

몇가지 첨가물이 감압 알칼리 수세한 고등어 Surimi의 열특성 및 Gel 조직에 미치는 영향

박형선 · 박상우 · 양승택
경성대학교 식품공학과

Effects of Various Additives on the Thermal Properties and Gel Structure of Mackerel Surimi Prepared by Alkaline Washing under Reduced Pressure

Hyung-Sun Park, Sang-Woo Park and Seung-Taek Yang
Department of Food Science and Technology, Kyungshung University

Abstract

An attempt was made to investigate the effects of additives (3%) such as egg white, soybean protein, corn starch and Read Amity-N (green bean starch 85%+psyllium husk 10%) on the thermal properties and gel structures of mackerel surimi and to examine the quality of surimi by using differential scanning calorimetry (DSC), rheometry and scanning electron microscopy (SEM). The thermal transition temperatures of mackerel surimi protein were 40, 52, 67 and 79°C, but those temperatures were changed to 37, 46, 57 and 76°C after adding salt (3% NaCl). Addition of Read Amity-N and corn starch to surimi showed new peak at the temperature of 90°C and 92°C, respectively. The enhancing effects of gel strengths of mackerel surimi cooked gels prepared from adding four kinds of additives, respectively, were egg white > soybean protein > Read Amity-N > corn starch in order. Scanning electron microscopy showed a difference in fine structures between the cooked gels which were prepared with and without additives. Dispersion profiles of protein were more thick in cooked gel prepared with additive than in cooked gel prepared without additive.

Key words: additives, mackerel surimi gel, DSC, SEM, gel strength

서 론

어육 surimi gel의 품질은 어종, 원료의 선도, 수세조건, setting조건, 부원료의 첨가, surimi의 식염농도와 pH, 가열조건 등에 따라서 영향을 받는다⁽¹⁾. 전분, 단백질, 섬유소 및 고무질 등의 첨가물을 surimi에 첨가함으로써 surimi gel의 텍스처를 증진시키고 동결 및 해동 시 품질 안정화를 도모하려는 연구가 수행되어 왔다⁽²⁻⁶⁾. Hamada와 Inamasu⁽⁷⁾는 전분이 surimi gel의 점탄성에 미치는 영향에 대하여, Yamashita와 Seki⁽⁸⁾는 대두 및 밀가루 단백질이 명태 surimi의 setting에 미치는 효과에 대하여, 그리고 Seymour 등⁽⁹⁾은 우혈장 단백질이 조기 surimi의 gel화 증진에 미치는 효과에 대하여 보고하였다. 또한 Konoo 등⁽¹⁰⁾은 전분 중의 아밀

로오스와 아밀로펙틴이 명태 냉동 surimi의 가열 gel화에 미치는 효과를, 그리고 Fukao 등⁽¹¹⁾은 난백, 우유 단백질, 대두단백 및 우혈장단백 등 분말 단백질이 surimi gel의 저장성에 미치는 효과에 대하여 보고하였다.

한편 Park⁽¹²⁾은 DSC (differential scanning calorimetry)를 이용하여 분리대두단백, 밀가루글루텐, 유청단백질 농축물 및 분리유청단백질 등 단백질 첨가물들이 명태 surimi 단백질의 열변성에 미치는 효과를 연구한 결과, 이들 단백질 첨가물들은 온도 전이 효과 및 단백질 변성 효과가 있었다고 하였다. 또한 이 온도 전이는 설탕과 같은 비 단백질 첨가물을 첨가하였을 때에도 나타난다고 하였다⁽¹³⁾.

Jung 등⁽¹⁴⁾은 식염과 전분이 명태 surimi의 열특성에 미치는 효과를 검토한 결과, 전분의 경우 어육 단백질의 열전이에 영향을 미치지 않았으며 전분-surimi 혼합물계에서 이들의 열특성은 각각 독립적으로 나타난

Corresponding author: Seung-Taek Yang, Department of Food Science and Technology, Kyungshung University, 110-1 Daeyeon-dong, Nam-gu, Pusan 608-736, Korea

다고 하였다.

Wu 등⁽¹⁵⁾은 전분의 surimi gel강도 증진효과는 전분의 호화가 일어날 때 나타난다고 하였으며 Makinoda 등⁽¹⁶⁾은 surimi의 gel강도에는 근원섬유 filament의 두께 보다도 이들의 분산상태 또는 망상구조의 형성이 더 많이 관여한다고 하였다.

또한 Miyake 등⁽¹⁷⁾ 및 Sato 등⁽¹⁸⁾은 surimi의 gel 구조와 탄력과는 상호 관계가 있다고 하였으며 Matsuura와 Arai⁽¹⁹⁾는 surimi gel의 탄력과 근원섬유 filament의 분산상태 사이에는 상관관계가 있다고 하였다.

본 연구에서는 양질의 고등어 surimi gel을 산업체에서 효율적으로 제조하기 위한 기초자료를 얻을 목적으로 부원료로서 난백, 대두단백, 옥수수전분 및 Read Amity-N (green bean starch 85%+psyllium husk 10%) 등 4종의 첨가물을 가지고 각각 감압 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi에 첨가 혼합한 후 시차 주사 열량분석법(differential scanning calorimetry, DSC)을 이용하여 surimi의 열특성을 조사하였으며, 주사 전자현미경법(scanning electron microscopy, SEM)으로 gel의 조직을 관찰하였다.

재료 및 방법

재료

원료어는 어획 직후 빙장하여 24시간이 경과되지 않은 고등어(체장 24.9±1.0 cm, 체중 289.4±33.5 g)를 사용하였다. 첨가물로서는 난백(Nive Co. Holland: 수분 6.2%, 단백질 80%), 대두단백(Protein technologies Inc. U.S.A.: 수분 4.5%, 단백질 93%), 옥수수전분(신송산업사, 서울 영등포구: 전분 90%, 수분 6.0%) 및 Read Amity-N (green bean starch 85%+Psyllium husk 10%+수분 4.3%, Fancy food Co. Japan)을 사용하였다.

Surimi의 제조

채육하여 마쇄한 고등어 육을 실계 제작한 감압수세장치를 이용하여 560 mmHg의 감압 하에서 5회 수세한 후 탈수한 육에 대하여 설방(백설표, 제일제당) 4%, 솔비톨 4%, 중합인산염 0.2%를 첨가한 다음 silent cutter로 혼합마쇄하여 surimi를 제조하고 -30°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

Setting gel 및 cooked gel의 제조

제조한 surimi를 5°C에서 자연해동시킨 후 소형 silent cutter (Hobart model-8186, U.S.A)로 약 1분간 절단하고 여기에 surimi 중량에 대하여 식염 3%와, 난

백, 대두단백, 옥수수전분 및 Read Amity-N 등 4종의 첨가물을 각각 3% 씩 가하고 품온이 약 8°C 정도 되도록 15분간 고기같이하였다. 이것을 각각 35°C에서 6시간 setting하여 setting gel을 제조하였으며 이 setting gel을 90°C에서 25분간 가열하여 cooked gel을 제조하였다.

DSC (Differential scanning calorimetry)에 의한 thermograms의 분석

고등어 surimi의 열분석은 DSC (V4 OB Dupont 2,200, U.S.A)를 사용하여 Table 1과 같은 조건에서 측정하였다. 즉 냉동 surimi를 해동한 후 여기에 식염 및 4종의 첨가물을 각각 가하여 제조한 고등어 surimi에서 40±3 mg을 정확히 취하여 밀봉한 후 휘발접시에 넣고 대조물로서 증류수 3 mg을 취하여 밀봉한 후 다른 접시에 넣은 다음 5°C/min로 가열하였다. DSC cell 검정 I.C.T.A. (International Confederation for Thermal Analysis)의 표준물질인 인디움 금속과 과염소산 칼륨으로 온도와 엔탈피 변화를 검량하였으며 이 때 DSC cell 상수는 0.998이었다.

Gel강도의 측정

제조한 고등어 surimi setting gel과 cooked gel의 gel강도는 rheometer (Sun model No. CR-200 D, Japan)를 사용하여 측정하였다. 감압축은 flanger No. 1을 사용하였으며 rheometer의 측정조건은 table speed 80 mm/min, chart speed 80 mm/min, 최대하중 1 kg으로 하였고 gel강도의 표시는 g·cm로 하였다.

주사 전자현미경(Scanning electron microscope, SEM)에 의한 gel 조직의 관찰

전자현미경 사진촬영은 고등어 surimi에 4종의 첨가물을 각각 가하여 제조한 고등어 surimi cooked gel을 면도날로 약 1×1×4 mm의 크기로 자른 후 0.1 M phosphate-5% glutaraldehyde buffer (pH 7.4)로 3시간 고정시켰다. 고정된 각 시료들은 여러 농도(50, 60, 70, 80, 90, 95 및 100%)의 ethanol로 탈수하고 t-butyl

Table 1. Conditions of DSC for conformation profile of mackerel surimi prepared with additives

Instrument	Dupont 2,200
Cell type	Closed cell
Heating rate	5°C/min
Scanning temperature	30~90°C
Sensitivity	0.4 mcal/sec
Weight of sample	40±3 mg

alcohol로 치환한 후 동결건조시켰다. 동결건조한 시료는 ion coating 장치를 이용하여 금으로 coating한 후 SEM (JEOL, LV-5,400, Japan)으로써 가속전압 15 kV 하에서 10,000배로 확대하여 그 형태를 관찰하였다.

결과 및 고찰

첨가물이 고등어 surimi의 열특성에 미치는 효과

560 mmHg의 감압 하에서 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi의 NaCl 첨가 농도(0~3%)에 따른 단백질의 열전이 효과를 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 NaCl을 첨가하지 않은 대조구의 열전이 온도는 40, 52, 67 및 79°C이었으나 NaCl 3% 첨가했을 경우는 37, 46, 57 및 76°C로써 대조구 보다 열전이 온도가 낮아졌다. 이는 NaCl을 첨가함으로써 어육단백질이 보다 낮은 온도에서 변성된다는 것을 알 수 있으며 이는 또한 어육 단백질의 열안정성이 떨어진다는 것을 의미한다. 전반적으로 NaCl의 첨가 농도가 높을수록 단백질의 열전이 온도가 떨어지는 경향을 나타내었다.

Jung 등⁽¹⁴⁾은, 명태 surimi의 단백질 변성에 의한 열전이 온도가 NaCl을 첨가하기 전에는 38, 49, 55 및 77°C이었으나 NaCl 3%를 첨가한 후에는 35, 45, 50 및 73°C로 감소되었다고 하였으며 실험결과에서 나타난 4개의 peak는 각각 생화학적 활성의 상실을 일으키는 변성(38°C), myosin 두부(頭部)의 열응집반응(49°C), myosin 미부(尾部)의 2차 구조 변화(55°C) 및 actin의 변성(77°C)에 기인한 것이라고 추정하였다.

한편 Wu 등⁽²⁰⁾은 민어 surimi를 DSC로 열분석한 결

과 43, 54 및 71°C의 열전이 온도를 나타내었으며 첫 번째와 두 번째 peak는 myosin의 변성에 의한 것이고 세 번째 peak는 actin의 변성에 의한 것이라고 추정하였다. 또한 Stabursvik 등⁽²¹⁾은 돼지고기 근원섬유 조직의 myosin 변성에 관한 연구에서 DSC thermogram 분석결과 역시 3개의 peak가 나타났는데 여기서 첫 번째 및 두 번째 peak는 myosin의 변성에 의한 것이고 세 번째 peak는 actin의 변성에 의한 것이라고 보고하였다.

본 실험의 고등어 surimi thermogram 분석결과 4개의 peak가 나타났는데 이는 Jung 등⁽¹⁴⁾의 명태 surimi에서 나타난 4개의 peak와 그 특성이 유사한 것으로 추정된다.

Fig. 2는 본 실험의 단백질 첨가물로서 사용된 난백 및 대두단백의 DSC thermogram을 나타낸 것이다. 이들의 열전이 온도를 보면 난백 및 대두단백에서 각각 77°C 및 78°C로써 대두단백질의 열안정성이 난백 보다 다소 높은 것으로 나타났다.

Fig. 3은 본 실험의 전분류 첨가물로서 사용된 옥수수전분 및 Read Amity-N에 식염을 첨가한 것과 첨가하지 않은 것에 대한 DSC thermogram을 나타낸 것이다. 전분의 호화온도를 보면 30% 옥수수전분 및 Read Amity-N에서 각각 63°C 및 61°C이었으며 식염을 3% 첨가하였을 경우 각각 66°C 및 64°C로 호화온도가 양 시료 모두 증가하였다. 이는 전분에 첨가된 식염이 전분입자들의 팽윤을 촉진 또는 지연시킴으로써 결국 전분의 호화온도에 영향을 미치게 되기 때문이라고 추정된다.

Fig. 4는 난백, 대두단백, Read Amity-N 및 옥수수전

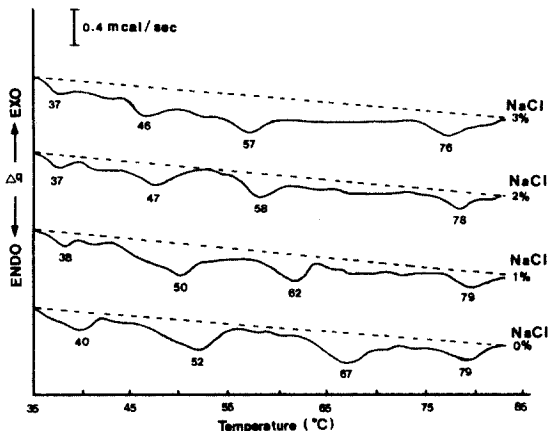


Fig. 1. DSC thermograms of mackerel surimi showing effect of salt addition.

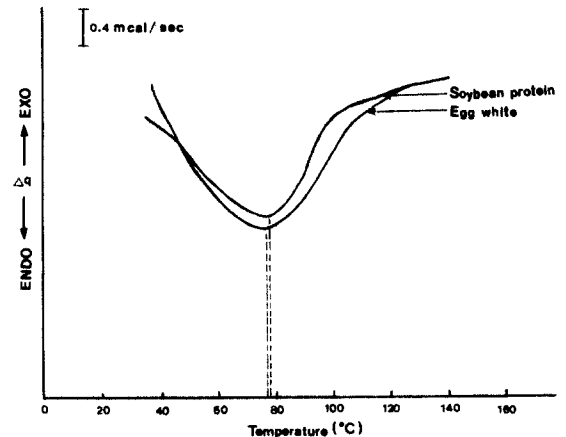


Fig. 2. DSC thermograms of egg white and soybean protein.

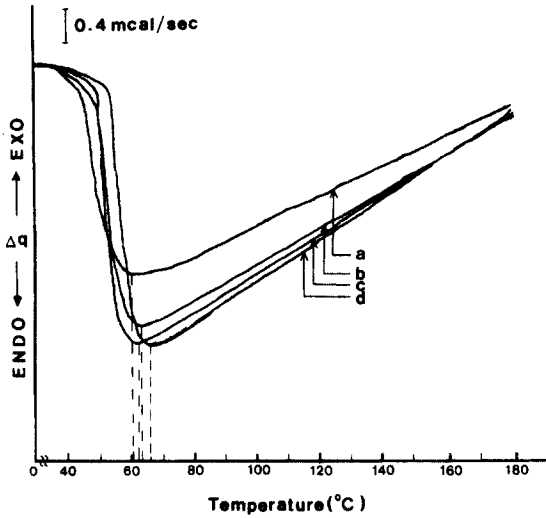


Fig. 3. DSC thermograms of 30% (W/V) corn starch and 30% Read Amity-N showing effect of salt addition. a: 30% Read Amity-N, b: 30% Read Amity-N+3% NaCl, c: 30% corn starch, d: 30% corn starch+3% NaCl.

분 등 4종 첨가물들이 각각 고등어 surimi 단백질의 열전이 특성에 미치는 효과를 알아 보기 위하여 surimi에 NaCl 3%를 첨가한 후 여기에 4종의 첨가물들을 각각 3% 씩 첨가하여 만든 surimi의 DSC thermogram을 나타낸 것이다. Fig. 4에 나타낸 바와 같이 열전이 온도를 보면 난백 첨가 시 (A)는 40, 55, 67 및 77°C이었으며 대두단백 첨가 시 (B)는 38, 50, 62 및 78°C로써 대조구(37, 46, 57 및 76°C)에서 보다 다소 높게 나타

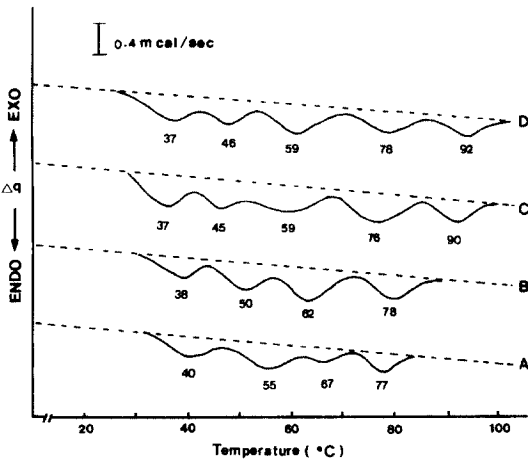


Fig. 4. DSC thermograms of mackerel surimi prepared with additives showing effect of various additives with 3% of NaCl mixtures. A: 3% egg white mixtures, B: 3% soybean protein mixtures, C: 3% Read Amity-B mixtures, D: 3% corn starch mixtures.

났다. 이는 단백질 첨가물을 첨가함으로써 surimi 단백질의 열안정성이 높아진다는 것을 의미한다.

전분류로서 Read Amity-N을 첨가했을 때는 전이온도가 37, 45, 59, 76 및 90°C이었고 옥수수전분 첨가 시는 37, 46, 59, 78 및 92°C로써 양시료에서 모두 다섯 번째에 새로운 peak가 하나 씩 더 나타났다. Read Amity-N 및 옥수수전분 첨가구에서 보면 각각 90°C 및 92°C에서 새로운 다섯 번째의 peak가 나타났는데, 양 시료에서 각각 첫 번째에서부터 네 번째까지의 4개 peak의 열전이 온도의 경우 전분을 첨가하지 않은 대조구의 것과 각각 거의 유사한 점으로 미루어 보아 이 다섯 번째의 peak는 양 시료 모두 첨가한 전분류에 의해서 각각 새롭게 나타난 것이라고 추정되며 또한 이는 전분-단백질 혼합계에서 전분의 호화가 각각 독립적으로 일어난다는 것을 알 수 있다.

Wu 등⁽¹⁵⁾도 전분 및 어육단백질 혼합계에서의 열전이는 각각 독립적으로 진행된다고 하였으며 NaCl의 첨가는 단백질의 열전이 온도를 낮추는데 기여하는 반면 전분의 호화온도를 높이는 데 관여한다고 하였다.

첨가물이 surimi gel의 gel강도에 미치는 효과

감압 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi에 부원료로서 난백, 대두단백, Read Amity-N 및 옥수수전분 등 4종의 첨가물을 각각 3% 씩 첨가하여 만든 setting gel 및 cooked gel의 gel 강도를 측정하여 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5에 나타낸 바와 같이 cooked gel의 경우를 보면 gel강도 증진효과가 가장 양호한 것은 난백

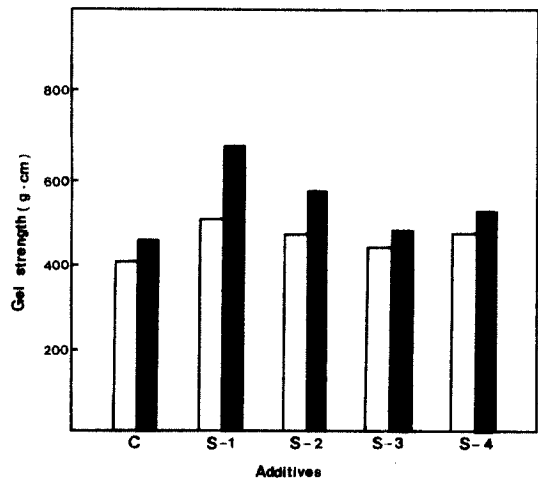


Fig. 5. Gel strength of mackerel surimi cooked gels prepared with 3% of additives. □: setting gel, ■: cooked gel, C: control, S-1: egg white, S-2: soybean protein, S-3: corn starch, S-4: Read Amity-N.

3% 첨가 시 gel강도 690 g·cm (대조구, 455 g·cm)로써 51.6%의 증진효과가 있었으며 그 다음 대두단백 첨가구, Read Amity-N 첨가구 및 옥수수전분 첨가구의 순이었다. 전반적으로 cooked gel의 gel강도가 setting gel에서 보다 높았으며 첨가물에 따른 gel강도 증진효과 순서는 setting gel 및 cooked gel 양 시료에서 동일하게 나타났다.

Park⁽¹²⁾은 단백질 첨가물이 명태 surimi 기능성에 미치는 영향에 관한 연구에서 건조 난백을 3% 첨가하면 surimi gel의 경도를 30% 증진시킬 수 있다고 하였으며 Wu 등⁽¹⁵⁾은 전분 첨가물의 surimi gel강도 증진효과는 surimi에 첨가된 전분이 호화가 될 때 나타난다고 하였다. 본 실험에서 전분류인 Read Amity-N 3%를

첨가했을 때 cooked gel의 gel강도가 530 g·cm로써 대조구 (455 g·m) 보다 16.5% 증진되었다.

첨가물이 surimi gel 조직에 미치는 효과

감압 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi에 난백, 대두단백, Read Amity-N 및 옥수수전분 등 4종 첨가물을 각각 첨가하여 만든 고등어 surimi cooked gel의 구조를 주사 전자현미경으로써 관찰하여 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 난백 첨가구 (B), 대두단백 첨가구 (C), 옥수수전분 첨가구 (D) 및 Read Amity-N (E)는 대조구 (A) 보다 조직이 다소 치밀하고 균일한 스폰지상을 나타내고 있다.

Miyake 등⁽¹⁷⁾에 의하면, surimi cooked gel은 어육의

Fig. 6. Scanning electron micrographs (X 10,000) of mackerel surimi cooked gels prepared with additives, heated at 90°C for 25 minutes. A: standard, B: egg white, C: soybean protein, E: Read Amity-N.

actin 및 myosin filament의 결합으로부터 형성되는 망상구조를 갖는다고 하였고 Chen과 Lee⁽²²⁾는 SEM에 의해서 surimi gel 구조를 관찰한 결과, 연약한 gel 보다는 탄력이 있는 gel이 그 구조가 더욱 조밀하고 균일하며, surimi gel의 구조와 탄력과는 상호 관계가 있다고 하였다.

요 약

양질의 고등어 surimi gel을 산업체에서 효율적으로 생산하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 실제 제작한 감압수세장치를 이용하여 560 mmHg의 감압 하에서 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi에 난백, 대두단백, 옥수수전분 및 Read Amity-N 등 4종의 첨가물을 각각 첨가, 혼합한 후 이들 첨가물이 surimi의 열특성, gel강도 및 gel 조직에 미치는 효과를 검토한 결과, DSC에 의한 고등어 surimi 단백질의 열전이 온도는 각각 40, 52, 67 및 79°C이었고 NaCl 3% 첨가 시는 37, 46, 57°C 및 76°C로써 열전이 온도가 낮아졌으며, 난백, 대두단백, Read Amity-N 및 옥수수전분 등 4종 첨가물의 열전이 온도는 각각 77, 78, 61 및 63°C이었다. NaCl 3% 및 Read Amity-N와 옥수수전분을 각각 3% 첨가 시는 각각 90 및 92°C에서 새로운 peak가 나타났으며 이는 NaCl 첨가로 인하여 첨가한 전분의 호화온도가 이동함을 알 수 있었다. 4종 첨가물의 종류에 따른 surimi cooked gel의 gel강도 증진효과는 난백 첨가구에서 gel강도 690 g·cm로써 가장 높아 대조구(455 g·cm) 보다 51.6% 증진되었으며 그 다음 대두단백, Read Amity-N 및 옥수수전분의 순이었다. SEM에 의한 cooked gel의 관찰 결과 첨가물을 첨가한 것들(첨가구들)은 첨가하지 않은 것(대조구) 보다 더욱 조밀한 스폰지상의 구조를 나타내었다.

문 헌

1. 太田冬雄 : 水産加工技術, 恒星社厚生閣, p.136-142 (1980)
2. Yoon, K.S. and Lee, C.M.: Effect of powdered cellulose on the texture and freeze-thaw stability of surimi-based shellfish analog products. *J. Food Sci.*, **55**, 87-91 (1990)
3. Lee, C.M. and Chung, K.H.: The role of hydrodynamic properties of biopolymers in texture-strengthening/modification and freeze-thaw stabilizing of surimi gel. In *Advances in fisheries technology and biotechnology for increased profitability*, Technomic publishing Co., p.397-412 (1990)
4. Chung, K.H. and Lee, C.M.: Relationship between physicochemical properties of nonfish protein and textural properties of protein-incorporated surimi gel. *J. Food Sci.*

- 55**, 972-975 (1990)
5. Yoo, B. and Lee, C.M.: Rheological relationships between surimi sol and gel as affected by ingredients. *J. Food Sci.*, **58**, 880-883 (1993)
6. Chung, K.H. and Lee, C.M.: Evaluation of wheat gluten and modified starches for their texture-modifying and freeze-thaw stabilizing effects on surimi based-products. *J. Food Sci. Nutr.*, **1**, 190-195 (1996)
7. Hamada, M. and Inamasu, Y.: Influences of temperature and starch on the viscoelasticity of kamaboko. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 537-540 (1984)
8. Yamashita, T. and Seki, N.: Effects of the addition of soybean and wheat proteins on setting of walleye pollack surimi paste (in Japanese). *Nip. Sui. Gak.*, **62**, 806-812 (1996)
9. Seymour, T.A., Peters, M.Y., Morrissey, M.T. and An, W.J.: Surimi gel enhancement by bovine plasma proteins. *J. Agric. Food Chem.*, **45**, 2919-2923 (1997)
10. Konoo, S., Ogawa, H. and Iso, N.: Effects of addition of amylose and amylopectin on the breaking strength of fish meat gel (in Japanese). *Nip. Sui. Gak.*, **64**, 69-75 (1998)
11. Fukao, T., Ohyabu, S., Sawada, H. and Ohta, Y.: Effects of addition of powdered protein to kamaboko on growth of *Pseudomonas fluorescens*. *Fisheries Science*, **64**, 57-61 (1998)
12. Park, J.W.: Functional protein additives in surimi gels. *J. Food Sci.*, **59**, 525-527 (1994)
13. Park, J.W. and Lanier, T.C.: Effects of salts and sucrose addition on thermal denaturation and aggregation of water-leached fish muscle. *J. Food Biochem.*, **14**, 395-404 (1990)
14. Jung, W.J., Park, S.M., Lee, K.H. and Lee, K.T.: Thermally induced gelation of Alaska pollack meat paste 1. Effects of NaCl and starch on the thermal properties of Alaska pollack meat paste (in Korean). *Bull. Korean Fish. Soc.*, **26**, 21-25 (1993)
15. Wu, M.C., Lanier, T.C. and Hamann D.D.: Thermal transitions of admixed starch/fish protein systems during heating. *J. Food Sci.*, **50**, 20-25 (1985)
16. Makinodan, Y., Nakagawa, T., Ando, M. and Matsuno, S.: Reinforcement of ashi (elasticity) of low salt kamaboko by setting and observation of kamaboko-structure by electron microscope (in Japanese). *Nip. Sui. Gak.*, **62**, 54-658 (1996)
17. Miyake, M., Hayashi, K., Tanaka, A. and Niwa, E.: Studies on fish meat jellies (kamaboko)-X. Electron microscopic observations on dispersion of myofibrils in kamaboko (in Japanese). *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **37**, 534-539 (1971)
18. Sato, S., Tsuchiya, T. and Matsumoto, J.J.: Electron microscopic study of fine structures of kamaboko fish jellies (in Japanese). *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 1869-1876 (1984)
19. Matsuura, M. and Arai, K.: Effects of pH on filament-forming ability and biochemical activity of fish myosins (in Japanese). *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **52**, 1675-1663 (1986)
20. Wu, M.C., Akane, T., Lanier, T.C. and Hamann, D.D.:

- Thermal transitions of actomyosin and surimi prepared from Atlantic croaker as studied by DSC. *J. Food Sci.*, **50**, 10-13 (1985)
21. Stabursvik, E., Fretheim, K. and Froystein, T.: Myosin denaturation in pale, soft, and exudative (PSE) porcine muscle tissue as studied by differential scanning calorimetry. *J. Sci. Food Agric.*, **35**, 240-244 (1984)
22. Chen, H.H. and Lee, Y.C.: Effects of water content and chopping method on the physical properties of surimi and kamaboko. *Fisheries Science*, **63**, 755-761 (1997)
-

(1998년 8월 6일 접수)