

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กัญจนานุญเกียรติ. 2536. การคำนวณขั้นต้นในวิชาวิศวกรรมเคมี. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ขวัญชัย สมุทรพาณิชย์. 2542. ประชากรโลกฉลองรับปี 2000 ส่งออกอาหารทะเลมูลค่าทุกทวีป. ฐานเศรษฐกิจ. 1438: 3.
- จักรีทองเรือง. 2544. ซูริมิ. กรุงเทพฯ. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.
- ปรมาภรณ์ เกิดทรัพย์. 2545. การผลิตและการเก็บรักษาฟิล์มไบโโคมจากโปรตีนละลายน้ำจากปลาทรายแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปิยธิดา ธรรมบำรุง, วัลลภ อิ่มสุวรรณ, และ อุษาพรรณ รุ่งพิสุทธิพงศ์. 2543. การสกัดแยกโปรตีนจากน้ำล้างเนื้อปลาบด. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2535. ฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้. อาหาร. 22(1): 42-48.
- วัฒนา วิวิธมิตร. 2541. การผลิตฟิล์มและสารเคลือบอาหารจากไข่ขาว. อาหาร. 28(1): 58-61.
- อาภัสรา ชมิทธิ์. 2537. ซีวเคมี. กรุงเทพฯ. เค.ยู.เพลส์.

### ภาษาอังกฤษ

- A.O.A.C. 1995. Official method of analysis. 16<sup>th</sup> ed. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- ASTM, 1999. Annual book of ASTM standard. Philadelphia: American Society for Testing and Materials.
- Avena-Bustillos, R. J., and Krochta, J. M. 1993. Water vapor permeability of caseinate-based edible films as affected by pH, calcium crosslinking and lipid content. J. Food Sci. 58(4): 904-907.
- Banker, G. S. 1966. Film coating theory and practice. J. Pharm. Sci. 51(1): 81-89.
- Boye, I. J., Ma, Y. C., and Harwalker, R. V. 1997. Thermal denaturation and coagulation of proteins. In Damodaran, S. and Paraf, A. (eds.), Food protein and their application. New York: Marcel Dekker.

- Brandenburg, H. A., Weller, C. L., and Testin, R. F. 1993. Edible films and coating from soy protein. J. Food Sci. 58(5): 1086-1089.
- Bradford, M. A. 1976. Rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 248-254.
- Byler, M. D. and Purcell, M. J. 1989. FTIR examination of thermal denaturation and gel formation in whey protein. SPIE. 1145: 415-419.
- Catsimpoolas, N. and Meyer, W. E. 1970. Gelatin phenomena of soybean globulins: Protein-protein interactions. Cereal Chem. 47: 559-562.
- Charlton, F. S. and DeLong, R. F. 1956. Foods and permeability. Mod. Packag. 29: 227-235.
- Chatterji, A. K. and Arnold, L. K. 1965. Crosslinking of dialdehyde starches with wheat proteins. J. Polym. Sci. 3: 3857-3864.
- Cheftel, J. C., Cuq, J. L., Lorient, D. 1985. Amino acids, peptides, and proteins. In Fennema, O. R. (ed.), Food chemistry. New York: Marcel Dekker.
- Clark, R. L. and Gralow, R.C. 1949. Zein: Versatile packaging resin. Mod. Packag. 22: 122-125, 154, 156.
- Copeland, R. A. 1994. Method for protein analysis. London: Chaan & Hall.
- Cuq, B., Aymard, C., Cuq, J. L., and Guilbert, S. 1995a. Edible packaging films based on fish myofibrillar proteins: Formulation and functional properties. J. Food Sci. 60(6): 1369-1374.
- Cuq, B., Gontard, N., and Guilbert, S. 1995b. Edible films and coatings as active layers. In Active Food Packagings, pp. 111-142, Blackie Academic & Professional, Glasgow.
- Cuq, B., Gontard, N., Cuq, J. L., and Guilbert, S. 1996. Functional properties of myofibrillar protein-based biopackaging as affected by film thickness. J. Food Sci. 61(3): 580-584.
- Damodaran, S. 1996. Amino acids, peptides, and proteins. In Fennema, O. R. (ed.) Food chemistry. New York: Marcel Dekker.

- Ernst, A. J., Carr, M. E., Weakley, F. B., Hofreiter, B. T., and Mehlretter, C. L. 1962. Dialdehyde starch-casein paper coating adhesives for improved wet-rub resistance. TAPPI. 45: 646-650.
- Filachione, E. M., Harris, E. H., Fein, M. L., Korn, A. H., Naghski, J., and Wells, P. A. 1958. Tanning studies with dialdehyde starch. J. Am. Leather Chem. Assoc. 53: 77-85.
- Gennadios, A., Handa, A., Froning, G. W., Weller, C. L., and Hanna, M. A. 1998. Physical properties of egg white-dialdehyde starch films. J. Agric. Food Chem. 46:1297-1302.
- Gennadios, A., McHugh, T. H., Weller, C. L., and Krochta, J. M. 1994. Edible coatings and films based on proteins. In Krochta, J. M., Baldwin, E. A., and Nisperos-Carriedo, M. O.(eds.), Edible coatings and films to improve food quality. Pennsylvania: Technomic Publishing.
- Ghorpade, V. M., Li, H., Gennadios, A., and Hanna, M. A. 1995. Chemically modified soy protein films. Trans. ASAE. 38: 1805-1808.
- Gontard, N., Duchez, C., Cuq, J. L., and Guilbert, S. 1994. Edible composite films of wheat gluten and lipids: Water vapour permeability and other physical properties. Int. J. Food Sci. Technol. 29: 39-50.
- Gontard, N., Guilbert, S., and Cuq, J. L. 1992. Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. J. Food Sci. 57(1): 190-195.
- Gontard, N., Marchesseau, S., Cuq, J. L., and Guilbert, S. 1995. Water vapour permeability of edible bilayer films of wheat gluten and lipids. Int. J. Food Sci. Technol. 30: 49-56.
- Guilbert, S. 1986. Technology and application of edible protective films. In Mathlouthi, M. (ed.), Food Packaging and Preservation. New York: Elsevier Applied Science Publisher.
- Habeeb, A. F. S. A. and Hiramoto, R. 1968. Reaction of proteins with glutaraldehyde. Arch. Biochem. Biophys. 126: 16-26.



- Hernandez, E. 1994. Edible coating from lipids and resins. In Krochta, J. M., Baldwin, E. A., and Nisperos-Carriedo, M. O. (eds.), Edible coatings and films to improve food quality. Pennsylvania: Technomic Publishing.
- Iwata, K., Ishizaki, S., Handa, A., and Tanaka, M. 2000. Preparation and characterization of edible films from fish water soluble protein. Fisheries Sci. 66(2): 372-378.
- Jangchud, A. and Chinnan, M. S. 1999. Peanut protein film as affected by drying temperature and pH of film forming solution. J Food Sci. 64(1): 153-157.
- Kamper, S. L. and Fennema, O. 1984a. Water vapor permeability of edible bilayer films. J. Food Sci. 49(6): 1478-1481.
- Kamper, S. L. and Fennema, O. 1984b. Water vapor permeability of edible, fatty acid, bilayer film. J. Food Sci. 49(6): 1482-1485.
- Kester, J. J. and Fennema, O. 1986. Edible films and coatings: A review. Food Technol. 40(12): 47-59.
- Kester, J. J. and Fennema, O. 1989. Resistance of lipid films to water vapor transmission. JAOCS. 66(8): 1139-1146.
- Krochta, M. J. 1997. Edible films solve problems. Food Technol. 51(2): 60-64.
- Krochta, M. J. and Johnston, C. D. M. 1997. Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. Food Technol. 51(2): 61-73.
- Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature. 227: 680-685.
- Lee, A. F. 1996. Basic food chemistry. Connecticut: AVI Publishing company.
- Lim, L. T., Mine, Y., and Tung, M.A. 1999. Barrier and tensile properties of transglutaminase cross-linked gelatin films as affected by relative humidity, temperature, and glycerol content. J. Food Sci 64(4): 616-622
- Lin, M. T., Park, J. W., and Morrissey, M. T. 1995. Recovered protein and reconditioned water from surimi processing waste. J. Food Sci. 60(1): 4-9.
- Liu, H. J., Chang, B. Y., Yan, H. W., Yu, F. H., and Liu, X. X. 1995. Determination of amino acids in food and feed by derivatization with 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidyl carbamate and reversed-phase liquid chromatographic separation. JAOC. 78(3): 736-744.



- Marquie, C., Aymard, C., Cuq, J. L., and Guilbert, S. 1995. Biodegradable packaging made from cottonseed flour: Formation and improvement by chemical treatments with gossypol, formaldehyde, and glutaraldehyde. J. Agric. Food Chem. 43: 2762-2767.
- Marquie, C., Tessier, A. M., Aymard, C., and Guilbert, S. 1997. HPLC determination of the reactive lysine content of cottonseed protein films to monitor the extent of cross-linking by formaldehyde, glutaraldehyde, and glyoxal. J. Agric. Food Chem. 45: 922-926.
- McHugh, T. H., Aujard, J. F., and Krochta, J. M. 1994. Plasticized whey protein edible films: Water vapor permeability properties. J. Food Sci. 59(2): 416-423.
- McHugh, T. H. and Krochta, J. M. 1994a. Dispersed phase particle size effects on water vapor permeability of whey protein-beeswax edible emulsion films. J. Food Proc. Pres. 18: 173-188.
- McHugh, T. H. and Krochta, J. M. 1994b. Milk-protein-based edible films and coatings. Food Technol. 48(1): 97-103.
- McHugh, T. H. and Krochta, J. M. 1994c. Permeability properties of edible films. In Krochta, J. M., Baldwin, E. A., and Nisperos-Carriedo, M. O. (eds.), Edible coatings and films to improve food quality. Pennsylvania: Technomic Publishing.
- McHugh, T. H. and Krochta, J. M. 1994d. Water vapor permeability properties of edible whey protein-lipid emulsion films. J. Am. Oil Chem. Soc. 71(3): 307-312.
- Miller, K. S. and Krochta, J. M. 1997. Oxygen and aroma barrier properties of edible films: A review. Trends Food Sci. Technol. 8: 228-237.
- Morrissey, A. P., Mulvihill, M. D., and O'Weill, M. E. 1987. Functional properties of muscle proteins. Development in Food Protein. London: Elsevier Apply Science.
- Nayudamma, Y., Joseph, K. T., and Bose, S. M. 1961. Studies on the interaction of collagen with dialdehyde starch. Am. Leather Chem. Assoc. J. 56: 548-567.
- Pfeifer, V. F., Sohns, V. E., Conway, H. F., Lancaster, E. B., Dabic, S., and Griffin, E. L., Jr. 1960. Two-stage process for dialdehyde starch using electrolytic regeneration of periodic acid. Ind. Eng. Chem. 52: 201-206.
- Pigott, M. G. and Tucker, W. B. 1990. Seafood effect of technology on nutrition. New York: Marcel Dekker.

- Pol, H., Dawson, P., Acton, J., and Ogale, A. 2002. Soy protein isolate/corn-zein laminated films: Transport and mechanical properties. J. Food Sci. 67(1): 212-217.
- Rhim, J. W., Gennadios, A., Weller, C. L., Cezeirat, C., and Hanna, M. A. 1998. Soy protein isolate-dialdehyde starch films. Ind. Crops Prod. 8: 195-203.
- Rhim, J. W. and Weller, C. L. 2000. Properties of formaldehyde adsorbed soy protein isolate films. Food Sci. Biotechnol. 9(4): 228-233.
- Richards, F. M. and Knowles, J. R. 1968. Glutaraldehyde as a protein cross-linking reagent. J. Mol. Biol. 37: 231-233.
- Sahidi, F. and Botta, J. R. 1994. Seafood: Chemistry, processing technology and quality. London: Blackie Academic & Professional.
- Spence, K. E., Jane, J. L., and Pometto, A. L., 1995. Dialdehyde starch and zein plastic: Mechanical properties and biodegradability. J. Environ. Polym. Degrad. 3: 69-74.
- Suzuki, T. 1981. Fish and krill protein: Processing technology. London: Applied Science Publishers.
- Tanaka, M., Ishizaki, S., Suzuki, T., and Takai, R. 2001a. Water vapor permeability of edible films prepared from fish water soluble proteins as affected by lipid type. J. Tokyo Univ. Fish. 87: 31-37.
- Tanaka, M., Iwata, K., Sanguandeeikul, R., Handa, A., and Ishizaki, S. 2001b. Influence of plasticizers on the properties of edible films prepared from fish water-soluble proteins. Fisheries Sci. 67(2): 346-351.
- Tulloch, A. P. 1970. The composition of beeswax and other waxes secreted by insects. Lipids. 5: 247-254.
- Voet, D. and Voet, G. J. 1995. Biochemistry. 2<sup>nd</sup> ed. New York: John Wiley & son.
- Wahyni, M., Ishizaki, S., and Tanaka, M. 1999. Improvement of functional properties of fish water soluble proteins with glucose-6-phosphate through the maillard reaction. Fisheries Sci. 65(4): 618-622.
- Weadock, K., Olson, R. M., and Silver, F. H. 1984. Evaluation of collagen crosslinking techniques. Biomater. Med. Dev. Art. Org. 11: 293-318.

Weakley, F. B. and Mehlretter, C. E. 1961. Irreversible insolubilization of casein by dialdehyde starch. TAPPI. 44: 456-459.

Whitaker, R.J. and Tannenbaum, R.S. 1977. Food proteins. New York: AVI Publishing Company.

Wilson, R. H. 1959. Utilization and toxicity of dialdehyde- and dicarboxyl-starches. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 102: 735-737.




ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก  
สมบัติทางกายภาพของฟิล์ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโพรตีนละลายที่ได้จากปลาทรายแดงที่ดัดแปรโดยใช้ pH ของสารละลายและไดอัลไลต์ไฮดรอกซิดปริมาณต่างๆกัน

Treatment		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
pH	%Dialdehyde starch	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Water vapor permeability ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$ ) $\times 10^{-10}$	Total soluble matter (%)	Oxygen permeability ( $\text{mL}\cdot\mu\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{kPa MPa}$ )
9	0	4.27 ± 0.23e	58.27 ± 14.27a	1.81 ± 0.23ab	30.42 ± 0.23g	8.88
9	2.5	5.49 ± 0.35g	68.39 ± 20.24ab	2.39 ± 0.36bc	23.41 ± 0.35c	7.3
9	5	6.16 ± 0.27h	71.35 ± 15.18ab	2.48 ± 0.24bc	21.33 ± 0.23b	6.27
9	7.5	6.72 ± 0.25i	74.27 ± 18.12b	2.53 ± 0.35bc	19.17 ± 0.24a	5.18
9	10	6.63 ± 0.26i	63.54 ± 17.25ab	2.63 ± 0.26bc	19.26 ± 0.26a	4.54
10	0	4.52 ± 0.35e	64.71 ± 16.29ab	1.64 ± 0.15 a	31.23 ± 0.16h	9.77
10	2.5	5.57 ± 0.42g	75.26 ± 25.34b	2.04 ± 0.17 b	24.53 ± 0.32d	7.99
10	5	6.07 ± 0.39h	76.27 ± 21.35b	2.12 ± 0.26 b	23.72 ± 0.20c	7.25
10	7.5	6.63 ± 0.25i	79.36 ± 16.32b	2.16 ± 0.29 b	21.25 ± 0.34b	6.17
10	10	6.45 ± 0.43i	67.45 ± 15.43ab	2.32 ± 0.35 b	21.18 ± 0.25b	5.77

a, b,....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่  $p \leq 0.05$



ตารางที่ ก.1 สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโพรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ตัดแปรโดยใช้ pH ของสารละลายและไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณต่างๆกัน (ต่อ)

Treatment		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
pH	%Dialdehyde starch	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Water vapor permeability ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}^{-1}$ ) $\times 10^{-10}$	Total soluble matter (%)	Oxygen permeability ( $\text{mL}\cdot\mu\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{kPa MPa}$ )	
11	0	3.76 ± 0.25c	67.35 ± 15.19ab	1.45 ± 0.16 a	39.35 ± 0.24k	วัดค่าไม่ได้	
11	2.5	4.47 ± 0.34e	78.57 ± 18.24b	1.82 ± 0.32 ab	32.54 ± 0.32i	วัดค่าไม่ได้	
11	5	5.01 ± 0.32ef	79.36 ± 27.33b	1.90 ± 0.25 ab	29.62 ± 0.25f	วัดค่าไม่ได้	
11	7.5	5.43 ± 0.18g	82.16 ± 14.15b	2.07 ± 0.36b	26.66 ± 0.36e	วัดค่าไม่ได้	
11	10	5.35 ± 0.27g	70.42 ± 24.09ab	2.18 ± 0.27b	26.78 ± 0.35e	วัดค่าไม่ได้	
12	0	2.25 ± 0.35a	67.27 ± 16.23ab	1.89 ± 0.21ab	44.36 ± 0.31m	วัดค่าไม่ได้	
12	2.5	3.09 ± 0.23b	79.34 ± 18.25b	2.19 ± 0.18b	41.35 ± 0.25l	วัดค่าไม่ได้	
12	5	3.62 ± 0.24c	79.58 ± 25.19b	2.25 ± 0.26b	38.81 ± 0.32k	วัดค่าไม่ได้	
12	7.5	4.07 ± 0.27cd	82.26 ± 15.21b	2.27 ± 0.27b	35.64 ± 0.26j	วัดค่าไม่ได้	
12	10	3.90 ± 0.26cd	72.42 ± 21.24ab	2.35 ± 0.33bc	35.27 ± 0.27j	วัดค่าไม่ได้	

a, b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละแถวตั้งแต่แถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่  $p \leq 0.05$

ตารางที่ ก.2 สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโพรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่ตัดแปรโดยใช้ผงปริมาณต่างๆกัน

ปริมาณไขมัน (% ของปริมาณโพรตีนที่ใส่)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Water vapor permeability (g.m <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> .Pa <sup>-1</sup> ) x 10 <sup>-10</sup>	Oxygen permeability (mL.µm/m <sup>2</sup> .d.kPa MPa)
0	4.52 ± 0.18d	60.63 ± 14.27b	1.64 ± 0.15d	วัดค่าไม่ได้
20	3.90 ± 0.24c	53.42 ± 15.23a	1.29 ± 0.25 c	วัดค่าไม่ได้
30	3.27 ± 0.35b	58.26 ± 21.27ab	0.85 ± 0.32 b	วัดค่าไม่ได้
40	2.53 ± 0.16a	55.54 ± 19.53a	0.54 ± 0.18 a	วัดค่าไม่ได้

a, b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่  $p \leq 0.05$

ตารางที่ ก.3 สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโพรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงดัดแปรโดยใช้ไดอัลติไฮเดรตคาร์บอ 7.5% โดยน้ำหนักของโพรตีน และไขมันปริมาณต่างๆกัน

ปริมาณไขมัน (% ของปริมาณโพรตีนที่ใช้)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Water vapor permeability ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$ ) $\times 10^{-10}$	Total soluble matter (%)	Oxygen permeability ( $\text{mL}\cdot\mu\text{m}/\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{kPa MPa}$ )
0	6.53 ± 0.25h	70.39 ± 18.12c	2.16 ± 0.19 e	21.25 ± 0.27a	5.18
20	6.23 ± 0.18g	68.36 ± 16.54c	1.81 ± 0.25 d	22.88 ± 0.19b	7.55
30	5.90 ± 0.32f	71.07 ± 23.16c	1.62 ± 0.27 cd	24.56 ± 0.24c	8.59
40	5.52 ± 0.26e	69.23 ± 21.19c	1.36 ± 0.17c	24.08 ± 0.26c	9.07

a, b,....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่  $p \leq 0.05$



ตารางที่ ก.4 สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโพรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ตัดแปรโดยใช้ pH ของสารละลายและได้อัตราไรโอสตาร์ชปริมาณต่างกัน

Treatment		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
pH	%Dialdehyde starch	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Water vapor permeability ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}^{-1}$ ) $\times 10^{-10}$	Total soluble matter (%)	Oxygen permeability ( $\text{mL}\cdot\mu\text{m}/\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{kPa MPa}$ )	
10	0	3.81 ± 0.16b	59.43 ± 16.34a	2.07 ± 0.33b	35.42 ± 0.21g	7.50	
10	2.5	4.79 ± 0.25d	68.25 ± 20.35ab	2.59 ± 0.25cd	25.16 ± 0.26d	6.29	
10	5	5.26 ± 0.33e	68.32 ± 18.26ab	2.75 ± 0.19d	23.43 ± 0.24b	5.28	
10	7.5	6.55 ± 0.36f	71.35 ± 21.31ab	2.81 ± 0.28d	22.24 ± 0.26a	4.19	
10	10	6.48 ± 0.34f	61.42 ± 19.45ab	2.85 ± 0.35d	22.15 ± 0.16a	3.85	
11	0	3.09 ± 0.34a	62.43 ± 15.34ab	1.54 ± 0.23a	39.27 ± 0.26n	วัดค่าไม่ได้	
11	2.5	3.63 ± 0.23b	74.54 ± 19.52ab	1.90 ± 0.35b	28.53 ± 0.24f	วัดค่าไม่ได้	
11	5	4.16 ± 0.25c	75.39 ± 18.26b	2.07 ± 0.24b	26.90 ± 0.18e	วัดค่าไม่ได้	
11	7.5	5.12 ± 0.35e	77.52 ± 21.34b	2.12 ± 0.26bc	25.56 ± 0.24c	วัดค่าไม่ได้	
11	10	5.07 ± 0.24e	69.26 ± 16.71ab	2.16 ± 0.36bc	25.53 ± 0.17c	วัดค่าไม่ได้	

a, b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละแถวตั้งแต่แถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่  $p \leq 0.05$

ตารางที่ ก.4 สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโพรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาวานที่ดัดแปรโดยใช้ pH ของสารละลายและไดอัลดีไฮด์สตาarchปริมาณต่างๆกัน (ต่อ)

Treatment		ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน					
pH	%Dialdehyde starch	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Water vapor permeability (g.m <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> .Pa <sup>-1</sup> ) × 10 <sup>-10</sup>	Total soluble matter (%)	Oxygen permeability (mL.µm/m <sup>2</sup> .d.kPa MPa)	
12	0	2.08 ± 0.24a	63.71 ± 18.35ab	1.90 ± 0.24b	43.18 ± 0.18k	วัดค่าไม่ได้	
12	2.5	2.71 ± 0.36a	73.25 ± 16.24ab	2.27 ± 0.29c	37.25 ± 0.23j	วัดค่าไม่ได้	
12	5	3.07 ± 0.32a	74.26 ± 19.26b	2.45 ± 0.32c	34.71 ± 0.19i	วัดค่าไม่ได้	
12	7.5	3.82 ± 0.25b	76.73 ± 18.72b	2.53 ± 0.27cd	33.89 ± 0.25h	วัดค่าไม่ได้	
12	10	3.71 ± 0.26b	68.26 ± 16.43ab	2.58 ± 0.25cd	33.24 ± 0.24h	วัดค่าไม่ได้	

a, b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละแถวตั้งแต่วิวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่  $p \leq 0.05$

ตารางที่ ก.5 สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโพรทึนและละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ตัดแปรโดยใช้ไผ่ปริมาณต่างๆกัน

ปริมาณไผ่ (% ของปริมาณโพรทึนที่ใช้)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Water vapor permeability (g.m <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> .Pa <sup>-1</sup> ) × 10 <sup>-10</sup>	Total soluble matter (%)	Oxygen permeability (mL.µm/m <sup>2</sup> .d.kPa MPa)
0	3.81 ± 0.26d	59.34 ± 16.34ab	1.54 ± 0.23e	35.42 ± 0.21d	4.19
20	3.23 ± 0.72c	50.26 ± 24.35a	1.09 ± 0.19c	39.25 ± 0.54e	6.66
30	2.51 ± 0.26b	54.51 ± 21.36a	0.72 ± 0.36b	47.23 ± 0.26f	7.75
40	1.86 ± 0.35a	52.23 ± 19.52a	0.46 ± 0.25a	46.53 ± 0.43f	8.87

a, b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละแถวตั้งแต่แถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ p ≤ 0.05

