สมบัติทางกายภาพของฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาที่ดัดแปรด้วยไดอัลดีไฮด์สตาร์ชและไขผึ้ง

นางสาวสุปราณี วิวัฒนชัยวงศ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546
ISBN: 974-17-3648-7
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I21175366

PHYSICAL PROPERTIES OF FILM FROM FISH WATER SOLUBLE PROTEIN MODIFIED BY DIALDEHYDE STARCH AND BEESWAX

Miss Supranee Wiwatchaiwong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN: 974-17-3648-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สมบัติทางกายภาพของฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาที่ดัดแปรด้วยไดอัลดีไฮด์สตาร์ชและไขผึ้ง
โดย	นางสาวสุปราณี วิวัฒนชัยวงศ์
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พันธิพา จันทวัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุปราณี วิวัฒนชัยวงศ์: สมบัติทางกายภาพของฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาที่ดัดแปรด้วยไดอัลดีไฮด์สตาร์ชและ ไขผึ้ง (PHYSICAL PROPERTIES OF FILM FROM FISH WATER SOLUBLE PROTEIN MODIFIED BY DIALDEHYDE STARCH AND BEESWAX) อ. ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล: 143 หน้า. ISBN: 974-17-3648-7

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการดัดแปรโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาด้วยไดอัลดีไฮด์สตาร์ช และไขผึ้งที่มีต่อคุณภาพของฟิล์ม โดยทำการสกัดโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*) แล้วศึกษาสมบัติของฟิล์มโปรตีนที่ดัดแปรด้วยไดอัลดีไฮด์สตาร์ช โดยการเตรียมสารละลายขึ้นรูปฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาให้มีความเข้มข้นของโปรตีน 3% (w/v) ในน้ำกลั่น เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณ 0%, 2.5%, 5%, 7.5% หรือ 10% (w/w) ของปริมาณโปรตีน และปรับ pH ของสารละลายเป็น 8, 9, 10, 11 หรือ 12 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล เติมกลีเซอรอลเพื่อเป็นพลาสติไซเซอร์ปริมาณ 50% ของปริมาณโปรตีน นำสารละลายไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำสารละลายมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มบน silicone plate และนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง รักษาสภาวะของแผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิ 20 ± 5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50 ± 5 % เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำมาตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ Tensile strength, Elongation at break, Color ระบบ Hunter L a b, Total soluble matter, Water vapor permeability และ Oxygen permeability และติดตามผลการเชื่อมขวางของโปรตีนที่ดัดแปรด้วยไดอัลดีไฮด์สตาร์ชด้วยวิธี SDS-PAGE จากผลการทดสอบ พบว่า สารละลายที่ pH 9 และเติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณ 7.5% ของปริมาณโปรตีน ทำให้ฟิล์มมีค่า tensile strength สูงที่สุด (6.72 MPa) ค่า yellowness (+b) ของฟิล์มเพิ่มขึ้น และความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มโปรตีนลดลง 37% เนื่องจากเกิดการเชื่อมขวางระหว่างโปรตีนกับไดอัลดีไฮด์สตาร์ช หลังจากนั้นได้ศึกษาสมบัติการซึมผ่านไอน้ำในแผ่นฟิล์มเมื่อเติมไขผึ้งปริมาณ 20%, 30%, 40% (w/w) ของปริมาณโปรตีน และเลซิทินปริมาณ 10% ของปริมาณไขผึ้ง โดยนำสารละลายสำหรับขึ้นรูปฟิล์มมาโฮโมจีไนซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที ก่อนจะนำมาขึ้นรูปและตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ จากผลการทดสอบ พบว่า ไขผึ้งปริมาณ 40% ของปริมาณโปรตีน ทำให้ค่าการซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์มลดลง 37% (1.36×10^{-10} $g.m^{-1}.s^{-1}.Pa^{-1}$) นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังทำการศึกษาดัดแปรฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวาน (*Priacanthus tayenus*) โดยทำการทดลองและการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพเช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น พบว่าฟิล์มโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากปลาตาหวานดัดแปรด้วยไดอัลดีไฮด์สตาร์ชและไขผึ้ง มีสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง โดยเมื่อปรับสารละลายขึ้นรูปฟิล์มให้มี pH 10 เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณ 7.5% ของปริมาณโปรตีน และนำไปโฮโมจีไนซ์กับไขผึ้งปริมาณ 40% ของปริมาณโปรตีน จะให้ฟิล์มที่ได้มีค่า tensile strength และค่าการซึมผ่านไอน้ำเป็น 5.09 ± 0.24 MPa และ 1.27 ± 0.17 $\times 10^{-10}$ $g.m^{-1}.s^{-1}.Pa^{-1}$ ตามลำดับ

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร.....
ปีการศึกษา.....2546.....

ลายมือชื่อนิสิต.....สุปราณี วิวัฒนชัยวงศ์.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4372458023 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD : FISH WATER SOLUBLE PROTEIN / PROTEIN FILMS / DIALDEHYDE STARCH / BEESWAX
SUPRANEE WIWATCHAIWONG : PHYSICAL PROPERTIES OF FILM FROM FISH WATER SOLUBLE PROTEIN MODIFIED BY DIALDEHYDE STARCH AND BEESWAX. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. ROMANEE SANGUANDEEKUL, Ph.D. 143 pp. ISBN: 974-17-3648-7

The objective of this research was to explore the effect of dialdehyde starch and beeswax for modifying properties of fish water soluble protein films. The water soluble protein was extracted from threadfin-bream (*Nemipterus hexodon*). Edible film was prepared by dissolving fish water soluble protein in distilled water at the level of 3% protein content with different levels of dialdehyde starch (0%, 2.5%, 5%, 7.5%, and 10% of the weight of proteins) and pH (8, 9, 10, 11, and 12). Glycerol was added at 50% (w/w) of fish water soluble protein as a plasticizer, then heated to 70°C for 15 minutes. The film-forming solutions were cast onto silicone plate and dried at 25°C for 20 hours. The films were conditioned at relative humidity of 50 ± 5% and 20 ± 5°C for 48 hours before the physical properties test. For all types of films, tensile strength, percentage elongation at break, Hunter color values (L, a, and b), total soluble matter, water vapor permeability, and oxygen permeability were determined. SDS-PAGE analysis was performed to explore the cross-linking effect of protein and dialdehyde starch. The result showed that the film at pH 9 with dialdehyde starch at 7.5% yielded highest tensile strength (6.72 MPa) and yellowness (+b values) and the reduction in film total soluble matter at 37%. These modifications in film properties suggested the occurrence of cross-linking between fish water soluble protein and dialdehyde starch. Water vapor permeability of films was studied after the incorporation of beeswax at the level of 20%, 30%, and 40% of the weight of proteins together with 10% (w/w) of lecithin to lipids. The film-forming solutions were heated at 80°C and homogenized for 1 min prior to cast and physical properties characterized. The results showed that water vapor permeability reduced 37% (1.36×10^{-10} g.m/m^2.s.Pa) with 40% beeswax. Furthermore, the modification of fish water soluble protein film from bigeyes fish (*Priacanthus tayenus*) was done and the physical properties test was performed. The results revealed that fish water soluble protein films from bigeyes modified by dialdehyde starch and beeswax had nearly the same physical properties as fish water soluble protein films from threadfin-bream. Edible films from bigeyes at pH 10 with the addition of 7.5% dialdehyde starch and 40% beeswax yielded tensile strength and water vapor permeability of 5.09 MPa and 1.27×10^{-10} g.m/m^2.s.Pa respectively.

Department.....Food Technology..... Student's signature.....Supranee Wiwatchaiwong.....
Field of Study.....Food Technology..... Advisor's signature.....Romanee Sanguandeekul.....
Academic year.....2003..... Co- advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัย และช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย ชุดโครงการวิจัยเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร-อุตสาหกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ Tokyo University of Fisheries ที่ได้มอบทุนอุดหนุนการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พันธิพา จันทวัฒน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ อาจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์ และอาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณ Professor Munehiko Tanaka (Tokyo University of Fisheries) ที่ได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะเบื้องต้นสำหรับงานวิจัย

ขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ นิสิตภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆด้วยความเต็มใจยิ่งตลอดการวิจัย

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ มารดา-บิดา ที่ให้การสนับสนุนด้านการเงินและกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญรูป..... ฌ

บทที่

1 บทนำ..... 1

2 วารสารปริทัศน์..... 2

3 การทดลอง..... 19

4 ผลการทดลอง..... 26

5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 58

6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 78

รายการอ้างอิง..... 80

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก..... 88

ภาคผนวก ข..... 97

ภาคผนวก ค..... 106

ภาคผนวก ง..... 118

ภาคผนวก จ..... 138

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 143

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาทรายแดง *(Nemipterus hexodon)* และปลาตาหวาน (*Priacanthus tayenus*).....	26
2	การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนของโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง *(Nemipterus hexodon)* และปลาตาหวาน (*Priacanthus tayenus*).....	27
3	ค่าสีในระบบ L a b ของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ pH และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆกัน.....	34
4	ค่าสีในระบบ L a b ของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ปริมาณไขผึ้งต่างๆกัน.....	38
5	ค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% โดยน้ำหนักของโปรตีน และไขผึ้งปริมาณต่างๆกัน.....	42
6	ค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH 10 และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆกัน.....	47
7	ค่าสีในระบบ L a b ของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆกัน.....	49
8	ค่าสีในระบบ L a b ของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ปริมาณไขผึ้งต่างๆกัน.....	53
9	ค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% โดยน้ำหนักของโปรตีน และไขผึ้งปริมาณต่างๆกัน.....	57
10	สมบัติทางกายภาพของโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ดัดแปรด้วยไดอัลดีไฮด์สตาร์ชและไขผึ้งจากปลาทรายแดงและปลาตาหวาน.....	77
ก.1	สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ดัดแปรโดยใช้ pH ของสารละลายและไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆกัน.....	89
ก.2	สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ดัดแปรโดยใช้ไขผึ้งปริมาณต่างๆกัน.....	91

ก.3	สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงดัดแปรโดยใช้ไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% โดยน้ำหนักของโปรตีน และไขผึ้งปริมาณต่างๆกัน..	92
ก.4	สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ดัดแปรโดยใช้ pH ของสารละลายและไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆกัน.....	93
ก.5	สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ดัดแปรโดยใช้ไขผึ้งปริมาณต่างๆกัน.....	95
ก.6	สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานดัดแปรโดยใช้ไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% โดยน้ำหนักของโปรตีน และไขผึ้งปริมาณต่างๆกัน..	96
ข.1	Experimental set up for the Biuret assay.....	101
ค.1	การเตรียมสารเคมีสำหรับทำ SDS-PAGE Electrophoresis.....	111
ค.2	การเตรียม 12.5% Resolving gel solution สำหรับแผ่นเจลหนา 1 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น.....	114
ค.3	การเตรียม Stacking gel solution สำหรับแผ่นเจลหนา 1 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น.....	114
ค.4	การเตรียม Fixing solution ปริมาณ 1 ลิตร.....	114
ค.5	การเตรียม Staining solution ปริมาณ 1 ลิตร.....	115
ค.6	การเตรียม Destain solution ปริมาณ 1 ลิตร.....	115
ง.1	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการต้านทานแรงดึงของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	118
ง.2	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการยืดตัวถึงจุดขาดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	118
ง.3	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	119
ง.4	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการละลายทั้งหมดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	119

ง.5	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า L ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	120
ง.6	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า a ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	120
ง.7	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า b ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	121
ง.8	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า ΔE ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	121
ง.9	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ.....	122
ง.10	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการยืดตัวถึงจุดขาดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ.....	122
ง.11	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ..	122
ง.12	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการละลายทั้งหมดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ..	123
ง.13	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า L ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ.....	123
ง.14	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า a ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ.....	123
ง.15	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า b ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ.....	124
ง.16	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า ΔE ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ.....	124

ง.17	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ.....	125
ง.18	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการยืดตัวถึงจุดขาดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ.....	125
ง.19	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ.....	125
ง.20	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการละลายทั้งหมดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ.....	128
ง.21	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า L ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีนและไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ.....	126
ง.22	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า a ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีนและไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ.....	126
ง.23	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า b ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีนและไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ.....	127
ง.24	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า ΔE ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีนและไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ.....	127
ง.25	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการต้านทานแรงดึงของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	128
ง.26	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการยืดตัวถึงจุดขาดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	128

ง.27	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	129
ง.28	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการละลายทั้งหมดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	129
ง.29	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า L ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	130
ง.30	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า a ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	130
ง.31	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า b ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	131
ง.32	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า ΔE ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ.....	131
ง.33	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ.....	132
ง.34	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการยืดตัวถึงจุดขาดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ.....	132
ง.35	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ...	132
ง.36	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการละลายทั้งหมดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ...	133
ง.37	การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า L ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ.....	133

ง.38 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า a ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ..... 133

ง.39 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า b ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ..... 134

ง.40 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า ΔE ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขผึ้งปริมาณต่างๆ..... 134

ง.41 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ..... 135

ง.42 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการยืดตัวถึงจุดขาดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ..... 135

ง.43 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ..... 135

ง.44 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการละลายทั้งหมดของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ..... 136

ง.45 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า L ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีนและไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ..... 136

ง.46 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า a ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีนและไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ..... 136

ง.47 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า b ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีนและไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ..... 137

ง.48 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า ΔE ของฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีนและไขผึ้งที่ปริมาณต่างๆ..... 137

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ผลของความยาวของสายไฮโดรคาร์บอนต่อสมบัติการแพรผ่านไอน้ำของฟิล์มโปรตีนเวย์กับลิปิด.....	7
2	ค่าการแพร่ผ่านไอน้ำของฟิล์มอิมัลชั่นของโพลีแซคคาไรด์ hydroxypropylmethylcellulose กับลิปิด (25°C, 85% RH).....	7
3	สมการปฏิกิริยาออกซิเดชั่นสตาร์ช กับ periodic acid.....	8
4	repeating units ของไดอัลดีไฮด์สตาร์ช.....	8
5	กระบวนการผลิตไดอัลดไฮด์สตารช์ทางการค้าแบบต่อเนื่อง.....	10
6	ปฏิกิริยาของหมู่อัลดีไฮด์กับหมู่อะมิโนในการเกิดสารประกอบสีน้ำตาล.....	11
7	โครงสร้างของ dialdehyde starch-protein product.....	12
8	ผลของปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่อสมบัติความต้านทานน้ำของกระดาษที่เคลือบด้วยเคซีน และทำแห้งที่อุณหภูมิต่างๆกัน เป็นเวลา 1 นาที.....	12
9	ผลของดีกรีของการเกิดออกซิเดชั่นของสตาร์ชที่มีต่อสมบัติทางกล และการดูดซับน้ำของพลาสติก.....	13
10	ผลของปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่อ tensile strength และ Elongation ของฟิล์มโปรตีนจากไข่ขาว.....	14
11	ผลของปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่อ total soluble matter และ water vapor permeability ของฟิล์มโปรตีนจากถั่วเหลือง.....	14
12	ผลของความเข้มข้นลิปิดต่อค่าการแพร่ผ่านความชื้นของฟิล์มอิมัลชั่นโปรตีนเวย์กับลิปิด.....	16
13	ผลของชนิดลิปิดต่อค่าการแพร่ผ่านความชื้นของฟิล์มอิมัลชั่นโปรตีนโซเดียมเคซีเนตกับลิปิด.....	17
14	ค่าการต้านทานแรงดึงขาดของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ pH และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆ.....	29
15	ค่าร้อยละการยืดตัวถึงจุดขาดของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ pH และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆ.....	30
16	ค่าการละลายทั้งหมดของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ pH และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆ.....	31

17	ค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ pH และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆ.....	32
18	ค่าการซึมผ่านของไอน้ำของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ pH และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆ.....	33
19	แบบแผนการแยกโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ pH 9 และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆกัน.....	35
20	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขผึ้งกับค่าการซึมผ่านของไอน้ำของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง.....	37
21	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขผึ้งกับค่าการต้านทานแรงดึงขาดของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง.....	39
22	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขผึ้งกับค่าร้อยละการยืดตัวถึงจุดขาดของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง.....	40
23	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขผึ้งกับค่าการละลายทั้งหมดของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง.....	41
24	ค่าการต้านทานแรงดึงขาดของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆ.....	44
25	ค่าร้อยละการยืดตัวถึงจุดขาดของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆ.....	45
26	ค่าการละลายทั้งหมดของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆ.....	46
27	ค่าการซึมผ่านของไอน้ำของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆ.....	48
28	แบบแผนการแยกโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH 10 และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆกัน.....	50
29	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขผึ้งกับค่าการซึมผ่านของไอน้ำของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวาน.....	52
30	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขผึ้งกับค่าการต้านทานแรงดึงขาดของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวาน.....	54
31	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขผึ้งกับค่าร้อยละการยืดตัวถึงจุดขาดของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวาน.....	55

32	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขผึ้งกับค่าการละลายทั้งหมดของแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวาน.....	56
ข.1	กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Biuret assay สำหรับปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*).....	102
ข.2	โครมาโตรกราฟีของชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงและปลาตาหวาน.....	105
จ.1	ปลาทรายแดงพันธ์ *Nemipterus hexodon*.....	138
จ.2	ปลาตาหวาน *(Priacanthus tayenus)*.....	138
จ.3	เครื่องแช่เยือกแข็ง	139
จ.4	โปรตีนละลายน้ำได้จากปลาที่แช่เยือกแข็งแล้ว.....	140
จ.5	แม่พิมพ์ซิลิโคนสำหรับขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม.....	140
จ.6	ตู้ทำแห้งฟิล์ม (ประกอบเอง).....	141
จ.7	อุปกรณ์วิเคราะห์ค่าการซึมผ่านของแผ่นฟิล์ม.....	142

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย