รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จักรี ทองเรือง. 2544. ซูริมิ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรงพรรณ ล้ำเลิศเดชา, สุจินต์ หนูขวัญ, มานพ ตั้งตรงไพโรจน์ และสุทธิชัย ฤทธ์ธรรม. 2530. ปลานิลพระราชทาน. วารสารประมง. 40(6): 603-605.

เทคโนโลยีสารสนเทศ, สำนักงาน. 2547. สถิติมูลค่าการส่งออกเนื้อปลาบดแช่แข็ง. กรุงเทพมหานคร: กรมศุลกากร กระทรวงการคลัง.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. 2533. เนื้อปลาบด (ซูริมิ)เยือกแข็ง 935-2533. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

รัชนี ตันฑะพานิชกุล. 2536. เคมีอาหาร. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วราทิพย์ สมบุญญฤทธิ. 2531. คุณภาพเนื้อปลาบดแบบซู่ริมิจากปลาหลังเขียว และปลานิลสด และแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวรรณ วิรัชกุล, พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล, อรวรรณ คงพันธุ์, จริยา วิรัชกุล, อารยา เชาว์เรืองฤทธิ์ และศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ. 2543. การผลิตซูริมิจากปลานิลเขตร้อน. แก่นเกษตร. 28(3): 146-159.

อดิศร์ กฤษณวงศ์. 2542. ปลาทับทิม การพัฒนาสายพันธุ์ที่ลงตัว. สัตว์น้ำ. 10(113): 63-68.

อุดม สุนทรวิภาค, จิราวรรณ แย้มประยูร, ผ่องเพ็ญ รัตตกุล และเฉลิม พัฒน์วิบูลย์. 2530. ซูริมิ. วารสารประมง. 40(1): 71-73.

อรวรรณ คงพันธุ์. 2539. ผลผลิตคุณภาพของซูริมิจากปลาดุกลูกผสม และผลของการใช้สารปรุงแต่งต่อคุณสมบัติในการเกิดเจลของผลิตภัณฑ์. วารสารประมง. 49(1): 48-54.

ภาษาอังกฤษ

Ackman, R.G. 1994. Seafood lipids. In Seafood : Chemistry Processing Technology and Quality; F. Shahidi and J.R. Botta, eds. London: Blackie Acadamic & Professional

An, H., Seymour, T.A. Wu, J. and Morrissey, M.T. 1994a. Assay systems and determination of Pacific whiting (*Merluccius productus*) protease. J. Food Sci. 59: 277-281.

An, H., Wecrasinghe, V., Seymour, T.A. and Morrissey, M.T. 1994b. Degradation of Pacific whiting surimi proteins by cathepsins. J. Food Sci. 59: 1013-1017.

An, H., Peters, M.Y. and Seymour, T.A. 1996. Roles of endogenous enzymes in surimi gelation. Trends in Food Sci. & Tech. 7: 321-326.

A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed., Washington D.C.: The Association of Official Analytical Chemists.

Asghar, A. and Bhatti, A.R. 1987. Endogenous proteolytic enzymes in skeletal muscle : their significance in muscle physiology and during postmortem aging events in carcasses. Adv. Food Res. 31: 343-451.

Asghar, A., Samejima, K. and Yasui, T. 1985. Functionality of muscle proteins in gelation mechanisms of structured meat products. Food Sci. Nutri. 22(1): 27-106.

Bandarra, N.M., Batista, M.L., Nunes, M.L., Empis, J.M. and Christie, W.W. 1997. Seasonal changes in lipid composition of sardine (*Sardina pilchardus*). J. Food Sci. 62: 40-42.

Benjakul, S., Seymour,T.S., Morrissey, M.T. and An, H. 1997. Physico-chemical changes in Pacific whiting muscle proteins during iced storage. J. Food Sci. 62: 729-733.

Benjakul, S., Visessanguan, W., Riebroy, S., Ishizaki, S. and Tanaka, M. 2002. Gel-forming properties of surimi produced from bigeye snapper, *Priacanthus tayenus* and *P. macracanthus*, stored in ice. J. Sci. Food Agric. 82: 1442-1451.

Bond, J.S. and Butler, P.E. 1987. Intracellular proteases. Ann. Rev. Biochem. 56: 333-364.

Boye, S. W. and Lanier, T. C. 1988. Effects of heat alkaline protease activity of Atlantic menhaden (*Brevoorti tyrannus*) on surimi gels. J. Food Sci. 53: 1340-1342.

Cassens, R.G. 1987. Structure of muscle. In The Science of Meat and Meat Products; J.F. Price and B.S. Schweigert, eds. Connecticut: Food & Nutrition Press.

Chan, J.K., Gill, T.A. and Paulson, A.T. 1993. Thermal aggregation of myosin subfragments from cod and herring. J. Food Sci. 58: 1057-1061, 1069.

Chan, J.K., Gill, T.A. Thompson, J.W. and Singer, D.S. 1995. Herring surimi during low setting physiochemical and texture properties. J. Food Sci. 60: 1248-1253.

Chang-Lee, M.V., Pacheco-Aquilar, R., Crawford, D.L. and Lampila, L. 1989. Proteolytic activity of surimi from Pacific whiting (*Merluccius productus*) and heat-set gel texture. J. Food Sci. 54: 1116-1119.

Cheng, C.S., Hamann, D.D. and Webb, N.B. 1979. Effect of thermal processing on minced fish gel texture. J. Food Sci. 44: 1080-1086.

Cochran, W.C. and Cox, G.M. 1992. Experimental Design. New York: John Wiley & Son.

Damodaran, S. 1996. Amino acids, peptides and proteins. In. Food Chemistry; O.R. Fennema, ed. New York: Marcel Dekker.

Fennema, O.R. 1993. Frozen foods : challenges for the future. Food Australia. 45(8): 374-380.

Fennema, O.R. 1996. Food Chemistry. 3rd ed. New York: Marcel Dekker.

Foegeding, E.A., Allen, C.E. and Dayton, W.R. 1986. Effect of heating rate on thermally formed myosin, fibrinogen and albumin gels. J. Food Sci. 51: 104-108.

Gill, T.A. and Conway, J.T. 1989. Thermal aggregation of cod muscle proteins using 1-ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl) carbodiimide as a zero-length cross-linker. Agric. Biol. Chem. 53: 2553-2562.

Gram, I. and Huss, H.H. 1996. Microbial spoilage of fish and fish products. Int. J. Food Microbiol. 33: 121-137.

Haard, N.F. 1992. Biochemistry and chemistry of color and color changes in seafoods. In Advances in Seafood Biochemistry, Composition and Quality; G.J. Flick and R.E. Martin, eds. Lancaster:Technomic Publishing.

Hasting, R.J., Keay, J.N. and Young, K.W. 1990. The properties of surimi and kamaboko gels from nine British species of fish. J. Food Sci. Tech. 55: 281-294.

Holmes, K.L., Noguchi, S.F. and MacDonald, G.A. 1992. The Alaska Pollock resource and other species used for surimi. In. Surimi Technology; T.C. Lanier and C.M. Lee, eds. New York: Marcel Dekker.

Howe, J.R., Hamann, D.D., Lanier, T.C. and Park, J.W. 1994. Fracture of Alaska Pollock gels in water : effect of minced muscle processing and test temperature. J. Food Sci. 59: 777-780.

Howgate, P.F. 1982. Quality assessment and quality control. In Fish Handling and Processing; A. Aitken, I.M. Mackie, J.H. Merritt and M.L. Windsor, eds. Edinburgh: HMSO.

Huang, C.H., Lai, H.T. and Weng, Y.M. 1998. Suitability of hybrid tlapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) muscle for gel formation. Int. J. of Food Sci. & Technol. 33(4): 339-344.

Huidobro, A. and Tejada, M. 1993. Emulsifying capacity of fish mince from several species during frozen storage. J. Sci. Food Agric. 61: 333-338.

Huss, H.H. 1995. Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fish Tech. Paper. 36: 348-356.

Ishioroshi, M., Samejima, K. and Yasui, T. 1981. Further studies on the roles of the head and tail regions of the myosin molecule in heat-induced gelation. J. Food Sci. 47: 114-120.

Jiang, S.T., Lee, J.J. and Chen, H.C. 1994. Purification and characterization of cathepsin B from ordinary muscle of mackerel (*Scomber australasicus*). J. Agric. Food Chem. 42: 1073-1097.

Kamath, G.G., Lanier, T.C., Foegeding, E.A. and Hamann, D.D. 1992. Non disulfide covalent cross-linking of myosin heavy chain in "setting" of Alaska pollock and Atlantic croaker surimi. J. Food Biochem. 16: 151-172.

Kim, J.M. and Park, J.W. 2000. Rheology and texture properties. In Surimi and Surimi Seafood; J.W. Park, ed. New York: Marcel Dekker.

Kinoshita, M., Toyohara, H. and Shimizu, Y. 1991. Induction of modori-phenomenon (thermal gel degradation) by a latent serine proteinase. Nippon Suisan Gakkaishi. 57: 1935-1938.

Kolodziejska, I. and Sikorski, Z.E. 1996. Neutral and alkaline muscle proteases of marine fish and invertebrates : a review. J. Food Biochem. 20: 349-363.

Kurokawa, T. 1979. Kamaboko-forming ability of frozen and ice storage Lizard fish. Bull. Japn. Soc. Sci. fish. 45: 1551-1557.

Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature. 227: 680-685.

Lanier, T.C. 1992. Measurement of surimi composition and functional properties. In Surimi Technology; T.C. Lanier and C.M. Lee, eds. New York: Marcel Dekker.

Lanier, T.C. 2000. Surimi gelation chemistry. In Surimi and Surimi Seafood; J.W.Park, ed. New York: Marcel Dekker.

Lanier, T.C., Lin, T.S., Hamann, D.D., and Thomas, F.B. 1981. Effects of alkaline protease in minced fish on texture of heat-processed gels. J. Food Sci. 46: 1643-1645.

Lee, C.M. 1984. Surimi process technology. Food Technol. 38(11): 69-80.

Lee, C.M. 1986. Surimi manufacturing and fabrication of surimi-based products. Food Technol. 40(3): 115-124.

Lee, C.M. 1994. Surimi processing from lean fish. In. Seafood : Chemistry Processing Technology and Quality; F. Shahidi and J.K. Botta, eds. Glasgow: Blackie Academic and Professional.

Lee, J.J., Chen, H.C. and Jiang, S.T. 1993. Purification and characterization of proteinase identified as cathepsin L and L-like (58 kDa) proteinase from mackerel (*Scomber australasicus*). Biosci. Biotech. Biochem. 57: 1470-1476.

Lin, T.S. and Lanier, T.C. 1980. Properties of an alkaline protease from the skeletal muscle of Atlantic croaker. J. Food Biochem. 4(1): 17-28.

Lin, T.M., Park, J.W. and Morrissey, M.T. 1995. Recovered protein and reconditioned water from surimi processing waste. J. Food Sci. 60: 4-9.

Lopez, E.G., Ramirez, J.A. and Martin, P.M. 1996. Effect of alkaline treatment of physicochemical and functional properties of surimi gels made of myofibrilar protein from *Tilapia niloticus*. 1996 IFT annual meeting : 1082-1236.

Lou, X., Wang, C., Xiong, Y.L., Wang, B. and Mims, S.D. 2000. Gelation characteristics of paddlefish (*Polyodon spathula*) surimi under different heating conditions. J. Food Sci. 65: 394-398.

Luo, Y.K., Kuwahara, R., Keneniwa, M., Murata, Y. and Yokoyama, M. 2001. Comparison of gel properties of surimi from Alaska Pollock and three freshwater fish species : effect of thermal processing and protein concentration. J. Food Sci. 66: 548-554.

MacDonald, G.A. and Lanier, T.C. 1994. Actomyosin stabilization to freeze-thaw and heat denaturation by lactate salts. J. Food Sci. 59: 101-105.

MacDonald, G.A., Lelievre, J. and Wilson, N.D.C. 1990. Strength of gels from unwashed minces of hoki (*Macruronus navaezelandiae*) stored in ice. J. Food Sci. 55: 976-978.

MacDonald, G.A., Steven, J. and Lanier, T.C. 1994. Characterization of New Zealand hoki and Southern blue whiting surimi compared to Alaska pollock surimi. J. Aqua. Food Prod. Technol. 3(1): 19-38.

Mackie, I.M. 1993. The effect of freezing on flesh proteins. Food Rev. Int. 9: 575-610.

Mackie, I.M. 1994. Fish protein. In New and Developing Sources of Food Proteins; B.J.F. Hudson, ed. London: Chapman and Hall.

Makinodan, Y., Toyohara, H. and Ikeda, S. 1984. Comparison of muscle alkaline proteinase in the textural degragation of fish meat gel. J.Food Sci. 49: 1351-1354.

Makinodan, Y., Toyohara, H. and Niwa, E. 1985. Implication of muscle alkaline protease in the textural degradation of fish meat gel. J. Food Sci. 50: 1351-1355.

Margossian, S.S. and Lowey, A.G. 1982. Pregelation of myosin and its subfragments from rabbit skeletal muscle. Methods Enzymol. 85: 55-60.

Montejano, J.G., Hamann, D.D. and Lanier, T.C. 1984. Thermally induced gelation of selected comminuted muscle systems, rheological changes during processing, final strength and microstructure. J. Food Sci. 49: 1496-1505.

Morrison, C.R. 1993. Storage effects in frozen fish and shellfish. In Frozen Food Technology. C.P. Mallett, ed. London: Chapman & Hall.

Morrissey, M.T., Wu, J.W., Lin, D. and An, H. 1993. Protease inhibitor effects on torsion measurements and autolysis of pacific whiting surimi. J. Food Sci. 58: 1050-1054.

Nakai, S. and Li-Chan, E. 1989. Effects of heating on protein functionality. In Protein Quality and the Effect of Processing; R.D. Pillips and J.W. Finiley, eds. New York: Marcel Dekker.

Ng, C.S. 1987. Determination of trimethylamine (TMA-N), total volatile basic nitrogen (TVB-N) by Conway's method. In Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products; H. Hasegawa, ed. Singapore: Southest Asean Fisheries Development Center.

Nishimoto, S., Hashimoto, A., Seki, N., Kimura, I., Toyoda, K., Fujita, T. and Arai, K. 1987. Influencing factors on changes in myosin heavy chain and jelly strength of salted meat paste from Alaska pollock during setting. Nippon Suisan Gakkaishi. 53: 2011-2020.

Niwa, E. 1985. Functional aspect of surimi. In Engineering Seafood Including Surimi; R.E. Martin and R.L. Collette. eds. Washington D.C.: International Symposium on Engineered Seafood Including Surimi. Nov. 19-21.

Niwa, E. 1992. Chemistry of surimi gelation. In Surimi Technology; T.C. Lanier and C.M. Lee, eds. New York: Marcel Dekker.

Ohshima, T., Wada, S. and Koizumi, C. 1988. Lipid contents and compositions of various parts of sardine caught in different seasons. J. Tokyo Univ. Fish. 75: 169-188.

Okada, M. 1980. Utilization of small pelagic species for food. In Proceedings of the Third National Technical Seminar on Mechanical Recovery & Utilization of Fish Flesh; R.E. Martin, ed. Warshington D.C.: National Fisheries Institute.

Okawa, M., Ehara, T., Tamiya, T. and Tsuchiya, T. 1993. Thermal stability of fish myosin. Comp. Biochem. Physiol. 106B (3): 517-521.

Onibala, H., Yakayama, T., Shindo, J., Hayashi, S. and Miki, H. 1997. Influence of freshness on occurrence of setting and disintegrating in heat-induced gels from tilapia. Fisheries Sci. 63(2): 276-280.

Pacheco-Aquilar, R., Crawford, D.L. and Lampila, L.E. 1989. Procedure for the efficient washing of minced whiting (*Marluccius productus*) flesh for surimi production. J. Food Sci. 54: 248-252.

Park, J.W. 1995. Surimi gel colors as affected by moisture content and physical conditions. J. Food Sci. 60: 15-18.

Park, J.W., Korhonen, R.W. and Lanier, T.C. 1990. Effects of rigor mortis on gel-forming properties of surimi and unwashed minced prepared from tilapia. J. Food Sci. 55: 353-355, 360.

Park, J.W., Yongsawatdigul, J. and Lin, T.M. 1994. Rheological behavior and potential cross-linking of Pacific whiting surimi. J. Food Sci. 59: 773-776.

Park, J.W., Lin, T.M. and Yongsawatdigul, J. 1997. New developments in manufacturing of surimi and surimi seafood. Food Rev. Int. 13: 577-610.

Peterson, G.L. 1983. Determation of total protein. Methods Enzymol. 91: 95-119.

Regenstein, J.M. 1986. The potential for minced fish. Food Technol. 40(2): 101-106.

Rodgers, M.E., Karr, T., Biedermann, K., Ueno, H. and Harrington, W.F. 1987. Thermal stability of myosin rod from various species. Biochemistry. 26: 8703-8708.

Sankar, T.V. and Ramachandran, A. 2002. Rheological characteristics of suwari and kamaboko gels made of surimi from Indian major carps. J Sci. Food Agric. 82: 1021-1027.

Sano, T., Noguchi, S.F., Matsumoto, J.J. and Tsuchiya, T. 1990. Thermal gelation characteristics of myosin subfragments. J. Food Sci. 55: 55-58, 70.