ตารางที่ ก.6 สมบัติต่างๆของแผ่นฟิล์มโพรตีนละลายน้ำได้จากปลาตากหวานดัดแปรโดยใช้ไดอัลติสไฮโดลิตาร์ช 7.5% โดยน้ำหนักของโพรตีน และไขมันปริมาณต่างกัน

ปริมาณไขมัน (% ของปริมาณโพรตีนที่ใช้)	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	Water vapor permeability (g.m <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> .Pa <sup>-1</sup> ) × 10 <sup>-10</sup>	Total soluble matter (%)	Oxygen permeability (mL.µm/m <sup>2</sup> .d.kPa MPa)
0	6.55 ± 0.36h	68.32 ± 21.31bc	2.12 ± 0.26g	22.24 ± 0.26a	8.5
20	5.96 ± 0.54g	63.24 ± 26.35b	1.85 ± 0.34f	24.23 ± 0.35b	13.5
30	5.54 ± 0.35f	65.42 ± 35.24b	1.52 ± 0.27e	27.36 ± 0.27c	15.7
40	5.09 ± 0.24e	65.21 ± 25.36b	1.27 ± 0.36d	26.54 ± 0.46c	17.8

a, b....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแต่ละแถวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ p ≤ 0.05



## ภาคผนวก ข.

### การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

#### 1. ปริมาณความชื้น (Moisture content) ตามวิธีมาตรฐาน A.O.A.C. (1995)

##### 1.1 อุปกรณ์

- 1.1.1 ถ้วยอะลูมิเนียม
- 1.1.2 เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- 1.1.3 เตาอบ
- 1.1.4 Desiccator

##### 1.2 วิธีการทดลอง

ชั่งตัวอย่าง  $5 \pm 0.1$  กรัม ใส่ในถ้วยอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำมาอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาทำให้เย็นใน desiccator จากนั้นชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วย นำไปอบซ้ำที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักของถ้วยคงที่

##### 1.3 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

#### 2. ปริมาณโปรตีน ตามวิธีมาตรฐาน A.O.A.C. (1995)

##### 2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

- 2.1.1 ชุดอุปกรณ์การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl method
- 2.1.2 ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 2.1.3 โพแทสเซียมซัลเฟต ( $K_2SO_4$ )
- 2.1.4 คอปเปอร์ซัลเฟต ( $CuSO_4$ )
- 2.1.5 กรดซัลฟูริกเข้มข้น
- 2.1.6 โซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $NaOH$ )
- 2.1.7 กรดบอริก
- 2.1.8 เมทิล เรด (Methyl red)
- 2.1.9 เมทิลีน บลู (Methylene blue)

## 2.2 วิธีการทดลอง

- ชั่งตัวอย่างมา 0.5 – 1.6 กรัม ใส่ลงใน Kjeodahl flask
- ชั่งโพแทสเซียมซัลเฟต 15 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต 0.6 กรัม
- เติมนกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร
- นำไปย่อยบนชุดอุปกรณ์ย่อยโปรตีนจนได้ของเหลวใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
- เติมน้ำกลั่นลงไปจนได้ปริมาณเป็น 250 มิลลิลิตร
- แบ่งตัวอย่างมา 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่
- เติมนกรดบอริก 4 เปอร์เซ็นต์ 20 มิลลิลิตร เพื่อใช้เป็นตัวจับแอมโมเนียที่จะกลั่นได้จากตัวอย่าง หยดเมทิล เรด-เมทิลีน บลู 2 ถึง 3 หยด เพื่อใช้เป็นอินดิเคเตอร์
- นำตัวอย่างที่แบ่งไว้ 50 มิลลิลิตรมาเติมนสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์ 20 มิลลิลิตร แล้วนำมากลั่นด้วยไอน้ำ (Steam distillation)
- นำสารละลายที่กลั่นได้ในกรดบอริกมาไตเตรทด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสารสีเขียวเป็นสีชมพู

## 2.3 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{(A \times 5) \times N \times 14 \times R \times 100}{S}$$

โดย A คือ ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้กับสารตัวอย่าง  
หน่วยเป็นมิลลิลิตร

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้กับ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$   
หน่วยเป็นนอร์มอล(N)

R คือ % Recovery เมื่อใช้  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  เป็นสารตัวอย่าง

S คือ น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ มีหน่วยเป็นกรัม

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \% \text{ไนโตรเจน} \times f$$

โดย f คือ factor กรณีเนื้อปลา  $f = 6.25$  (Whitaker and Tannenbaum, 1977)

## 3. ปริมาณไขมัน ตามวิธีมาตรฐาน A.O.A.C. (1995)

### 3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

- 3.1.1 Soxhlet apparatus
- 3.1.2 Thimble
- 3.1.3 กระดาษกรอง

- 3.1.4 ปีโตรเลียม อีเทอร์
- 3.1.5 Desiccator
- 3.1.6 ขวดกั้นกลม
- 3.1.7 เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง

### 3.2 วิธีทดลอง

- ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรอง แล้วนำไปใส่ใน Thimble ใน extraction tube ของ Soxhlet apparatus
- ใส่ปีโตรเลียม อีเทอร์ ประมาณ 200 มิลลิลิตร ลงในขวดกั้นกลม (ของ Soxhlet apparatus) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
- นำไปกลั่นแบบไหลย้อนกลับ (reflux) บน heating mantle ใช้อุณหภูมิปานกลาง โดยให้อัตราการกลั่นตัวของ ปีโตรเลียม อีเทอร์ ประมาณ 2-3 หยดต่อวินาที ใช้เวลาในการกลั่นประมาณ 4-5 ชั่วโมง
- ระเหยปีโตรเลียม อีเทอร์ ออกจากขวดกั้นกลมที่สกัดไขมัน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักขวดกั้นกลม

### 3.3 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{[(\text{น้ำหนักขวดกั้นกลม} + \text{ไขมัน}) - \text{น้ำหนักขวดกั้นกลม}] \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}}$$

## 4. ปริมาณเก่า ตามวิธีมาตรฐาน A.O.A.C. (1995)

### 4.1 อุปกรณ์

- 4.1.1 ครุชีเบิล (Crucible)
- 4.1.2 เต้าเผา
- 4.1.3 เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- 4.1.4 Desiccator
- 4.1.5 เต้าอบ

#### 4.2 วิธีทดลอง

- นำครุชชีเบิลไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของครุชชีเบิล
- ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 3-5 กรัมในครุชชีเบิล
- นำไปอบแห้งในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
- นำไปเผาในเตาอบที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ หรือตัวอย่างที่ใช้เป็นสีขาว
- นำมาทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก

#### 4.3 การคำนวณ

$$\text{ปริมาณ (\%)} = \frac{[(\text{น้ำหนักครุชชีเบิล} + \text{ถ้ำ}) - \text{น้ำหนักครุชชีเบิล}]}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้}} \times 100$$

### 5. ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

คำนวณโดยนำค่าที่ได้จากการคำนวณหาองค์ประกอบในข้อ 1 ถึง 4 มาบวกกันแล้วจึงหักออกจาก 100 จะได้เป็นปริมาณคาร์โบไฮเดรต

### 6. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Biuret assay (Copeland, 1994)

#### 6.1 การเตรียม Biuret reagent

- ผสม  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1.5 กรัม และ sodium potassium tartrate 6.0 g และเติมน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เข้าด้วยกันในบีกเกอร์ คนให้เข้ากัน
- เติม 10% NaOH (w/v) ปริมาณ 30 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน
- ถ่ายของผสมทั้งหมดลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรทั้งหมดเป็น 1 ลิตร
- เก็บ Biuret reagent ที่ได้ในขวดพลาสติก reagent ที่ได้จะมีสีฟ้าเข้ม และสามารถเก็บได้นานประมาณ 1 ปี ที่อุณหภูมิห้อง

#### 6.2 การเตรียมโปรตีนมาตรฐาน bovine serum albumin (BSA)

- ชั่งน้ำหนัก BSA แห่ง 1 g ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 100 มิลลิลิตร (ละลายใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร)
- แบ่งสารละลายที่ได้ใส่ขวดเล็กๆ ขวดละ 1 มิลลิลิตร (ใช้ขวดทนความเย็น)



- ทำให้แข็งอย่างรวดเร็วใน dry ice หรือ ethanol bath
- เก็บไว้ที่อุณหภูมิ  $-20^{\circ}\text{C}$  จะสามารถเก็บได้เป็นเวลานานกว่า 1 ปี

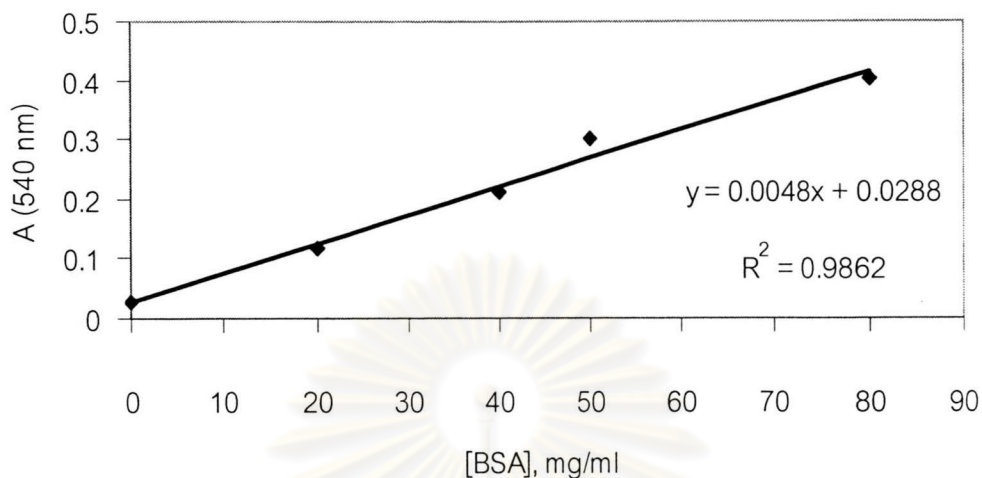
### 6.3 วิธีทดลอง (Biuret assay for soluble proteins)

- นำหลอดทดลองขนาดเล็ก 8 หลอด แต่ละหลอดให้ผสม reagents ต่างๆ ตามตารางที่
- หลอดที่ 6 - 8 ใส่โปรตีนตัวอย่างที่ต้องการศึกษา (unknown) แล้วผสมให้เข้ากันดี
- เติมน้ำ Biuret reagent ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในทุกๆหลอด ผสมให้เข้ากัน
- ตั้งหลอดทดลองไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
- นำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร ทุกหลอด
- นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากหลอดที่ 1 - 5 มาเขียนกราฟ จะได้เป็นกราฟมาตรฐาน (รูปที่ ข.1) แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากหลอดที่ 6 - 8 มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน จะได้ปริมาณโปรตีนในสารละลายตัวอย่าง และสามารถคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์โปรตีนในสารละลายตัวอย่างได้

ตารางที่ ข.1 Experimental set up for the Biuret assay

หลอดที่	ปริมาณน้ำ (ไมโครลิตร, ul)	ปริมาณ BSA (ไมโครลิตร, ul)	ความเข้มข้นของ BSA (mg/ml)
1	500	0	0
2	400	100	20
3	300	200	40
4	200	300	50
5	100	400	80
6	450	0	Unknown
7	450	0	Unknown
8	450	0	Unknown

ที่มา : Copeland, 1994



รูปที่ ข.1 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Biuret assay สำหรับปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*)

#### การคำนวณ (Biuret assay)

จาก Standard curve จะได้สมการเส้นตรง คือ

$$y = 0.0048x + 0.0288$$

ค่า A(540 nm) ของโปรตีนตัวอย่างที่วัดได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.1709

แทนค่า y ด้วย 0.1709

จะได้ค่า x เท่ากับ 29.604

แสดงว่ามีโปรตีน 29.604 กรัม ในสารละลาย 1000 มิลลิลิตร

นั่นคือ ในสารละลาย 100 มิลลิลิตร มีโปรตีน 2.960 กรัม

มีโปรตีน 3.0 กรัม คิดเป็น 100%

ดังนั้นมีโปรตีน 2.960 g คิดเป็น 98.681 %

เพราะฉะนั้น ถ้าต้องการใช้โปรตีน 3% ในการผลิตฟิล์มบรีนอคได้จากโปรตีนละลายน้ำจากปลาทรายแดง จะต้องใช้โปรตีน 3.04 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร

## 7. การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน (Liu et al., 1995)

AccQ.Tag. เป็นวิธีหากรดอะมิโนที่ Waters พัฒนาขึ้น โดยสารเคมีที่ใช้ในการทำอนุพันธ์ ได้แก่ AQC. (AccQ-fluor reagent) มีชื่อทางเคมีคือ  $\epsilon$ -amino quinolyl-N-hydroxy succinimidyl carbamate ซึ่งสามารถเกิดอนุพันธ์กับ primary และ secondary amino acid ได้เป็นอนุพันธ์ของกรดอะมิโนที่มีความเสถียร สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้นาน และสามารถแยกได้ง่ายด้วย reverse phase HPLC โดยใช้ column ที่ Waters พัฒนาขึ้น อนุพันธ์ที่แยกได้สามารถตรวจวัดด้วยเครื่อง fluorescent detector ที่ความยาวคลื่น 395 นาโนเมตร นอกจากนี้ สาร AQC. ที่มากเกินไปจะถูกรบกวนโดย hydrolyse ด้วยน้ำได้เป็น AMQ. (aminoquinoline) ที่ตรวจวัดได้น้อย ทำให้ไม่มีการรบกวนจากปริมาณ AQC. ที่มากเกินไป

### 7.1 เครื่องมือ

- HPLC System ประกอบด้วย Waters Alliance 2695 with heater และ 2475 Scanning Fluorescence Detector (EX : 250, EM : 395)
- Waters AccQ-Tag amino acid analysis column ทำหน้าที่แยกอนุพันธ์ของกรดอะมิโน ซึ่ง column ที่ใช้เป็น Nova-Pak<sup>TM</sup> C18 (Dimensions 3.9 × 150 mm particle size 4  $\mu$ m)
- Waters AccQ-Tag eluent A concentrate เป็น gradient mobile phase
- Waters amino acid hydrolysate standard ampoules
- Waters AccQ. fluor reagent kit ใน 1 ชุด ประกอบด้วย
  - Waters AccQ. fluor borate buffer
  - Waters AccQ. fluor reagent powder (2A)
  - Waters AccQ. fluor reagent diluent (2B)

### 7.2 วิธีการ

#### 7.2.1 การเตรียม Waters AccQ. Reagent เพื่อทำอนุพันธ์

นำ Waters AccQ. fluor reagent (2B) 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน Waters AccQ. Fluor reagent (2A) ปิดฝาเขย่า 10 วินาที ให้ความร้อน 55°C จนผงใน (2A) ละลายหมด ระวังอย่าให้ความร้อนนานเกิน 10 นาที เมื่อเตรียมเสร็จสามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นาน 1 สัปดาห์

## 7.2.2 การเตรียมสารมาตรฐานและอนุพันธ์ของสารมาตรฐาน

### 7.2.2.1 การเตรียมสารมาตรฐาน

เติม amino acid hydrolysate standard 40 ไมโครลิตร และ Internal standard stock solution 40 ไมโครลิตร (ละลาย 2-amino butyric acid 6.45 มิลลิกรัม ใน 0.1M HCl ปริมาณ 25 มิลลิตร เก็บที่อุณหภูมิ  $-20^{\circ}\text{C}$  ได้นาน 6 เดือน) จากนั้นเติม Milli-Q  $\text{H}_2\text{O}$  920 ไมโครลิตร

### 7.2.2.2 การเตรียมอนุพันธ์สารมาตรฐาน

นำสารมาตรฐาน 10 ไมโครลิตร ที่เตรียมไว้ใน sample tube ขนาด  $6 \times 50$  มิลลิตร เติม Waters AccQ. Fluor borate buffer ประมาณ 70 ไมโครลิตร เติม AQC. Reagent 20 ไมโครลิตร วางที่อุณหภูมิห้อง 1 นาที ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ  $55^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 10 นาที

## 7.2.3 การเตรียมตัวอย่างและอนุพันธ์ของตัวอย่าง

### 7.2.3.1 การเตรียมตัวอย่าง (Hydrolysis)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 100 มิลลิกรัม แล้วย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 6 N ปริมาตร 5 มิลลิตร ที่อุณหภูมิ  $110^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 22 ชั่วโมง จากนั้นเติม internal standard ปริมาณ 20 ไมโครลิตร ใน hydrolysate แล้วทำให้เจือจางด้วยน้ำ deionized

### 7.2.3.2 การเตรียมอนุพันธ์ของตัวอย่าง (Derivatization)

เติม AccQ. fluor borate buffer ปริมาณ 60 ไมโครลิตร ในตัวอย่าง ที่เตรียมไว้ เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติม AccQ. fluor reagent ปริมาณ 20 ไมโครลิตร เขย่าเป็นเวลา 10 วินาที ทิ้งไว้ 1 นาที เพื่อรอให้ AccQ ที่มากเกินไปถูก hydrolyse ด้วยน้ำเป็น AMQ แล้วนำไปให้ความร้อนอุณหภูมิ  $55^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 10 นาที

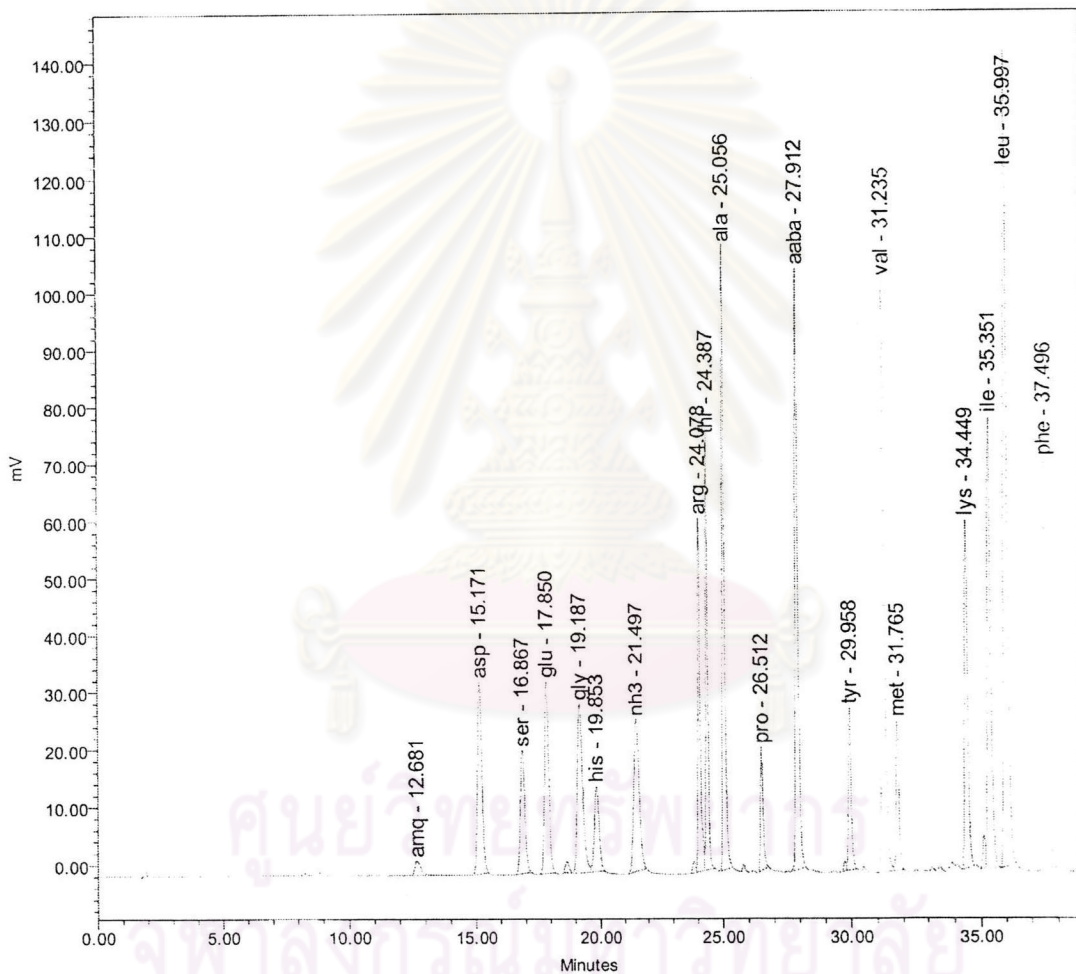
## 7.2.4 การแยกอนุพันธ์ของกรดอะมิโน

ใช้ปั๊มขับเคลื่อน mobile phase เข้าร่วมกับตัวอย่าง เพื่อพาเข้าสู่ separating column ที่มีอุณหภูมิ  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  โดย mobile phase ใช้ 3 ชนิด คือ

- eluent A เป็น AccQ. Tag eluent 200 มิลลิตร ใน Milli-Q 2 ลิตร
- eluent B เป็น 60% Acetonitrile
- eluent C เป็น Milli-Q water



ตรวจวัดด้วย fluorescent detector ที่ความยาวคลื่น 395 นาโนเมตร จากนั้น  
เครื่องจะประมวลผลและรายงานปริมาณของกรดอะมิโน ดังแสดงในรูปที่ ข.2



รูปที่ ข.2 โครมาโตกราฟีของชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนละลายน้ำได้จากปลา  
ทรายแดง

## ภาคผนวก ค.

### วิธีทดสอบสมบัติต่างๆของฟิล์ม

#### 1. การตรวจสอบค่าความต้านทานแรงดึงขาดและร้อยละการยืดตัวของฟิล์มตามวิธีมาตรฐาน ASTM D 882 (1999)

##### 1.1. อุปกรณ์

- เครื่อง Texture analyzer รุ่น TA-XT2I โดยใช้หัวทดสอบแบบ tensile grip ซึ่งประกอบด้วยหัวทดสอบที่มีลักษณะเป็นหัวหนีบ 2 หัว ติดตั้งในตำแหน่งตรงข้ามกันในแนวตั้ง ระยะห่างของหัวตั้งไว้ที่ 3 เซนติเมตร เครื่อง Texture analyzer นี้จะต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ เครื่องจะรายงานผลเป็นกราฟแสดงค่าของแรงที่ใช้ในการดึงฟิล์มให้ยืดออกจนกระทั่งขาดที่ระยะทางการดึงต่างๆ (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร) และจะแสดงจุดที่ใช้แรงในการดึงฟิล์มสูงสุดในกราฟ และค่าระยะทางที่สามารถดึงแผ่นฟิล์มให้ยืดออกได้สูงสุดจนกระทั่งฟิล์มขาด ซึ่งจะนำมาคำนวณเป็นค่าความต้านทานแรงดึงขาด และค่าร้อยละการยืดตัวของฟิล์มได้ตามลำดับ
- เครื่องวัดความหนาของแผ่นฟิล์ม

##### 1.2. ชิ้นตัวอย่าง

ตัดแผ่นฟิล์มตัวอย่างที่ต้องการทดสอบให้มีขอบเรียบ เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 20 มิลลิเมตร และยาว 45 มิลลิเมตร จำนวน 6 ชิ้น

##### 1.3. วิธีการทดสอบ

ยึดปลายด้านหนึ่งของชิ้นตัวอย่างกับหัวทดสอบให้แน่น แล้วจึงยึดปลายอีกข้างหนึ่ง (ควรใส่ถุงมือจับชิ้นตัวอย่างเพื่อป้องกันการเกิดตำหนิที่แผ่นฟิล์ม) เริ่มทดสอบโดยปรับเครื่องทดสอบให้มีอัตราเร็วในการดึง 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะห่างระหว่างหัววัดทั้งสองเป็น 30 มิลลิเมตร เครื่องทดสอบจะอ่านค่าแรงที่ใช้ในการดึงชิ้นตัวอย่างออกมาในหน่วยนิวตัน (N) และระยะทางที่สามารถดึงฟิล์มให้ยืดออกไปได้ในหน่วยมิลลิเมตร จากนั้นนำมาคำนวณและรายงานค่าการต้านทานแรงดึงขาดในหน่วยนิวตันต่อตารางเมตรหรือเมกกะปาสคาล (Mpa) และค่าร้อยละการยืดตัวของฟิล์มตามลำดับ

#### 1.4. การคำนวณ

##### 1.4.1. ค่าการต้านทานแรงดึงขาด

$$\text{การต้านทานแรงดึงขาด (Mpa)} = \frac{\text{ค่าแรงที่อ่านได้ (N)}}{\text{ความกว้าง (m)} \times \text{ความหนา (m)}}$$

##### 1.4.2. ค่าร้อยละการยืดตัว

$$\text{ร้อยละการยืดตัว} = \frac{\text{ระยะยืดตัวของชิ้นทดสอบ} \times 100}{\text{ความยาวเดิมของชิ้นตัวอย่างระหว่างหัวทดสอบ}}$$

## 2. การทดสอบความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำของแผ่นฟิล์ม ตามวิธีมาตรฐาน ASTM E 96-95 (1999)

### 2.1 อุปกรณ์และสารเคมี

- ขวดแก้วสำหรับทดสอบ เป็นขวดแก้วทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 เซนติเมตร พร้อมวงแหวนพลาสติกสำหรับรัดปากขวด (ทำมาโดยเฉพาะ)
- เครื่องวัดความหนาของแผ่นฟิล์ม
- เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- ซิลิโคน กรีส
- ซิลิกาปิดที่อบแห้งแล้ว
- Desiccator
- น้ำกลั่น

### 2.2 ชิ้นตัวอย่าง

ตัวอย่างแผ่นฟิล์มที่มีขนาด  $5 \times 5$  เซนติเมตร ตัวอย่างละ 3 ชิ้น ปราศจากรอยขีดข่วน และรอยร้าวที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

### 2.3 วิธีทดสอบ

นำขวดแก้วทรงกระบอกมาใส่ซิลิกาปิดที่อบแห้งแล้วประมาณ 2 ใน 3 ของขวด (จะได้น้ำหนักของซิลิกาปิดประมาณ  $26 \pm 1.00$  กรัม) ทาซิลิโคน กรีส บริเวณปากขวดให้ทั่ว ปิดปากขวดด้วยชิ้นตัวอย่าง แล้วรัดด้วยวงแหวนพลาสติก นำขวดทดสอบที่มีตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักเริ่มต้น

แล้ววางขวดทดสอบลงใน Desiccator ที่บรรจุน้ำกลั่นไว้ภายใน เก็บไว้ที่อุณหภูมิเฉลี่ย  $30 \pm 3$  องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปของขวดทดสอบทุก 1 ชั่วโมง จนน้ำหนักขวดทดสอบคงที่ และนำค่าที่ได้มาคำนวณค่าความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ

#### 2.4 การคำนวณ

$$\text{ค่าความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ} = \frac{w \times x}{[A \times t \times (p_2 - p_1)]}$$

โดย  $w$  คือ weight gain (g)

$x$  คือ ความหนาของแผ่นฟิล์ม (m)

$A$  คือ พื้นที่หน้าตัดของแผ่นฟิล์มที่ศึกษา ( $m^2$ )

$t$  คือ เวลาที่แตกต่างของน้ำหนักขวดคงที่ (s)

$p_2 - p_1$  คือ ความแตกต่างของความดันไอน้ำที่ทั้งสองด้านของแผ่นฟิล์ม (Pa)

การคำนวณค่าความแตกต่างของความดันไอน้ำที่ทั้งสองด้านของแผ่นฟิล์ม (กัญจนานุญเกียรติ, 2536)

Basic 1 lb dry air

อุณหภูมิขณะทำการทดลองประมาณ 30 องศาเซลเซียส

จากตารางไอน้ำพบว่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในสภาวะอิ่มตัวด้วยไอน้ำมีปริมาณไอน้ำเท่ากับ 0.027 lb water/lb dry air

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ wet air} &= \text{water} + \text{dry air} \\ &= 0.027 \text{ lb} + 1 \text{ lb} \\ &= \frac{0.027}{18} \text{ mol} + \frac{1}{29} \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{wet air} &= 1.50 \times 10^{-3} \text{ mol} + 0.034 \text{ mol} \\ &= 0.035 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{water}} &= \frac{1.50 \times 10^{-3} \times 100}{0.035} \\ &= 4.225 \% \text{ หรือ } 0.0422 \text{ atm} \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$0.0422 = 4275.91 \text{ Pa}$$

ดังนั้นค่าความแตกต่างของความดันไอน้ำที่ทั้งสองด้านของแผ่นฟิล์มเท่ากับ 4275.91 Pa



### 3. การทดสอบค่าการละลายทั้งหมดของแผ่นฟิล์มตามวิธีของ Jangchud และ Chinnan (1999)

#### 3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

- หลอดทดลองแบบฝาเกลียวขนาด 50 มิลลิลิตร
- เครื่องเขย่า
- กระจกตวง 100 มิลลิลิตร
- ตู้อบ
- กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4
- ขวดรูปขมพู่ 250 มิลลิลิตร
- น้ำกลั่น

#### 3.2 ซีนตัวอย่าง

ตัดแผ่นฟิล์มตัวอย่างที่ต้องการทดสอบให้มีขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร และยาว 2 เซนติเมตร จำนวน 3 ซีน

#### 3.3 วิธีทดสอบ

นำแผ่นฟิล์มตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำแผ่นฟิล์มมาชั่งน้ำหนัก จะได้เป็นน้ำหนักเริ่มต้นของแผ่นฟิล์มทดสอบ ใส่แผ่นฟิล์มที่อบแล้วลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเขย่าตลอดเวลา จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 ที่อบแห้งแล้ว และล้างซ้ำด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำกลับไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งน้ำหนักหลังอบ จะได้น้ำหนักสุดท้ายของแผ่นฟิล์ม

#### 3.4 การคำนวณ

$$\text{การละลายทั้งหมด} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้นของฟิล์ม} - \text{น้ำหนักสุดท้ายของฟิล์ม}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้นของฟิล์ม}}$$

### 4. การวัดค่าสี

#### 4.1 อุปกรณ์

- เครื่องวัดสี Minolta Croma Meter model CR-300 ซึ่งต่อเข้ากับหัววัด และตั้งค่าให้ใช้แหล่งแสงแบบ C หรือแสงธรรมชาติในการวัด

- แผ่นกระดาษแข็งสีขาว

#### 4.2 ขึ้นตัวอย่าง

แผ่นฟิล์มตัวอย่างขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร ซึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์  $50 \pm 5\%$  เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

#### 4.3 วิธีทดสอบ

วางแผ่นฟิล์มตัวอย่างลงบนวางฟิล์มบน standard plate (calibration plate CR-A43) แล้วใช้เครื่องวัดสี Minolta วัดค่าสีในระบบ Hunter L a b:  $L = 0$  (black) ถึง  $L = 100$  (white);  $a = -80$  (greenness) ถึง  $a = 100$  (redness); และ  $b = -80$  (blueness) ถึง  $b = 100$  (yellowness) แล้วจึงคำนวณค่า Total color difference ( $\Delta E$ ):

$$\Delta E = [(L_{\text{standard}} - L_{\text{sample}})^2 + (a_{\text{standard}} - a_{\text{sample}})^2 + (b_{\text{standard}} - b_{\text{sample}})^2]^{0.5}$$

ค่ามาตรฐานของ plate สีขาว คือ  $L = 96.86$ ,  $a = -0.02$ , และ  $b = 1.99$

### 5. ค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนตามวิธีมาตรฐาน ASTM D3985 – 95 (1999)

#### 5.1 อุปกรณ์

- เครื่อง OX – TRAN 1000
- เครื่องวัดความหนาของแผ่นฟิล์ม

#### 5.2 ขึ้นตัวอย่าง

แผ่นฟิล์มตัวอย่างขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร ซึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและความชื้นสัมพัทธ์  $50 \pm 5\%$  เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

#### 5.3 วิธีการทดสอบ

วัดอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนผ่านแผ่นฟิล์มโดยให้เครื่อง OX-TRAN 1000 ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 0% จะได้ค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนในหน่วย ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเมตรต่อวันต่อความดันบรรยากาศ จากนั้นนำมาคำนวณค่าการซึมผ่านของก๊าซ

## 5.4 การคำนวณ

$$\text{การซึมผ่านก๊าซออกซิเจน} = \frac{\text{อัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน} \times \text{ความหนา}}{1.013 \times 10^5}$$

จากการคำนวณจะได้ค่าการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนมีหน่วยเป็น mL. $\mu$ m<sup>2</sup>.day.kPa

## 6. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนโดยวิธี SDS-PAGE ตามรายงานของ Laemmli (1970) ซึ่งปรับปรุงโดย Iwata และคณะ (2000)

## 6.1 อุปกรณ์

ชุด Minigel electrophoresis ยี่ห้อ Heofer รุ่น mini VE เป็นเครื่องที่ใช้หล่อแผ่นเจล ขนาดกว้าง 8 เซนติเมตร ยาว 9 เซนติเมตร สามารถหล่อเจลพร้อมกันได้ 2 แผ่น มีช่องสำหรับหล่อตัวอย่างได้ทั้งหมด 10 ช่องต่อเจล 1 แผ่น ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า

## 6.2 การเตรียมสารละลาย

## 6.2.1 Stock solutions

ตารางที่ ค.1 การเตรียมสารเคมีสำหรับทำ SDS-PAGE

สารเคมี	ความเข้มข้นสุดท้าย (%)	ปริมาณที่ใช้
1. Acrylamide solution (30% acrylamide, 0.8% bisacrylamide, 200 ml)		
- Acrylamide (FW 71.08)	30	60 g
- Bisacrylamide (FW 154.17)	0.8	1.6 g
- Deionized water	-	to 200 ml
(เก็บสารละลายในตู้เย็น)		

ตารางที่ ค.1 การเตรียมสารเคมีสำหรับทำ SDS-PAGE Electrophoresis (ต่อ)

สารเคมี	ความเข้มข้นสุดท้าย (%)	ปริมาณที่ใช้
2. 4X Resolving gel buffer (1.5 M Tris-Cl, pH 8.8, 200 ml)		
- Tris (FW 121.1)	1.5 M	36.3 g
- Deionized water	-	150 ml
- HCl	to pH 8.8 $\pm$ 0.05	-
- Deionized water	-	to 200 ml
(เก็บสารละลายในตู้เย็น)		
3. 4X Stacking gel buffer (0.5 M Tris-Cl, pH 6.8, 50 ml)		
- Tris (FW 121.1)	0.5 M	3.0 g
- Deionized water	-	40 ml
- HCl	to pH 6.8 $\pm$ 0.05	-
- Deionized water	-	to 50 ml
(เก็บสารละลายในตู้เย็น)		
4. 10% SDS		
- SDS (FW 288.38)	10%	10 g
- Deionized water	-	to 100 ml
(เก็บสารละลายในตู้เย็น)		
5. 10% Ammonium persulphate (initiator)		
- Ammonium persulphate (FW 228.2)	10%	0.1 g
- Deionized water	-	to 1 ml
(เก็บสารละลายในตู้เย็น)		



ตารางที่ ค.1 การเตรียมสารเคมีสำหรับทำ SDS-PAGE Electrophoresis (ต่อ)

สารเคมี	ความเข้มข้นสุดท้าย (%)	ปริมาณที่ใช้
6. 2X treatment buffer		
- 1M Tris-HCl (pH 6.8)	60 mM	0.6 ml
- 50% glycerol	25%	5 ml
- 10% SDS	2%	2 ml
- 2-mercaptoethanol	0.5 ml	14.4 mM
- 1% bromophenol blue	0.1%	1 ml
- Deionized water	-	0.9 ml
7. tank buffer		
- Tris (FW 121.1)	0.025 M	30.28 g
- Glycine (FW 75.07)	0.192 M	144.13 g
- SDS	0.1%	10 g
- Deionized water		to 10 liter
8. water-saturated n-butanol		
- n-butanol	-	50 ml
- Deionized water	-	5 ml

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 6.2.2 การเตรียม Resolving gel solution

ตารางที่ ค.2 การเตรียม 12.5% Resolving gel solution สำหรับแผ่นเจลหนา 1 มิลลิเมตร

จำนวน 2 แผ่น

สารเคมี	ปริมาณ
Acrylamide solution	8.3 ml
4X Resolving gel buffer	5 ml
10% SDS	0.2 ml
Deionized water	5.4 ml
Ammonium persulphate	100 $\mu$ l
TEMED	6.7 $\mu$ l

\*เติมแล้วควรหล่อเจลทันที

## 6.2.3 การเตรียม Stacking gel solution

ตารางที่ ค.3 การเตรียม Stacking gel solution สำหรับแผ่นเจลหนา 1 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น

สารเคมี	ปริมาณ
Acrylamide solution	0.88 ml
4X Resolving gel buffer	1.66 ml
10% SDS	66 $\mu$ l
Deionized water	4.06 ml
Ammonium persulphate	33.4 $\mu$ l
TEMED	3.3 $\mu$ l

## 6.2.4 การเตรียมสารละลายสำหรับย้อมเจล

## 6.2.4.1 Fixing solution

ตารางที่ ค.4 การเตรียม Fixing solution ปริมาณ 1 ลิตร

สารเคมี	ปริมาณ
Methanol	500 ml
Acetic acid 100%	100 ml
Deionized water	400 ml

## 6.2.4.2 Staining solution

ตารางที่ ค.5 การเตรียม Staining solution ปริมาณ 1 ลิตร

สารเคมี	ปริมาณ
Coomassie brilliant blue stain	2.50 g
Fixing solution	To 1 Liter

## 6.2.4.3 Destain solution

ตารางที่ ค.6 การเตรียม Destain solution ปริมาณ 1 ลิตร

สารเคมี	ปริมาณ
Methanol	70 ml
Acetic acid 100%	70 ml
Deionized water	850 ml

## 6.3 ขั้นตอนการทดลอง

## 6.3.1 การเตรียมแผ่น Acrylamide gel

- ล้างแผ่นกระจกสำหรับหล่อเจลด้วยน้ำสะอาด ตามด้วยน้ำ deionized จากนั้นล้างด้วยเอทิลแอลกอฮอล์
- ประกอบแผ่นกระจกทั้งสองแผ่นเข้าหากัน โดยใช้แผ่นพลาสติกที่มีสีขาวที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร คั่นไว้ที่ขอบทั้งสองด้าน
- ประกอบแผ่นกระจกเข้ากับตัวเครื่อง โดยให้แผ่นกระจกที่มีรอยเว้าหันเข้าด้านในของตัวเครื่อง
- ใช้เข็มฉีดยาหรือไมโครปิเปตดูด resolving gel solution แล้วค่อยๆ หยดลงในช่องว่างระหว่างแผ่นกระจก ระวังอย่าให้เกิดฟอง ใส่ resolving gel solution จนสารละลายอยู่ต่ำกว่าขอบบนของแผ่นกระจกแผ่นที่มีรอยเว้าประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร
- หยดสารละลายบิวทานอลต่อน้ำอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ปิดทับหน้าเจล ตั้งทิ้งไว้บนพื้นที่เรียบ รอให้เจลแข็ง ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง
- ใช้เข็มฉีดยาหรือไมโครปิเปตดูด stacking gel solution แล้วค่อยๆ หยดลงในช่องว่างระหว่างแผ่นกระจก ระวังอย่าให้เกิดฟอง ใส่ stacking gel solution จนสารละลายสูงกว่าขอบบนของแผ่นกระจกแผ่นที่มีรอยเว้า

- เสียบหัวพลาสติกลงในช่องระหว่างแผ่นกระจก เพื่อให้เกิดช่อง (well) สำหรับหยอดตัวอย่าง แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เจลชั้นบนนี้แข็ง ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ดึงหัวพลาสติกออก จะได้แผ่นเจลที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ ตัวอย่าง

### 6.3.2 การเตรียมตัวอย่าง

#### 6.3.2.1 ตัวอย่างที่ใช้

- สารละลายโปรตีนละลายน้ำจากปลาทรายแดง 3% โดยน้ำหนัก
- แผ่นฟิล์มบริโภาคได้จากโปรตีนละลายน้ำจากปลาทรายแดงตัดแปรด้วยไดอัลติไฮด์สตาร์ช 0, 2.5, 5, 7.5, 10 %

ตัวอย่างที่เป็นสารละลายสามารถนำมาใช้ได้เลย ส่วนตัวอย่างที่เป็นแผ่นฟิล์มต้องผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์

#### 6.3.2.2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์

นำสารละลายโปรตีนตัวอย่างมาเจือจางด้วย 2X Treatment buffer โดยเมื่อเจือจางแล้ว สารละลายที่ได้ควรมีความเข้มข้นของโปรตีนในช่วง 5-15 ไมโครกรัม ในสารละลาย 10 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำสารละลายที่ได้ใส่ใน Appendorf tube นำไปต้มในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที หากสารละลายมีตะกอนควรนำไปเหวี่ยงแยกก่อน จึงนำสารละลายส่วนใสมาใช้ ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง จะได้ตัวอย่างที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์

#### 6.3.2.3 การเตรียมตัวอย่างจากแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำจากปลาทรายแดง

นำแผ่นฟิล์มโปรตีนละลายน้ำจากปลาทรายแดงมาใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสมระหว่าง 2% SDS-8M, urea-20 mM และ Tris-HCl pH 8.8 ปริมาณ 20 มิลลิลิตร กวนผสมเป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ โดยเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อ 6.1.2.2

#### 6.3.2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์

ประกอบส่วนแผ่นเจลเข้ากับแท่ง คลายส่วนฐานของแท่นหล่อเจล ลอก แล้วใส่สารละลาย tank buffer ลงในช่องด้านหลังของแผ่นกระจกที่ใช้หล่อเจลจนสารละลายท่วมแผ่นเจล แล้วจึงดูดสารละลายตัวอย่างที่เตรียมแล้วหยอดลงในแต่ละ well ปริมาณ 5-10 ไมโครลิตร ต่อ well เติม tank buffer ลงในแท่งให้ท่วมถึงระดับขีดกลางของตัวแท่ง ต่อชุด



วิเคราะห์เข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กำหนดความต่างศักย์ไฟฟ้า 100 โวลต์ กดปุ่ม start รอจนตัวอย่างวิ่งลงมาตามแผ่นเจลจนสุดขอบล่างของแผ่นเจล ปิดเครื่องแล้วถอดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออก แกะแผ่นเจลออกจากแผ่นกระจก นำมาแช่ใน fixing solution เป็นเวลาประมาณ 30 นาที แล้วจึงนำมาแช่ใน stain solution เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง และนำมาแช่ใน destain solution อีกประมาณ 48 ชั่วโมง จะมองเห็นแถบโปรตีนที่วิเคราะห์ นำแผ่นเจลที่ได้มาวางบนแผ่นกระจกที่ปูด้วยกระดาษแก้วใส แล้วปิดทับด้วยกระดาษแก้วใสอีกแผ่นหนึ่ง พยายามรีดแผ่นแก้วให้แนบกับแผ่นเจลอย่าให้มีฟองอากาศ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง จะได้แผ่นเจลที่แห้ง



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ ง.1 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์ม  
บริเวณได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์  
สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	3	42.185	2096.961*
DAS (B)	4	14.380	714.831*
AB	12	0.037	1.825
Error	100	0.02	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.2 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการยึดตัวถึงจุดขาดของฟิล์ม  
บริเวณได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์  
สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	3	2456.798	0.775
DAS (B)	4	935.850	18.961*
AB	12	1.315	0.027
Error	100	49.358	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.3 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์ม  
บริเวณได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์  
สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	4	1.383	66.373*
DAS (B)	3	1.363	65.410*
AB	12	.059	2.835*
Error	100	.021	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.4 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการละลายทั้งหมดของฟิล์ม  
บริเวณได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์  
สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	3	1744.115	16300.14*
DAS (B)	4	515.513	4817.883*
AB	12	3.078	28.766*
Error	100	0.107	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.5 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า L ของฟิล์มบริโภาคได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	3	7.321	366.032*
DAS (B)	4	74.459	3722.965*
AB	12	.210	10.496*
Error	100	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.6 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า a ของฟิล์มบริโภาคได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	3	8.965	83.782*
DAS (B)	4	27.018	252.505*
AB	12	.663	6.200*
Error	100	.107	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ง.7 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า  $b$  ของฟิล์มบริโคมได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	3	133.032	6651.596*
DAS (B)	4	2693.196	134659.795*
AB	12	4.543	227.140*
Error	100	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.8 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า  $\Delta E$  ของฟิล์มบริโคมได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาทรายแดง ที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	3	130.637	1403.365*
DAS (B)	4	2682.919	28821.214*
AB	12	4.624	49.6*
Error	100	.093	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.9 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์ม  
บริเวณได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขมันปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	6.799	339.927*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.10 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการยึดตัวถึงจุดขาดของฟิล์ม  
บริเวณได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขมันปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	735.360	16.650*
Error	20	44.167	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.11 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์ม  
บริเวณได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขมันปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	1.839	91.928*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.12 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการละลายทั้งหมดของฟิล์มบริโค  
ได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไข่ฝิ่งปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	55.765	2788.268*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.13 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า L ของฟิล์มบริโคได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไข่ฝิ่งปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	2.446	122.308*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.14 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า a ของฟิล์มบริโคได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไข่ฝิ่งปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	.150	7.508*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.15 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า  $b$  ของฟิล์มบริเวณได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขมันปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	16.986	849.300*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.16 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า  $\Delta E$  ของฟิล์มบริเวณได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไขมันปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	9.296	572.972*
Error	20	.016	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ง.17 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์ม  
บริเวณได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5%  
ของปริมาณโปรตีน และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	6.799	339.927*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.18 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการยึดตัวถึงจุดขาดของฟิล์ม  
บริเวณได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5%  
ของปริมาณโปรตีน และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	659.99	13.20*
Error	20	50.00	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.19 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์ม  
บริเวณได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5%  
ของปริมาณโปรตีน และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	1.839	91.928*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.20 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการละลายทั้งหมดของฟิล์มบริโภาค  
ได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดออกไซด์ไฮด์รอกไซด์ 7.5% ของ  
ปริมาณโปรตีน และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	55.765	2788.268*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.21 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า L ของฟิล์มบริโภาคได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดออกไซด์ไฮด์รอกไซด์ 7.5% ของปริมาณโปรตีน  
และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	54.019	2700.930*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.22 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า a ของฟิล์มบริโภาคได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดออกไซด์ไฮด์รอกไซด์ 7.5% ของปริมาณโปรตีน  
และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	11.680	583.988*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.23 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า  $b$  ของฟิล์มบริโคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดออกไซด์ไฮดรอสตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีนและไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	126.853	6342.647*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.24 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า  $\Delta E$  ของฟิล์มบริโคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาทรายแดงที่เติมไดออกไซด์ไฮดรอสตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีนและไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	155.483	9595.275*
Error	20	.016	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.25 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์ม  
 บริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์  
 สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	2	35.944	478.538*
DAS (B)	4	12.895	171.676*
AB	8	.726	9.660*
Error	75	.075	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.26 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการยึดตัวถึงจุดขาดของ  
 ฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์  
 ไฮด์สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	2	2345.983	0.920
DAS (B)	4	527.604	10.552*
AB	8	7.062	.141
Error	75	50.000	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )



ตารางที่ ง.27 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์ม  
บริเวณใต้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์  
สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	2	3.264	163.176*
DAS (B)	4	1.438	71.917*
AB	8	.009	.451
Error	75	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.28 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการละลายทั้งหมดของฟิล์ม  
บริเวณใต้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์  
สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	2	993.480	49498.029*
DAS (B)	4	561.886	27994.742*
AB	8	1.908	95.057*
Error	75	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.29 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า L ของฟิล์มบริโกลด์จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	2	1.514	77.342*
DAS (B)	4	423.757	21644.820*
AB	8	2.295	117.200*
Error	75	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.30 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า a ของฟิล์มบริโกลด์จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	2	.697	34.872*
DAS (B)	4	11.643	582.173*
AB	8	.064	3.212*
Error	75	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.31 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า  $b$  ของฟิล์มบริโคมได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	2	115.702	5785.106*
DAS (B)	4	3020.202	151010.085*
AB	8	2.294	114.703*
Error	75	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.32 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า  $\Delta E$  ของฟิล์มบริโคมได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่ pH และปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่างๆ

SOV	df	MS	F
pH (A)	2	111.583	5339.421*
DAS (B)	4	3384.268	161942.218*
AB	8	1.621	77.553*
Error	75	.021	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.33 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์ม  
บริโกลด์จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขมันปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	2.118	105.908*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.34 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการยืดตัวถึงจุดขาดของฟิล์ม  
บริโกลด์จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขมันปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	1123.916	19.834*
Error	20	56.667	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.35 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์ม  
บริโกลด์จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขมันปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	1.533	76.667*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )



ตารางที่ ง.36 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการละลายทั้งหมดของฟิล์มบริเวณ  
ได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขมันปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	32.409	1620.450*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.37 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า L ของฟิล์มบริเวณได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขมันปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	1.838	91.890*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.38 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า a ของฟิล์มบริเวณได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไขมันปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	.222	11.088*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.39 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า  $b$  ของฟิล์มบริเวณได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไข่ฝิ่งปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	21.052	1052.588*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.40 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า  $\Delta E$  ของฟิล์มบริเวณได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมไข่ฝิ่งปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	18.643	961.670*
Error	20	.019	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.41 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์ม บริเวณที่ได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมได้อัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	5.192	259.620*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.42 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าร้อยละการยืดตัวถึงจุดขาดของฟิล์ม บริเวณที่ได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมได้อัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	568.678	9.890*
Error	20	57.500	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.43 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์ม บริเวณที่ได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมได้อัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	2.044	102.190*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.44 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่าการละลายทั้งหมดของฟิล์มบริโคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมได้อัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	86.101	4305.040*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.45 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า L ของฟิล์มบริโคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมได้อัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	43.651	2182.547*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.46 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า a ของฟิล์มบริโคได้จากโปรตีนละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมได้อัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	4.770	238.500*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )



ตารางที่ ง.47 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า  $b$  ของฟิล์มบริโคได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมได้อัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน  
และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

SOV	df	MS	F
Treatment	3	41.230	2061.490*
Error	20	.020	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ง.48 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติของค่า  $\Delta E$  ของฟิล์มบริโคได้จากโปรตีน  
ละลายน้ำได้จากปลาตาหวานที่เติมได้อัลดีไฮด์สตาร์ช 7.5% ของปริมาณโปรตีน  
และไขมันที่ปริมาณต่างๆ

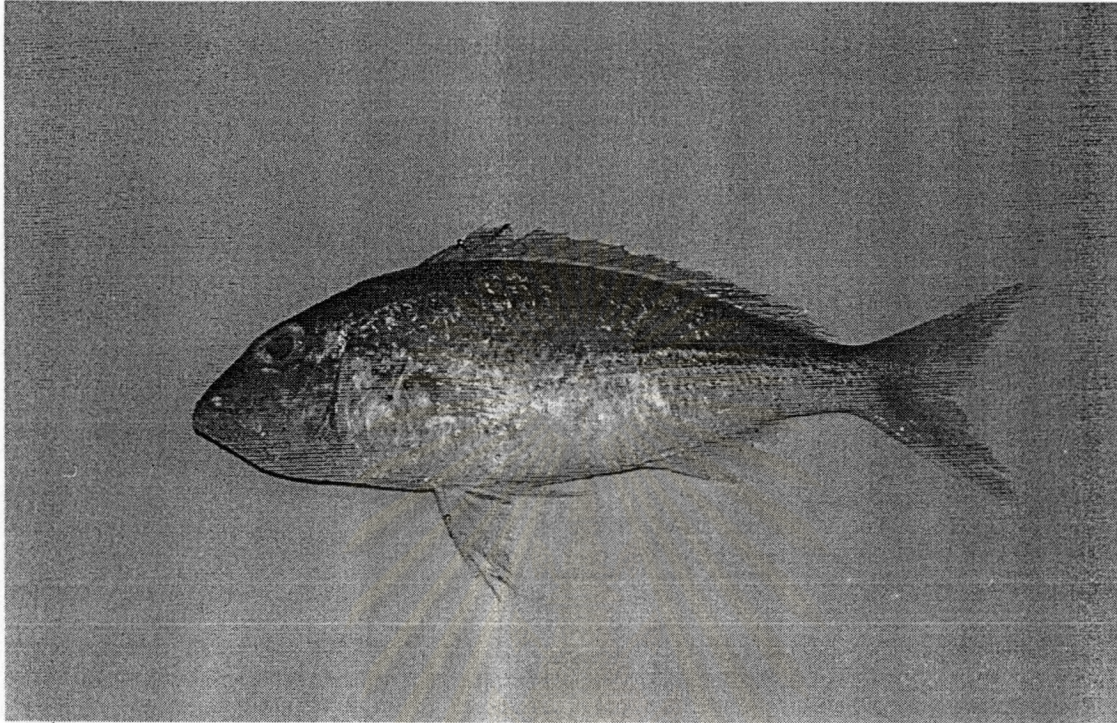
SOV	df	MS	F
Treatment	3	59.670	2337.167*
Error	20	.026	

\* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

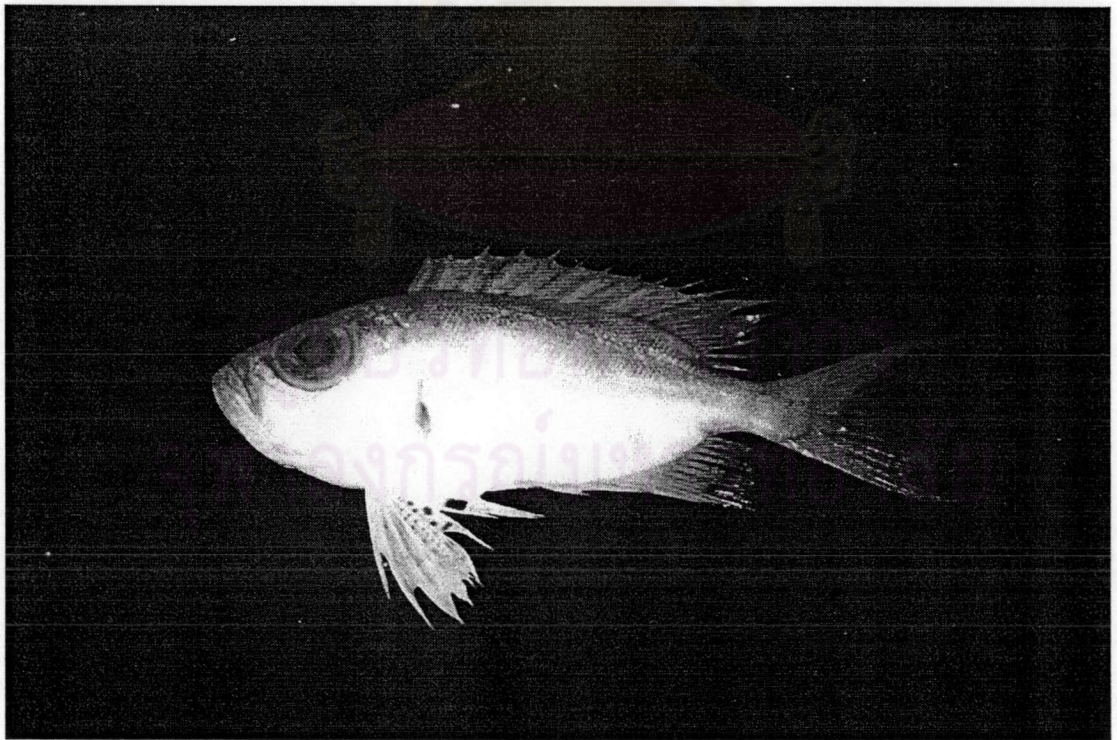
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

รูปภาพที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

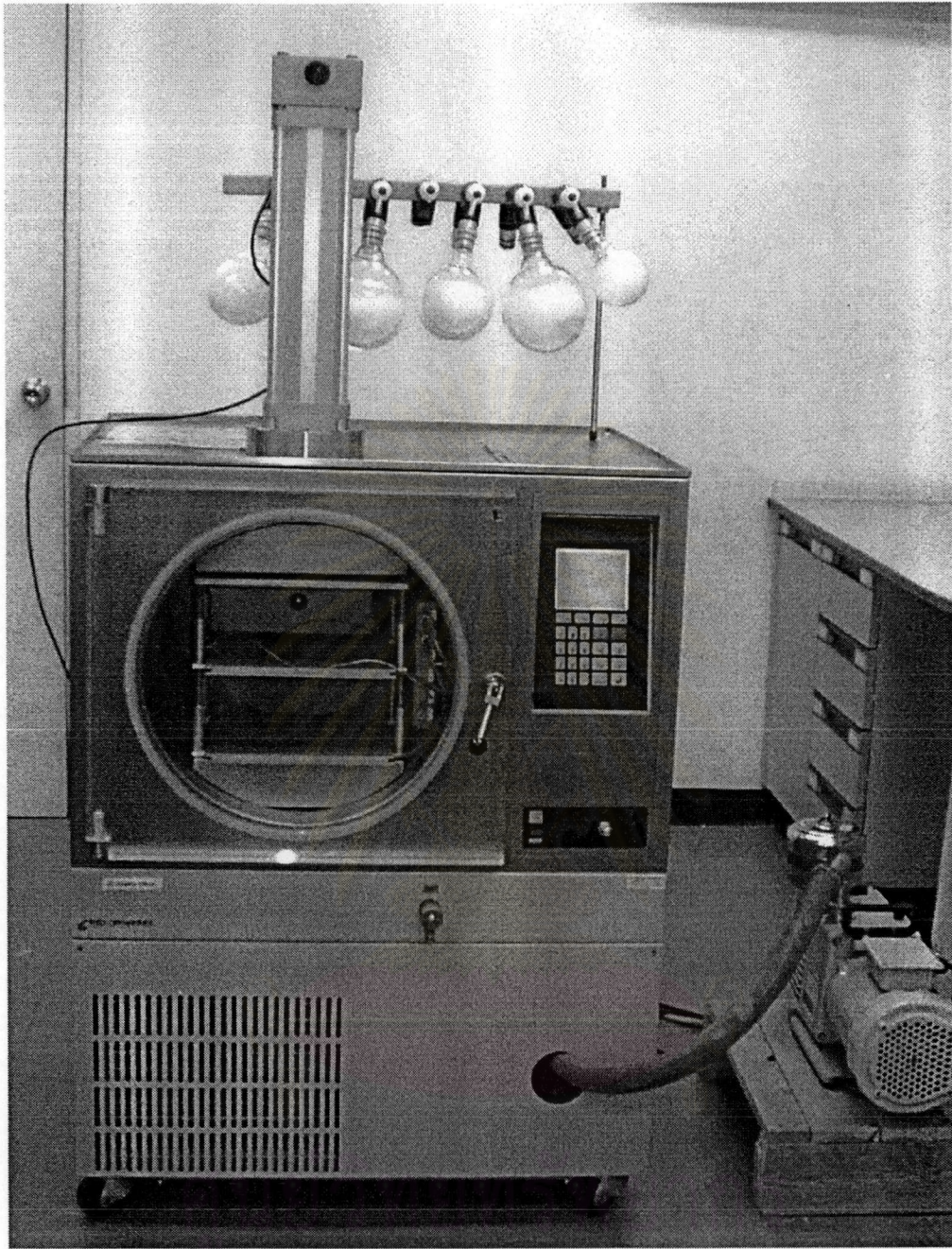


รูปที่ จ.1 ปลาทรายแดง (*Nemipterus hexodon*)



รูปที่ จ.2 ปลาดาวหนาม (*Priacanthus tayenus*)

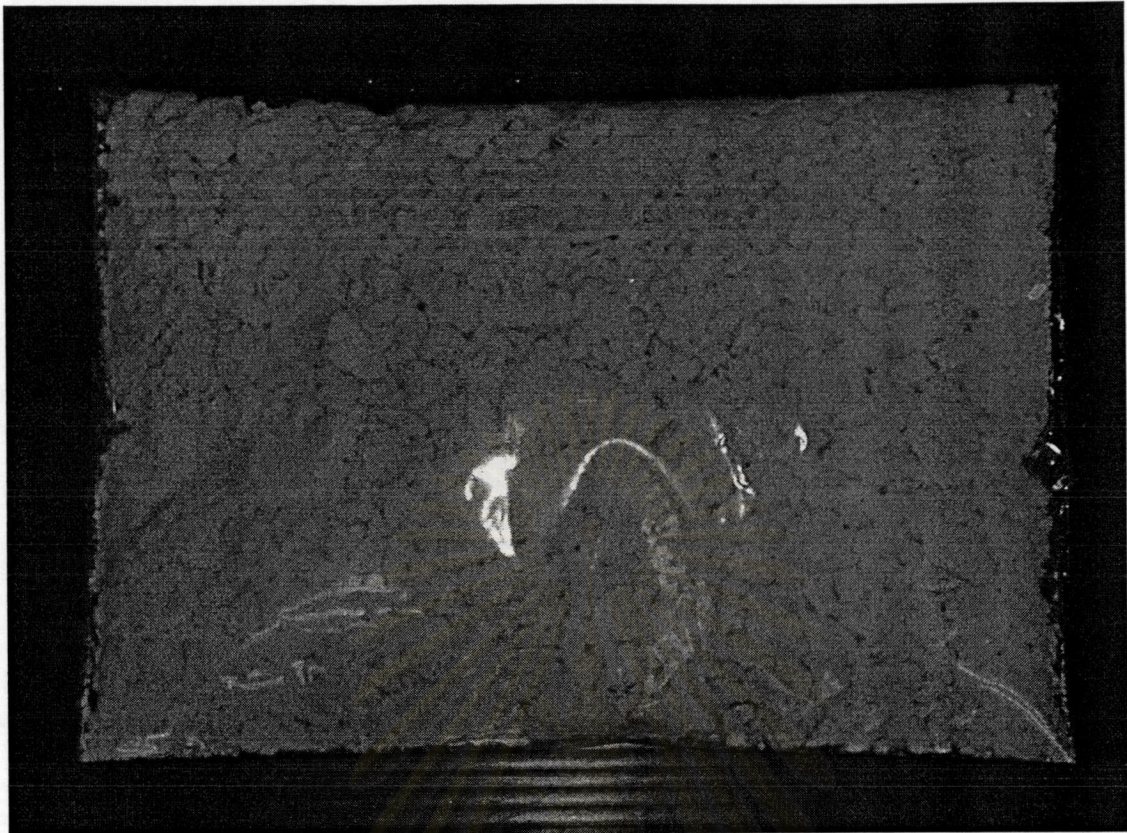




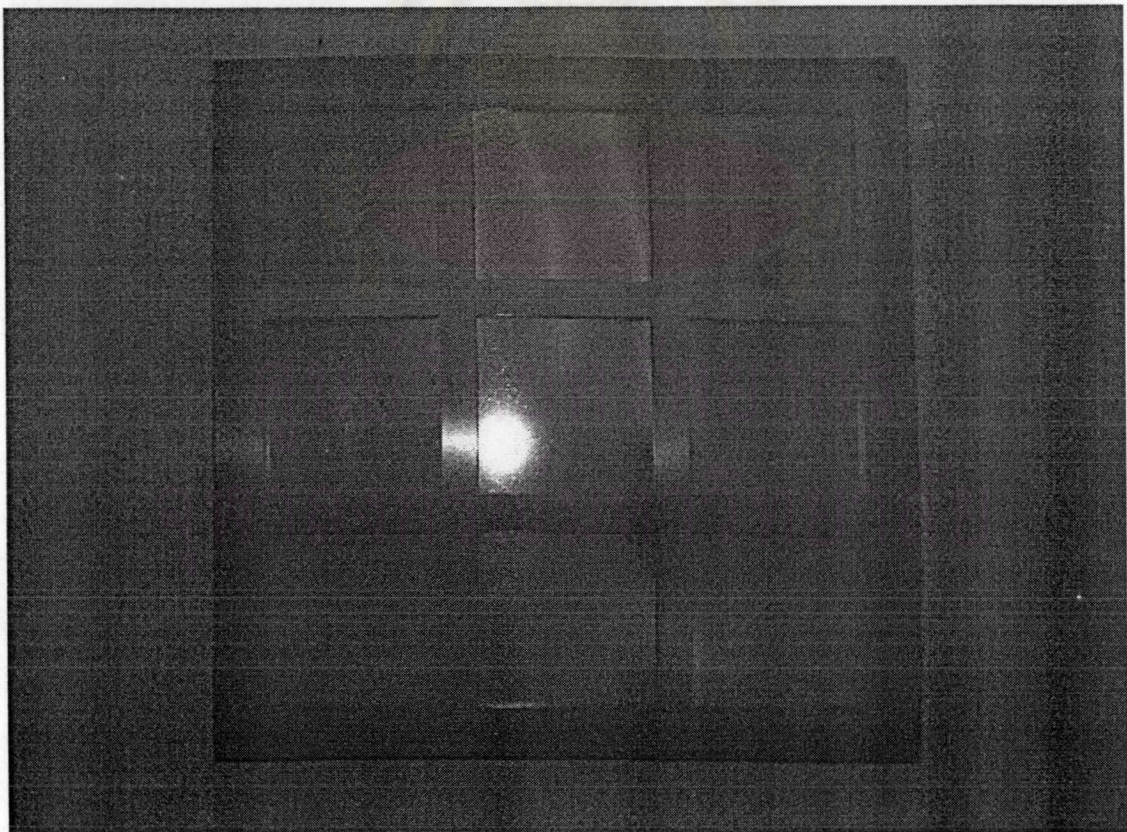
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ๑.3 เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Heto รุ่น DW8-85)



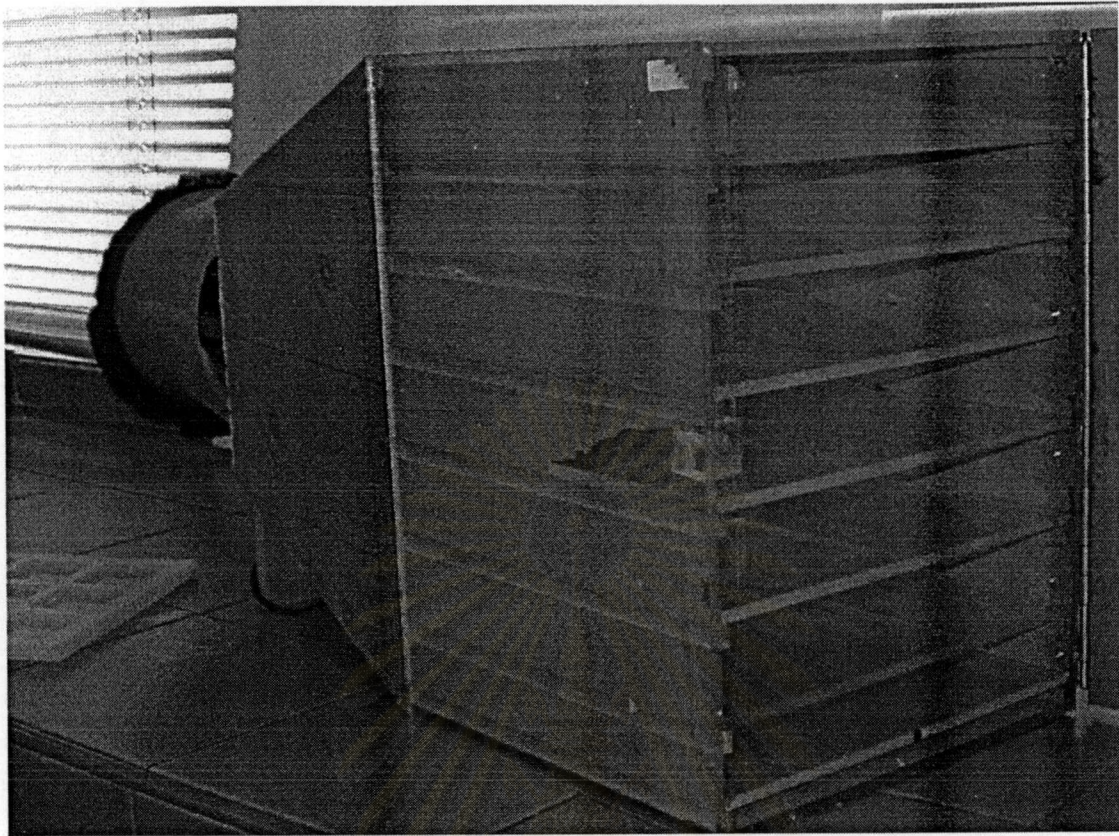


รูปที่ ๑.๔ โพรตีนละลายน้ำได้จากปลาที่แช่เยือกแข็งแล้ว



รูปที่ ๑.๕ แม่พิมพ์ซิลิโคนสำหรับขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม





รูปที่ ๑.๖ ตู้ทำแห้งฟิล์ม (ประกอบเอง)

รายละเอียดประกอบรูปที่ ๑.๖

ตู้ทำแห้งฟิล์มประกอบโดยใช้แผ่นอะครีลิกหนา 6 มิลลิเมตร ตลอดทั้งตู้ ตัวตู้มีขนาด 30 × 30 × 60 เซนติเมตร แบ่งเป็นทั้งหมด 7 ชั้น แต่ละชั้นสามารถดึงออกจากตัวตู้ได้ ด้านหลังติดประตูและพัดลมขนาดเล็ก เพื่อช่วยระบายอากาศให้แผ่นฟิล์มแห้งเร็วขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ ๑.7 อุปกรณ์วิเคราะห์ค่าการซึมผ่านของแผ่นฟิล์ม

รายละเอียดประกอบรูปที่ ๑.7

อุปกรณ์วิเคราะห์ค่าการซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์ม เป็นขวดแก้วทรงกระบอกขนาดเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 เซนติเมตร ฝาขวดเป็นพลาสติก บริเวณขอบด้านล่างของฝาเป็นร่องสามารถตัดออกมาเป็นวงแหวนพลาสติกขนาดพอดีกับปากขวด เพื่อรัดแผ่นฟิล์มที่จะวิเคราะห์ไม่ให้เลื่อนหลุดจากปากขวด ขณะทดลองใส่ซิลิกาปิดไว้ภายในขวด แล้วปิดปากขวดด้วยแผ่นฟิล์มตัวอย่างรัดด้วยวงแหวนพลาสติก (ขวดกลาง) แล้วนำไปวางใน desiccator ที่บรรจุน้ำกลั่นไว้ภายใน

ศูนย์วิทยาศาสตร์พยากรณ์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุปราณี วิวัฒน์ชัยวงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 7 ธันวาคม 2520 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร จากภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2542 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2543 ได้รับคัดเลือกเป็นนักศึกษาในโครงการนิสิตแลกเปลี่ยน Short-Term Exchange Program in Science and Engineering ที่ Tokyo University of Agriculture and Technology ประเทศญี่ปุ่น เดือนตุลาคม 2544 – เดือนกันยายน 2545



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย