประทานได้จากโปรตีนที่สกัดได้จากถั่วเขียว

ปัจจัย	คุณสมบัติทางฟิสิกส์	WVTR	TS	E	WSI
ปริมาณของเหลว: ปริมาณของแข็ง		-0.2104 ^{ns}	0.5208 ^{**}	0.3580 ^{ns}	0.8248 ^{ns}
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต: ปริมาณโปรตีน		-0.5925 ^{**}	0.5124 ^{**}	0.1554 ^{ns}	0.1380 ^{ns}

หมายเหตุ : WVTR = Water Vapor Transmission Rate

TS = Tensile Strength

E = Elongation

WSI = Water Solubility Index

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 0.05

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 0.01

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน

นางสาวชญญาภรณ์ ศิริเลิศ

วันเดือนปีเกิด

2 กุมภาพันธ์ 2515

การศึกษา

สำเร็จการศึกษาเทคโนโลยีการเกษตรบัณฑิต (ทษ.บ.) สาขา
วิชาเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมอาหาร จากมหาวิทยาลัย-
แม่โจ้ ปีการศึกษา 2537 และศึกษาต่อในระดับ
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า-
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
ในปี พ.ศ. 2537