Sano, T., Ohno, T., Otsuka-Fuchino, H., Matsumoto, J.J. and Tsuchiya, T. 1994. Carp natural actomyosin thermal denaturation mechanism. J. Food Sci. 59: 1002-1008.

Saeki, H. and Hirata, F. 1994. Behavior of fish meat components during manufacture of frozen surimi through processing with $CaCl_2$-washing. Fisheries Sci. 66: 335-339.

Saeki, H., Iseya, Z., Sugiura, S. and Seki, N. 1995. Gel forming characteristics of frozen surimi from chum salmon in the presence of protease inhibitors. J. Food Sci. 60: 917-921, 928.

Seymour, T.A., Morrissey, M.T., Gustin, M.Y. and An, H. 1994. Purification and characterization of Pacific whiting protease. J. Agric. Food Chem. 42: 2421-2422.

Shaban, O., Ochiai, Y., Watabe, S. and Hashimoto, K. 1985. Quality changes in Alaska pollock meat paste (surimi) during frozen storage. Nippon Suisan Gakkaishi. 51: 1853-1858.

Shahidi, F. 1994. Seafood proteins and preparation of protein concentrates. In Seafood : Chemistry Processing Technology and Quality; F. Shahidi and J.R. Botta, eds. London: Blackie Acadamic & Professional.

Shenouda, S.Y.K. 1980. Thories of protein denaturation during frozen storage of fish flesh. Adv. Food Res. 26: 275-311.

Shimizu, Y., Toyohara, H. and Lanier, T.C. 1992. Surimi production from fatty and dark fleshed fish species. In Surimi Technology; T.C. Lanier and C.M. Lee, eds. New York: Marcel Dekker.

Somboonyarithi, V. 1990. Effect of iced and frozen on quality of surimi produced from tilapia (*Oreochromis niloticus*). Asian Food J. 5(4): 158-164.

Spinelli, J. and Dassow, J. 1982. Fish proteins : their modification and potential uses in the food industry. In Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products; C.E. Hebard and D.R. Ward, eds. New York: AVI Publishing.

Sultanbawa, Y. and Li-Chan, E. C. Y. 1998. Cryoprotective effects of sugar and polyol blends in ling cod surimi during frozen storage. Food Research Inter. 31(2): 87-98.

Suwansakornkul, P., Kongpun, O. and Oka, H. 1999. Improvement of the gel forming ability of threadfin bream surimi. Fish Technology : Research and Inspection. 3: 25-40.

Suzuki, T. 1981. Fish and Krill Protein : Processing Technology. London: Applied Science Publishers.

Toyoda, K., Kimura, I., Fujita, T., Noguchi, S.F. and Lee, C.M. 1992. The surimi manufacturing process. In Surimi Technology; T.C. Lanier and C.M. Lee, eds. New York: Marcel Dekker.

Toyohara, H., Kinoshita, M. and Shimazu, Y. 1990. Proteolysis degradation of threadfin bream meat gel. J. Food Sci. 55: 259-260.

Uchiyama, H. 1978. Analytical Method for Estimating Freshness of Fish. Bangkok: Training Department Southeast Asia Fisheries Development Center.

Wan, J., Kimura, I. and Satake, M. 1995. Causes of inferior gel-forming ability of salmon surimi paste. Fisheries Sci. 61: 711-715.

Wang, J.H., Su, J.C. and Jiang, S.T. 1992. Stability of calcium-autolyzed calpain II from tilapia muscle (*Tilapia nilotica* x *T. aurea*). J. Agic. Food Chem. 40: 535-539.

Wasson, D.H., Reppond, K.D., Bahbitt, J.K. and French, J.S. 1992. Effects of additives on proteolytic and functional properties of arrowtooth flounder surimi. J. Food Product Technol. 1: 176-182.

Whitaker, J.R. 1972. Principle of Enzymology for the Food Science. New York: Marcel Dekker.

Yongsawatdigul, J. and Park, J.W. 2003. Thermal denaturation and aggregation of threadfin bream actomyosin. Food Chem. 83(3): 409-416.

Yongsawatdigul, J., Park, J.W., Virulhakul, P. and Viratchakul, S. 2000. Proteolytic degradation of tropical tilapia surimi. J. Food Sci. 65: 129-133.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี และกายภาพ

ก. 1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 1995)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 – 5 g (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในภาชนะอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นซึ่งอบแห้ง และทราบน้ำหนักแล้ว
2. นำตัวอย่างเข้าอบแห้งในตู้อบโดยควบคุมอุณหภูมิ 100-105 °C นานประมาณ 6 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
3. นำออกจากตู้อบ และทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccator) และชั่งน้ำหนัก
4. คำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (\% wet basis)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ (g)} - \text{น้ำหนักหลังอบ (g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)}} \times 100$$

ก. 2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 1995)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 g ใส่ลงในหลอดย่อยตัวอย่าง
2. เติม selenium reagent mixture ประมาณ 1 g และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 ml นำไปย่อยบนชุดย่อยจนตัวอย่างในหลอดเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน (ประมาณ 1 ชั่วโมง) ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น
3. เตรียมฟลาสค์ขนาด 250 ml สำหรับรับสารที่ได้จากชุดกลั่นที่ปลายของเครื่องกลั่นโดยให้ปลายท่อจุ่มอยู่ในกรดบอริกตลอดเวลา ใช้ methyl red ผสมกับ bromocresol green ละลายในแอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 0.1 % ในอัตราส่วน 1 : 5 เป็นอินดิเคเตอร์ประมาณ 2-3 หยด
4. นำสารละลายที่ย่อยได้ไปต่อกับเครื่องกลั่นหาไนโตรเจน โดยตั้งค่าเครื่องที่ภาวะการกลั่นใช้น้ำกลั่น 50 ml, กรดบอริก 50 ml และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 35 % ปริมาณ 40 ml (หรือจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีดำ)
5. กลั่นประมาณ 3 นาที (สารละลายที่ได้จะมีสีเขียว)

6. ล้างส่วนปลายของท่อที่จุ่มในฟลาสค์ด้วยน้ำกลั่น นำสารละลายทั้งหมดไปไตเตรทกับกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู บันทึกปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ (ทำแบลงค์ทุกครั้งที่วิเคราะห์)
7. คำนวณหาปริมาณโปรตีน

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\% wet basis)} = \frac{6.25 \times 14 \times (B-A) \times N \times 100}{1{,}000 \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

A = ปริมาณเป็น ml ของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรทแบลงค์

B = ปริมาณเป็น ml ของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

N = normality ของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้

14 = น้ำหนักอะตอมของไนโตรเจน

6.25 = conversion factor ของปลา และผลิตภัณฑ์จากปลา

ก. 3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 1995)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งประมาณ 5 g ห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 1
2. ใส่ตัวอย่างใน thimble แล้วนำไปใส่ในชุดสกัดของชุดวิเคราะห์ ที่ต่ออยู่กับ Soxhlet flask ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน
3. เติม petroleum ether ประมาณ 250 ml ลงในชุดสกัด นำไปสกัดไขมันเป็นเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำ soxhlet flask ไประเหย petroleum ether ออกจนหมด ด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (evaporator)
4. นำ Soxhlet flask ไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C ประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น
5. ชั่งน้ำหนักไขมันที่ได้จากการสกัดจนน้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณไขมัน

$$\text{ปริมาณไขมัน (\% dry basis)} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้(g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(g)}} \times 100$$

6. คำนวณปริมาณเป็น % wet basis

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก. 4 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (A.O.A.C., 1995)

วิธีการทดลอง

1. ปรับมาตรฐาน (calibrate) เครื่องวัด pH ตามคู่มือของเครื่องด้วย standardized pH buffer pH 7.00 และ pH 4.00 ตามลำดับ
2. ชั่งตัวอย่าง 10 g ละลายในน้ำกลั่น 100 ml
3. กวนอย่างสม่ำเสมอด้วยเครื่อง magnetic stirrer เป็นเวลา 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้อง (25 °C) 10 นาที
4. วัดค่า pH ของสารละลายส่วนใส โดยใช้เครื่องวัด pH

ก. 5 การวิเคราะห์ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile bases, TVB) (Ng, 1987)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 10 g เติมสารละลาย TCA เข้มข้น 5 % ปริมาตร 50 ml ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 1 นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์
2. ปิเปต สารละลายกรดบอริก 1 ml ใส่ในจานระเหยแบบคอนเวย์ชั้นใน
3. ปิเปต สารละลายตัวอย่าง 1 ml ใส่ในจานระเหยแบบคอนเวย์ชั้นนอก
4. ปิเปต สารละลาย K_2CO_3 อิ่มตัว 1 ml ใส่ในจานชั้นนอกปิดฝาจานคอนเวย์ให้สนิททิ้งไว้ประมาณ 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (25 °C)
5. ไตเตรทชั้นในของจานคอนเวย์ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.02 N จนสีเขียวจางหายไป
6. ทำแบลงค์โดยใช้ สารละลาย TCA เข้มข้น 5 % ปริมาตร 1 ml แทนสารละลายตัวอย่าง

$$\text{ปริมาณ TVB-N (mg/ 100 g sample)} = \frac{\text{(ปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ใช้ – แบลงค์) N x 100 x 1,400}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

N = normality ของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก

ก. 6 การวิเคราะห์ปริมาณไตรเมทธิลลามีน (trimethylamine, TMA) (Ng, 1987)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 10 g เติมสารละลาย TCA เข้มข้น 5 % ปริมาณ 50 ml ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 30 นาที กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 1 นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์
2. ปิเปต สารละลายกรดบอริก 1 ml ใส่ในจานระเหยแบบคอนเวย์ชั้นใน

3. ปิเปต สารละลายตัวอย่าง 1 ml ใส่ในจานระเหยแบบคอนเวย์ชั้นนอก
4. ปิเปต สารละลาย K_2CO_3 อิ่มตัว 1 ml และ formaldehyde ความเข้มข้น 10 % ปริมาตร 1 ml ใส่ในจานชั้นนอกปิดฝาจานคอนเวย์ให้สนิททิ้งไว้ประมาณ 3 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (25 °C)
5. ไตเตรทสารละลายในส่วนชั้นในของจานคอนเวย์ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.02 N จนสีเขียวจางหายไป
6. ทำแบลงค์โดยใช้ สารละลาย TCA เข้มข้น 5 % ปริมาตร 1 ml แทนสารละลายตัวอย่าง

ปริมาณ TMA (mg/ 100 g sample) = $\frac{\text{(ปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ใช้ – แบลงค์) N x 100 x 1,400}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$

N = normality ของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก

ก.7 วิธีสกัด crude actomyosin (MacDonald และ Lanier, 1994)

วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างซูริมิ 4 g มาสกัดด้วยสารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0.6 M (pH 7.0) ที่แช่เย็นปริมาตร 40 ml ปั่นผสมด้วยเครื่อง blender เป็นเวลา 4 นาที
2. ระหว่างปั่นทำการปั่น 20 วินาที สลับกับแช่ในน้ำแข็ง 20 วินาที จนกระทั่งครบ 4 นาที เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดความร้อนในระหว่างการสกัดโปรตีน
3. นำสารแขวนลอยที่ได้ไปเหวี่ยงแยกที่ 5,000 x g อุณหภูมิ 0 °C เป็นเวลา 30 นาที
4. ละลายตะกอน crude actomyosin ที่ได้ด้วยน้ำกลั่นแช่เย็นปริมาตร 3 เท่า
5. นำสารแขวนลอยที่ได้ไปเหวี่ยงแยกอีกครั้งที่ 5,000 x g อุณหภูมิ 0 °C เป็นเวลา 20 นาที
6. ละลายตะกอนด้วยสารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์ 1.2 M (pH 7.0) ที่แช่เย็นปริมาตรเท่ากับตะกอน นำไปเหวี่ยงแยกเอาส่วนที่ไม่ละลายออกที่ 5,000 x g อุณหภูมิ 0 °C เป็นเวลา 20 นาที

ก.8 วิธีสกัด crude protease (Boye และ Lanier, 1988)

วิธีการทดลอง

1. เตรียมเนื้อปลาสด 100 g สกัดด้วยสารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.2 M (pH 7.0) ที่แช่เย็นปริมาตร 200 ml ปั่นผสมด้วยเครื่อง blender เป็นเวลา 1 นาที
2. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 45 นาที
3. นำสารละลายที่ได้ไปเหวี่ยงแยกที่ 12,000 x g เป็นเวลา 30 นาที
4. กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman No 4 เพื่อแยกชั้นไขมันที่บริเวณผิวหน้า
5. นำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.9 วิธีวิเคราะห์ Proteolytic activity (An และคณะ, 1994a)

วิธีการทดลอง

1. เตรียมสารละลายเคซีน 2 % ปริมาตร 0.2 ml ผสมกับสารละลายเอนไซม์สกัดปริมาตร 0.2 ml และสารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.625 ml ปรับปริมาตรรวมให้ได้ปริมาตร 1 ml ด้วยน้ำกลั่น
2. นำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิที่ต้องการเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. หยุดปฏิกิริยาเอนไซม์ด้วยสารละลาย TCA เข้มข้น 50 % ปริมาตร 0.2 ml
4. ตั้งทิ้งไว้ที่ 4 ºC เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปเหวี่ยงแยกที่ 6,100 x g เป็นเวลา 10 นาที
5. นำสารละลายส่วนใสไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry's method รายละเอียดดังภาคผนวก ก.10
6. นิยามของเอนไซม์แอคติวิตี 1 หน่วย (unit) คือ ปริมาณเอนไซม์ที่ให้สีของกรดอะมิโนหรือโพลีเปปไทด์ส่วนที่ละลายในสารละลาย TCA เท่ากับสีที่เกิดโดยใช้ไทโรซีน (tyrosine) 1 ไมโครโมล ภายใต้ภาวะการทดลองที่ใช้

ก. 10 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดย Modified Lowry Method (Peterson, 1983)

วิธีการทดลอง

1. ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่มีโปรตีน 5-100 µg ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ml ด้วยน้ำกลั่น เติมสารละลาย sodium deoxycholate (DOC) 0.15 % ปริมาตร 0.1 ml เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ºC) 10 นาที
2. เติมสารละลาย TCA เข้มข้น 72 % ปริมาตร 0.1 ml เขย่าให้เข้ากัน
3. นำไปเหวี่ยงแยกที่ความเร็ว 12,000 x g เป็นเวลา 30 นาที
4. เทส่วนใสทิ้ง โดยคว่ำหลอดลงบนกระดาษซับ เก็บตะกอนที่ได้ไว้วิเคราะห์
5. เติมสารละลาย A* ปริมาตร 1.0 ml เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ºC) 10 นาที
6. เติมสารละลาย B** ปริมาตร 0.5 ml เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ºC) 30 นาที
7. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร
8. คำนวณความเข้มข้นสารละลายโปรตีน

$$\text{ปริมาณโปรตีน (mg/ml)} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสง x Va x 1/100}}{S_{BSA}\ (\text{ml}/\mu\text{g}) \times Vb}$$

Note : S_{BSA} = slope ของ standard curve ที่เตรียมจากสารละลาย bovine serum albumin

Va = ปริมาตรรวมของสารละลายโปรตีนที่เจือจางด้วยน้ำกลั่น

Vb = ปริมาตรรวมของสารละลายโปรตีนก่อนเจือจาง

สารละลาย A* = $CuSo_4.5H_2O$ 0.5 % ใน potassium sodium tartrate 1 % ผสมกับ Na_2CO_3 2 % ใน NaOH 0.8 N และ SDS 10 % ในอัตราส่วนเท่า ๆ กัน

สารละลาย B** = Folin-Ciocalteu phenol ในน้ำกลั่น อัตราส่วน 1 : 5

ก. 11 SDS-Polyacrylamide Gel Electrophoresis (Laemmli, 1970)

วิธีการทดลอง

1. ประกอบแผ่นกระจกเข้ากับชุด electrophoresis ที่เตรียมไว้ เติม resolving gel ที่ผสมแล้วลงไประหว่างแผ่นกระจก จากนั้นค่อย ๆ เติม water-saturated n-butanol คลุมผิวหน้าเจล เพื่อให้ผิวหน้าเจลเรียบเสมอกัน ทิ้งไว้ให้เจลแข็งตัวประมาณ 30-60 นาที
2. เทชั้นน้ำบนผิวหน้าเจลออก แล้วเติม stacking gel ลงไปให้เกือบเต็มขอบแผ่นกระจกชั้นใน เสียบแผ่น comb ลงใน stacking gel ทิ้งไว้ให้เจลแข็งตัวประมาณ 30 นาที
3. เมื่อเจลแข็งตัวดึงแผ่น comb ออกล้างส่วนบน stacking gel ด้วย electrode buffer
4. นำตัวอย่างโปรตีนที่สกัดได้ไปผสมกับ sample buffer (Tris-HCl 60 mM pH 6.8, glycerol 25 %, SDS 2 %, 2-mercaptoethanol 14.4 mM, bromophenol blue 0.1 %)
5. นำไปให้ความร้อนที่ 100 ° C เป็นเวลา 2 นาที
6. ประกอบชุด electrophoresis ทั้งหมดเข้าด้วยกันเติม electrode buffer ลงใน chamber และระหว่างแผ่นกระจก
7. ใช้ Hamilton syringe ดูดสารละลายตัวอย่าง 10 µl ลงในช่องด้านบนของ stacking gel ช่องละ 1 ตัวอย่าง
8. ต่อชุด electrophoresis เข้ากับ power supply โดยใช้แรงดันที่ 200 V กระแสไฟฟ้าเริ่มต้นที่ 20 mA เมื่อตัวอย่างเคลื่อนที่ผ่าน stacking gel ให้ปรับกระแสไฟฟ้าไปที่ 70-80 mA
9. ปิด power supply เมื่อเห็นแถบของตัวอย่างเคลื่อนที่ผ่านด้านล่างของเจลไปแล้ว
10. นำแผ่นกระจกออกจาก chamber และนำแผ่นเจลออกจากแผ่นกระจก
11. ค่อย ๆ นำแผ่นเจลออกจากแผ่นกระจก แล้วนำไปย้อมสีในถาดก้นลึกที่มี staining solution ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที
12. ล้างสีที่ย้อมออกด้วย destaining solution จนกระทั่งสามารถเห็นแถบของโปรตีนปรากฏให้เห็น
13. เทสารละลายทิ้ง แล้วล้างแผ่นเจลด้วยน้ำกลั่น

ก. 12 ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ด้วยสารละลายเกลือ (salt extractable protein, SEP) (Sultanbawa และ Li-Chan, 1998)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างซูริมิ 5 g ผสมกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 5 % ในสารละลายทริส-ไฮโดรคลอริด บัฟเฟอร์ pH 7.0 ปริมาตร 20 ml ปั่นผสมด้วยเครื่อง blender 1 นาทีในน้ำแข็ง
2. นำสารละลายไปเหวี่ยงแยกที่ 10,000 x g ที่ 4 °C เป็นเวลา 10 นาที
3. นำสารละลายส่วนใสไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Lowry's method
4. คำนวณปริมาณ SEP

$$\text{SEP (\%)} = \frac{\text{(ปริมาณโปรตีนทั้งหมด-ปริมาณโปรตีนในสารละลาย)}}{\text{ปริมาณโปรตีนทั้งหมด}} \times 100$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพเจลซูริมิ

ข. 1 การวัดค่าความแข็งแรงของเจล (Lanier, 1992)

วิธีใช้เครื่อง Texture analyzer

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วเข้าสู่โปรแกรม Texture Expert (Stable Micro System) ทำการ calibrate force โดยใช้ลูกตุ้มขนาด 5 kg
2. ทำการ calibrate หัววัด (probe) โดยก่อนการ calibrate ให้ติดตั้งหัววัดที่ใช้วัดเข้ากับเครื่องให้เรียบร้อย และตั้งระยะทางระหว่างหัววัด กับฐานของแท่นวัดที่ 35 mm จากนั้นเริ่มทำการ calibrate หัววัด
3. นำชิ้นตัวอย่างซูริมิขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 cm สูง 3 cm ที่เตรียมไปวางบนแท่นของเครื่องวัด จากนั้นตั้งค่าของภาวะที่ใช้ในการวัด (TA setting) และเริ่มวัดโดยเข้าไปที่เมนู Run a Test ตั้งข้อมูลของตัวอย่าง ระบุชนิดของหัววัด และตั้งค่า macro เพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่าที่ต้องการ
4. วัดตัวอย่างด้วยหัวกดลูกตุ้ม (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 mm) จนกระทั่งผิวหน้าแตก
5. วัดค่าน้ำหนักที่กด (force) และระยะทางของหัวกดที่กดลงในตัวอย่างจนแตก (deformation)

ความแข็งแรงของเจล (gel strength) (g.cm)

= น้ำหนักที่กด(g) x ระยะทางของหัวกดที่กดลงในตัวอย่างจนแตก(cm)

ภาวะที่ใช้ในการวัดความแข็งแรงของซูริมิปลาทับทิม (TA setting)

TA-XT2 Setting Mode	Measure Force in Compression
Option :	Return to Start
Pre – Test Speed :	1.0 mm/sec
Test Speed :	1.1 mm/sec
Post – Test Speed :	10.0 mm/sec
Distance :	15 mm
Trigger Force :	Auto – 10 g
Data Acquistion Rate :	200 pps

ข. 2 การวัดค่าสี (Lanier, 1992)

วิธีใช้เครื่องวัดสี

1. เลื่อนปุ่ม Power ไปที่ตำแหน่ง On พร้อมกับกดปุ่ม All Data Clear
2. กดปุ่ม Index Set
3. เลือกแหล่งแสง D_{65} แล้วกดปุ่ม Enter
4. กดปุ่ม Calibrate เพื่อป้อนค่า Y, x, y ที่ระบุไว้ในแผ่นสีขาวมาตรฐานตามชนิดของแหล่งแสงที่เลือกใช้
5. นำหัววัดมาวางบนแผ่นสีขาวมาตรฐานกดปุ่ม Measure เครื่องจะทำการ calibrate และจะมีแสงกระพริบ 3 ครั้ง เป็นการเสร็จสิ้นการ calibrate
6. กดปุ่ม Color Space Select เพื่อเลือกระบบสีที่ต้องการ
7. วัดตัวอย่างโดยกดปุ่ม Measure
8. คำนวณค่า whiteness จากสูตร

$$\text{ความขาว (whiteness)} = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

L^* = ค่าความสว่าง (lightness) มีค่าระหว่าง 0-100 หรือ สีดำถึงสีขาว

a^* = ค่า (+) สีแดง หรือ (-) สีเขียว

b^* = ค่า (+) สีเหลือง หรือ (-) สีน้ำเงิน

ข. 3 การวัดความแข็งแรงของเจลโดยวิธีการพับ (Folding Test) (Lanier, 1992)

วิธีการทดลอง

ตัดตัวอย่างเจลซูริมิให้เป็นชิ้นบาง ๆ ให้มีความหนา 3 มิลลิเมตร นำมาพับ และบันทึกผลดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

วิธีการพับ	ระดับความเหนียว	ระดับคะแนน
พับตัวอย่างให้เป็น 1 ใน 4 และไม่แตก	ดีมาก	AA
พับตัวอย่างให้เป็น 1 ใน 2 และไม่แตก	ปานกลาง	A
พับตัวอย่างให้เป็น 1 ใน 2 และแตกเล็กน้อย	พอใช้	B
พับตัวอย่างให้เป็น 1 ใน 2 และแตกทันที	ไม่มีความเหนียว	C
กดแตกเมื่อใช้นิ้วกด	ไม่มีความเหนียว	D

ข. 4 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเจล (water holding capacity, WHC) (Ng, 1987)

วิธีการทดลอง

ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเจล วิเคราะห์ในรูปของปริมาณสารละลายที่เจลปลดปล่อยออกมา (expressible drip)

1. ตัดตัวอย่างซูริมิให้ได้ความหนาประมาณ 0.5 cm. นำไปชั่งน้ำหนัก
2. วางตัวอย่างลงบนกระดาษกรอง Whatman No 1 ด้านบน 2 ชิ้น และด้านล่าง 3 ชิ้น
3. นำตัวอย่างไปกดด้วยแรงกดคงที่ 10 kg/cm^2 เป็นเวลา 2 นาที
4. ชั่งน้ำหนักซูริมิที่ได้นำไปคำนวณค่าปริมาณน้ำที่ปลดปล่อยออกมา

$$\text{Expressible drip (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนกด} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังกด})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนกด}} \times 100$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตาราง ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า force เจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	27	46474.84408697	83.76*
Temp	6	188749.47897679	340.16*
Time	3	17366.94909702	31.30*
Temp*Time	18	3901.28162202	7.03*
Error	28	554.88898036	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า deformation ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	27	5.56764676	17.82*
Temp	6	17.52010833	56.08*
Time	3	9.77430655	31.29*
Temp*Time	18	0.88238294	2.82*
Error	28	0.31239107	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า gel strength ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	27	136591.25827310	266.78*
Temp	6	553098.05424331	1080.27*
Time	3	68411.58448981	133.62*
Temp*Time	18	9118.93858024	17.81*
Error	28	512.00149920	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสามารถในการอุ้มน้ำแสดงในรูปของปริมาณ expressible drip ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	27	6.7491045	51.7*
Temp	6	26.85348274	205.71*
Time	3	1.23129762	9.43*
Temp*Time	18	0.96727956	7.41*
Error	28	0.13054286	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า L* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	27	1.66763142	3.55*
Temp	6	5.98829762	12.74*
Time	3	0.02431607	0.05
Temp*Time	18	0.50129524	1.07
Error	28	0.47018750	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า a* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	27	0.04002612	1.70
Temp	6	0.17029048	7.25*
Time	3	0.00325893	0.14
Temp*Time	18	0.00273254	0.12
Error	28	0.02348393	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า b* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	27	1.19184623	2.18*
Temp	6	4.87451012	8.90*
Time	3	0.11187321	0.20
Temp*Time	18	0.1428710	0.26
Error	28	0.54753036	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความขาวของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ทำให้เกิดเจลด้วยการให้ความร้อนที่ภาวะต่างกัน

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	27	1.89391931	4.03*
Temp	6	6.88085357	14.63*
Time	3	0.02461667	0.05
Temp*Time	18	0.54315833	1.15
Error	28	0.47044286	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า TVB ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	3.77529380	3072.25*
Error	6	0.00122884	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า TMA ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	14.73098833	7652.46*
Error	6	0.001925	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	1.11335358	43.24*
Error	6	0.02574874	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณไขมันของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	0.01860891	4.48*
Error	6	0.0041526	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค. 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณความชื้นของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	0.54934	7.99*
Error	6	0.06875	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค. 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าระดับ pH ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	0.01266833	43.43*
Error	6	0.00029167	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค. 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเนื้อปลาที่ผลิตจากปลาทับทิมสดทั้งตัวที่เก็บรักษาในน้ำแข็ง เป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	43312.56247	46.58*
Error	6	929.89570	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า force ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	4903.23967600	6.09*
Error	6	805.18315600	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า deformation ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	0.80630513	7.06*
Error	6	0.11414767	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า gel strength ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	22859.57087410	32.35*
Error	6	706.61762953	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการอุ้มน้ำแสดงในรูปของปริมาณ expressible drip ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	0.60128	18.33*
Error	6	0.0328	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า L* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	0.781935	74.53*
Error	6	0.01049167	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า a* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	0.01442833	4.67*
Error	6	0.00309167	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า b* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	1.03180833	32.44*
Error	6	0.03180833	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความขาว ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากปลาสดที่เก็บรักษาโดยการแช่น้ำแข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	5	0.79464833	81.57*
Error	6	0.00974167	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า force ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	9	6933.98860031	39.21*
Error	10	176.83423335	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า deformation ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	9	0.07329342	1.35
Error	10	0.05414925	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า gel strength ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	9	17388.74235264	17.67*
Error	10	983.9545668	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า L* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	9	0.48433728	3.40*
Error	10	0.14233667	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า a* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	9	0.06803611	30.58*
Error	10	0.02225	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า b* ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	9	0.190305	4.42*
Error	10	0.043075	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความขาว ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	9	0.20756352	1.45
Error	10	0.14288056	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ค.31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนความสามารถในการอุ้มน้ำแสดงในรูปของปริมาณ expressible drip ของเจลซูริมิปลาทับทิมที่ผลิตจากซูริมิที่เก็บรักษาในภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลาต่าง ๆ

SOV	d.f.	MS	F Value
Treatment	9	0.02797691	274.09*
Error	10	0.00010207	

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจิรชัย เลขาวิจิตร เกิดวันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2521 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เมื่อปีการศึกษา 2542 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ในสาขาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย