

## Setting 조건이 감압 알칼리수세하여 제조한 고등어 냉동 Surimi의 Gel화 특성에 미치는 영향

박형선 · 박상우 · 양승택  
경성대학교 식품공학과

### Effects of Setting on the Gelation Characteristics of Frozen 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, Kyungsung University

#### Abstract

In this study, an attempt was made to obtain the optimum setting condition of frozen mackerel surimi prepared from alkaline washing under atmospheric, 660 and 560 mmHg pressure. Mackerel surimi were incubated at 15, 25, 35 and 45°C for 2, 4, 6, 8 and 10 hr, respectively, followed by heating at 90°C for 25 min to be cooked gel. The qualities of surimi gels were examined by analyzing the transglutaminase (TGase) activity, gel strength and scanning electron microscopy (SEM). For the preparation of mackerel surimi gel, optimum condition of setting was incubation at 35°C for 6 hr.

Key words: frozen mackerel surimi, optimum setting condition, transglutaminase activity, scanning electron microscopy

#### 서 론

어육 surimi gel의 품질은 어종, 원료의 선도, 수세조건, setting 조건, 부원료의 첨가, surimi의 식염농도 및 pH, 가열조건 등에 따라서 영향을 미친다<sup>(1)</sup>. 성형을 필요로 하는 surimi 제품은 setting에 의해 크게 영향을 받으므로 setting을 조절하는 것은 품질 관리상 대단히 중요하며<sup>(2)</sup> setting 과정을 거친으로써 보다 양호한 탄력과 보수력을 갖는 surimi gel을 만들 수 있다<sup>(3)</sup>. 어육 surimi의 setting 특성은 어종에 따라 차이가 크며<sup>(4)</sup> setting의 요인은 단백질 분자간 소수결합의 증대<sup>(5)</sup>, 단백질 분자간의 disulfide 결합<sup>(6)</sup>, 미오신 중쇄의 교차결합<sup>(7,8)</sup>, transglutaminase가 촉매하는 미오신 분자간의 isopeptide 결합에 의한 가교<sup>(9)</sup>, 폴리펩티드 사슬의 응집<sup>(10,11)</sup> 등에 의한 것이라고 보고되어 있다.

Numakura 등<sup>(12)</sup>은 명태 surimi의 setting 현상은 미오신 중쇄의 온도의존성 교차결합반응이라 하였으며 Katoh 등<sup>(13)</sup>은 명태 surimi의 gel화는 온도 및 시간의 존

성 반응이라 하였다.

Wu 등<sup>(14)</sup>은 저온 및 고온 setting 과정 중에 일어나는 어육 단백질의 변화가 서로 다르다고 하였으며 Niwa 등<sup>(15)</sup>은 명태 surimi의 경우 0~20°C의 저온 setting이 20~40°C의 고온 setting 보다 반드시 품질이 양호하다고는 할 수 없다고 하였다.

Lanier 등<sup>(16)</sup>은 초기 surimi를 90°C로 가열하기 전에 40°C에서 setting 함으로써 가열 gel의 견고성과 응집성이 증대된다고 하였으며 Makinodan 등<sup>(17)</sup>도 초기 surimi의 가열 gel은 40°C에서 30분간 setting 함으로써 탄력을 크게 향상시킬 수 있다고 하였다.

Chen<sup>(18)</sup>은 점무늬 상어 surimi를 30~90°C에서 20분간 setting한 결과, surimi gel의 견고성은 setting 온도의 상승과 더불어 증가하였으며 특히, 50°C 이상에서 setting한 것이 양호하다고 하였다. 한편 Shimizu 등<sup>(19)</sup>은 상어의 경우 setting하기가 어렵고 또한 되풀림하기도 어려운 어종이라 하였다. Tsukamasa와 Shimizu<sup>(20)</sup>는 상압수세하여 제조한 정어리 및 고등어 surimi의 setting 특성에 관한 연구에서 정어리육은 20°C에서 20분간 방치하면 쉽게 setting이 일어나지만 고등어육의 경우는 30°C에서 120분간 가열하여도 gel화 하지

않는다고 하였다.

본 연구에서는 양질의 고등어 냉동 surimi를 산업체에서 대량 생산하기 위한 기초자료를 얻을 목적으로 설계·제작한 감압수세장치를 이용하여 상압과, 660 및 560 mmHg의 감압 하에서 각각 알칼리수세하여 제조한 고등어 냉동 surimi의 최적 setting조건을 찾기 위하여 setting온도 및 시간을 여러 가지로 각각 달리 하여 surimi gel을 제조하고 품질을 측정함으로써 가장 적합한 setting온도 및 시간을 구하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

원료어는 어획 후 즉시 빙장하여 24시간이 경과되지 않은 체장  $24.9 \pm 1.0$  cm, 체중  $289.4 \pm 33.5$  g의 고등어를 사용하였다.

### 수세방법

채육한 고등어육 50 kg과 육량에 대하여 6배량의 냉수를 넣어 잘 교반한 후 제작한 감압수세장치에 넣고 여기에 NaHCO<sub>3</sub> 0.2%, 식염 0.15%를 넣은 후 각각 상압과, 660 및 560 mmHg의 감압 하에서 각각 4분간 교반하고 10분간 방치한 후 상층의 물은 버리고 다시 육량에 대하여 6배량의 냉수를 넣어 잘 교반한 후 10분간 방치하는 조작을 5회 반복 실시한 후 원심탈수기( $1,200 \times g$ )로 탈수하였다.

### 냉동 surimi의 제조

상압과, 660 및 560 mmHg의 감압 하에서 각각 5회 수세한 후 탈수한 육에 대하여 각각 설탕(백설피설탕, 제일제당) 4%, 솔비톨 4% 및 중합인산염 0.2%를 각각 첨가한 다음 silent cutter로 혼합마쇄하여 surimi를 제조하고 -30°C에서 냉동 보관하면서 실험에 사용하였다.

### Setting gel 및 cooked gel의 제조

제조한 냉동 surimi를 5°C에서 자연해동시킨 후 소형 silent cutter (Hobart Model-8186, U.S.A)로 약 1분간 절단하고 여기에 surimi 중량에 대하여 식염 3%를 첨가한 후 품온이 약 8°C 정도 되도록 15분간 고기갈이하였다. 이것을 P.V.D.C. 필름(dia, 55 mm)에 충전한 후 setting 온도를 각각 15, 25, 35 및 45°C로, 그리고 setting 시간을 각각 2, 4, 6, 8 및 10시간으로 하여 각각 setting하고 setting gel을 각각 제조하였으며 이것을 각각 90°C에서 25분간 가열하여 cooked gel을 제조하였다.

### Transglutaminase (TGase) 활성의 측정

고등어 surimi gel의 TGase 활성은 Kishi 등<sup>(2)</sup>의 방법에 따라 측정하였다. 즉 surimi의 setting gel 150 mg을 SDS-urea 용액 3.0 mL, 2% SDS, 2% 2-mercaptopethanol, 8 M urea 및 20 mM Tris-HCl (pH 8.0)로 용해시킨 후 40% TCA 용액 1 mL를 가하여  $2,500 \times g$ 에서 10분간 원심분리하는 조작을 4회 반복하고 여기에 ethanol:ether (1:1) 용액 4 mL로 유리된 monodansyl cadaverine (MDC)을 제거한 후 40°C에서 16시간 건조하였으며, 이것을 SDS-urea 용액으로 용해시킨 후 형광분광광도계(Hitachi F 2,000, Japan)로 MDC의 농도를 측정하였다.

### Gel강도의 측정

고등어 냉동 surimi로 제조한 setting gel과 cooked gel의 gel강도는 rheometer (Sun Model No. CR-200D, 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.

### 전자현미경에 의한 gel 조직의 관찰

전자현미경 사진촬영은 고등어 surimi를 35°C에서 각각 4, 6, 8 및 10시간 setting하여 제조한 setting gel을 각각 면도날로 약  $1 \times 1 \times 4$  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 에탄올로 탈수하고 t-butyl alcohol로 치환한 후 동결건조시켰다. 동결건조한 시료는 ion coating 장치를 이용하여 금으로 coating 한 후 scanning electron microscope (SEM, JEOL LV-5, 400, Japan)로써 15 kV 하에서 10,000배로 확대하여 그 형태를 관찰하였다.

## 결과 및 고찰

Table 1은 setting온도 및 시간이 상압 하에서 알칼리수세하여 제조한 고등어 surimi setting gel의 transglutaminase (TGase) 활성에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 전체적으로 보아 setting온도가 15, 20 및 35°C로 증가함에 따라 전체의 setting시간을 통하여 TGase 활성이 점차 증가하는 경향이었으나 45°C setting 시에는 전체적으로 활성이 가장 낮은 것으로 나타났다.

Setting온도를 35°C로, 그리고 setting시간을 6시간으로 했을 때 TGase 활성이 3.553 nmol/mg으로써 가

**Table 1. Effects of setting temperature and time on the transglutaminase activity of mackerel surimi setting gel prepared by alkaline washing under atmospheric pressure (nmol/mg)**

Setting time (hr)	Setting temperature (°C)			
	15	25	35	45
2	2.517	2.253	3.253	1.593
4	2.915	2.765	3.265	1.607
6	3.346	3.369	3.553	1.452
8	3.242	3.367	3.426	1.436
10	3.165	3.082	3.396	1.419

장 높은 것으로 나타났다.

Table 2는 setting온도 및 시간이 660 mmHg의 감압 하에서 알칼리수세하여 제조한 고등어 surimi setting gel의 TGase활성에 미치는 영향을 나타낸 것이다. TGase활성은 setting온도 및 시간이 각각 35°C 및 6시간에서 3.623 nmol/mg으로써 가장 높게 나타났다. 전체적으로 보아 setting온도 및 시간이 각각 35°C 및 6시간까지는 점차 증가하다가 그 후 점차 감소하는 경향이었다.

Table 3은 560 mmHg의 감압 하에서 알칼리수세하여 제조한 고등어 surimi gel의 TGase활성에 미치는 setting온도 및 시간의 영향을 나타낸 것이다. TGase활성은 35°C에서 6시간 setting 시 3.932 nmol/mg으로써

**Table 2. Effects of setting temperature and time on the transglutaminase activity of mackerel surimi setting gel prepared by alkaline washing under 660 mmHg pressure (nmol/mg)**

Setting time (hr)	Setting temperature (°C)			
	15	25	35	45
2	2.623	2.362	3.421	1.512
4	3.064	2.819	3.418	1.493
6	3.411	3.463	3.623	1.482
8	3.402	3.415	3.517	1.461
10	2.685	3.416	3.416	1.421

**Table 3. Effects of setting temperature and time on the transglutaminase activity of mackerel surimi setting gel prepared by alkaline washing under 560 mmHg pressure (nmol/mg)**

Setting time (hr)	Setting temperature (°C)			
	15	25	35	45
2	2.543	2.655	3.828	1.399
4	2.990	2.726	3.824	1.684
6	3.530	3.531	3.932	1.517
8	3.455	3.455	3.844	1.470
10	2.527	3.227	3.820	1.419

전체의 setting온도 및 시간 중 각각 가장 높았으며, 수세압력에 따른 TGase활성의 크기는 560 mmHg > 660 mmHg > 560 mmHg의 순이었다.

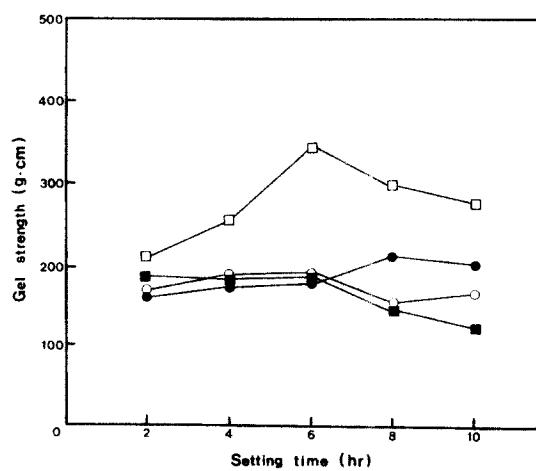
Tsukamasa와 Shimizu<sup>(20)</sup>는 정어리 및 고등어의 setting특성에 관한 연구에서 setting현상에는 TGase가 관여한다고 하였으며 명태의 setting유발인자로서 알려진 TGase를 활성화하는데는 Ca<sup>2+</sup>을 필요로 하나 고등어의 setting 및 고온에서의 gel화에는 Ca<sup>2+</sup>이 전혀 관여하지 않는다고 하였다.

Fig. 1은 setting온도 및 시간이 상압 하에서 알칼리수세하여 제조한 고등어 surimi setting gel의 gel강도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 전체적으로 보아 gel강도는 35°C에서, 6시간 setting했을 경우 345 g·cm로써 가장 양호하였다.

Fig. 2는 setting온도 및 시간이 660 mmHg의 감압 하에서 알칼리수세하여 제조한 고등어 surimi setting gel의 gel강도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 35°C에서 6시간 setting한 것이 gel강도 365 g·cm로써 가장 높게 나타났다.

Fig. 3은 setting온도 및 시간이 560 mmHg의 감압 하에서 알칼리수세하여 제조한 고등어 surimi setting gel의 gel강도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 역시 35°C에서 6시간 setting한 것이 gel강도 420 g·cm로써 가장 양호하였으며 전체의 수세압력 중 560 mmHg에서 수세한 것이 가장 높은 것으로 나타났다.

Fig. 4는 상압 하에서 알칼리수세하고 setting온도 및 시간에 따라 제조한 setting gel을 90°C에서 25분간 가



**Fig. 1. Effects of setting temperature and time on the gel strength of mackerel surimi setting gel prepared by alkaline washing under atmospheric pressure.** ○—○: 15°C, ●—●: 25°C, □—□: 35°C, ■—■: 45°C

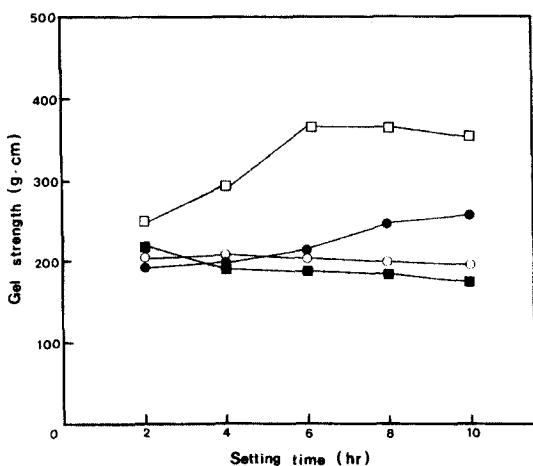


Fig. 2. Effects of setting temperature and time on the gel strength of mackerel surimi setting gel prepared by alkaline washing under 660 mmHg pressure. ○—○: 15°C, ●—●: 25°C, □—□: 35°C, ■—■: 45°C

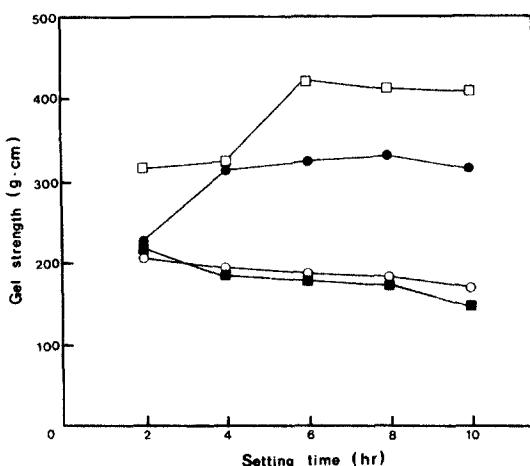


Fig. 3. Effects of setting temperature and time on the gel strength of mackerel surimi setting gel prepared by alkaline washing under 560 mmHg pressure. ○—○: 15°C, ●—●: 25°C, □—□: 35°C, ■—■: 45°C

열하여 만든 고등어 surimi gel의 gel강도에 미치는 setting온도 및 시간의 영향을 나타낸 것이다. 35°C에서 6시간 setting한 것이 gel강도 415 g·cm로써 가장 양호하였다.

Fig. 5는 660 mmHg의 감압하에서 알칼리수세하고 setting온도 및 시간에 따라 제조한 setting gel을 90°C에서 25분간 가열하여 만든 고등어 surimi gel의 gel강도에 미치는 setting온도 및 시간의 영향을 나타낸 것이다. Gel강도는 전체적으로 setting온도가 35°C일 때 가장 높았으며 6시간 setting 시 440 g·cm으로써 가장

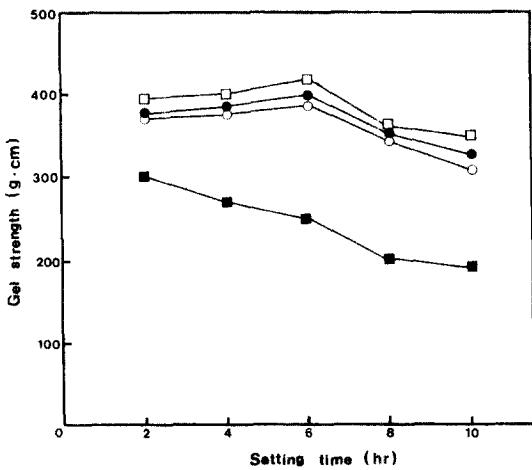


Fig. 4. Effects of setting temperature and time on the gel strength of mackerel surimi cooked gel heated at 90°C for 25 min, prepared by alkaline washing under atmospheric pressure. ○—○: 15°C, ●—●: 25°C, □—□: 35°C, ■—■: 45°C

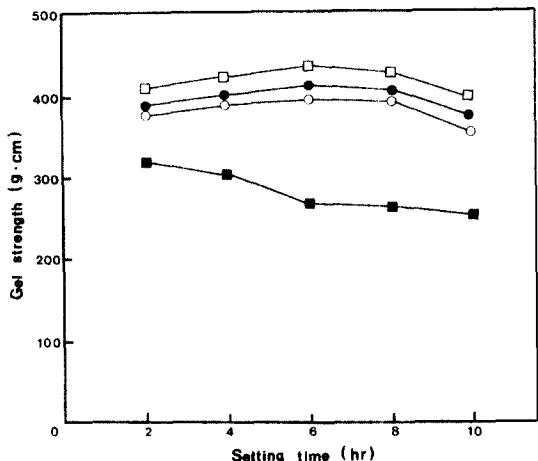
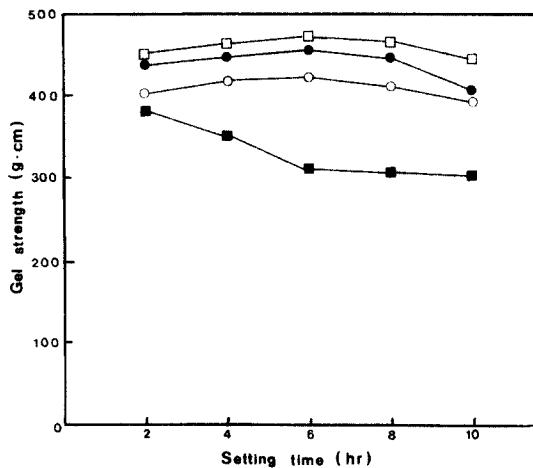


Fig. 5. Effects of setting temperature and time on the gel strength of mackerel surimi cooked gel heated at 90°C for 25 min, prepared by alkaline washing under 660 mmHg pressure. ○—○: 15°C, ●—●: 25°C, □—□: 35°C, ■—■: 45°C

양호하였다.

Fig. 6은 560 mmHg의 감압 하에서 알칼리수세하여 setting온도 및 시간에 따라 제조한 setting gel을 90°C에서 25분간 가열하여 만든 고등어 surimi gel의 gel강도에 미치는 setting온도 및 시간의 영향을 나타낸 것이다. 35°C에서 6시간 setting하였을 때 gel강도가 475 g·cm로써 가장 양호하였다.

Numakura 등<sup>(12)</sup>은 setting온도 10~90°C에서 명태 surimi의 gel강도와 미오신중쇄의 변화를 조사한 결과,



**Fig. 6. Effects of setting temperature and time on the gel strength of mackerel surimi cooked gel heated at 90°C for 25 min, prepared by alkaline washing under 560 mmHg pressure.** ○—○: 15°C, ●—●: 25°C, □—□: 35°C, ■—■: 45°C

30°C 이하에서는 setting시간의 경과에 따라 gel강도가 증가하였으나 40°C 이상에서는 점차 감소한다고 하였다. 또한 Numakura 등<sup>(22)</sup>은 가열하지 않은 명태 surimi

는 setting 시 고도로 교차결합된 미오신중쇄를 형성함으로써 탄력이 양호한 gel을 형성하나 가열하여 변성된 surimi는 탄력이 없는 gel을 형성하며 미오신중쇄의 변화도 없었다고 하였다.

Katoh 등<sup>(13)</sup>은 명태 surimi의 gel화 현상은 온도 및 시간의존성 반응이라 하였고 Lanier 등<sup>(16)</sup>은 조기 surimi를 40°C에서 setting함으로써 견고성과 응집성을 증대시킬 수 있었다고 하였으며 Makinodan 등<sup>(17)</sup>은 조기 surimi cooked gel의 탄력은 surimi를 40°C에서 30분간 setting 함으로써 높일 수 있었다고 하였다.

Chen<sup>(18)</sup>은 점무늬 상어 surimi를 setting온도 30~90°C 범위에서 20분간 setting한 결과, 50°C 이상의 setting 온도에서 높은 물성치를 나타내었다고 하였으며, 또한 Chen과 Lee<sup>(23)</sup>는 점무늬 상어 surimi의 경우 수분함량 증가에 따라 surimi cooked gel의 gel강도가 감소하며 전자현미경에 의한 조직의 관찰결과, 수분함량이 낮을수록 surimi gel의 조직이 보다 조밀한 구조를 나타내었다고 하였다.

Fig. 7은 setting온도 35°C에서 setting시간을 4, 6, 8 및 10시간으로 각각 달리하여 제조한 고등어 surimi setting gel의 조직을 전자현미경으로써 10,000배로 확

**Fig. 7. Scanning electron micrographs ( $\times 10,000$ ) of mackerel surimi setting gels incubated at 35°C. A: mackerel surimi setting gel incubated for 4 hr, B: mackerel surimi setting gel incubated for 6 hr, C: mackerel surimi setting gel incubated for 8 hr, D: mackerel surimi setting gel incubated for 10 hr.**

대하여 관찰한 것이다. 전체 중에서 6시간 setting한 것(B)이 조직이 비교적 고르게 분포되어 가장 양호한 것으로 나타났다.

## 요 약

양질의 고등어 냉동 surimi를 대량으로 생산하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 상압과, 660 및 560 mmHg의 감압 하에서 알칼리수세한 육을 가지고 setting온도 및 시간을 각각 달리 하여 surimi setting gel 및 cooked gel을 제조하고 setting조건이 surimi의 gel화 특성에 미치는 영향을 검토한 결과, 고등어 surimi gel 제조를 위한 가장 적합한 setting온도는 35°C이었으며 setting시간은 6시간이었다. Transglutaminase 활성은 560 mmHg의 감압 하에서 수세하고 35°C에서 6시간 setting하여 제조한 setting gel에서 3.932 nmol/mg으로써 전체 중 가장 높았으며 전자현미경사진에 의한 setting gel 조직의 관찰결과, 역시 560 mmHg의 감압 하에서 수세하고 35°C에서 6시간 setting한 것이 가장 양호한 것으로 나타났다.

## 문 헌

- 志水寛:魚肉ねり製品 - 研究と技術, 水産學シリーズ50, 恒星社厚生閣, 東京, p. 9-24 (1984)
- Araki, H. and Seki, N.: Comparison of reactivity of transglutaminase to various fish actomyosin (in Japanese). *Nip. Sui. Gak.*, **59**, 711-716 (1993)
- Akahane, Y. and Shimizu, Y.: Effects of setting incubation on the water holding capacity of salt ground fish meat and its heated gel. *Nip. Sui. Gak.*, **56**, 139-146 (1990)
- Shimizu, Y., Machida, R. and Takenami, S.: Species variations in the gel forming characteristics of fish meat paste (in Japanese). *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **47**, 95-104 (1981)
- Niwa, E.: Role of hydrophobic bonding in gelation of fish meat paste (in Japanese). *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **41**, 907-910 (1975)
- Itoh, Y., Yoshinaka, R. and Ikeda, S.: Changes to higher molecular weight of protein molecules during the gel formation of carp actomyosin by heating and participation of SH groups in these changes (in Japanese). *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **46**, 617-620 (1980)
- Numakura, T., Seki, N., Kimura, I., Toyoda, K., Fujita, T., Takama, K. and Arai, K.: Cross linking reaction of myosin in the fish paste during setting (Suwari) (in Japanese). *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **51**, 1559-1565 (1985)
- Nishimoto, S., Hashimoto, A., Seki, N., Kimura, I., Toyoda, K., Fujita, T. and Arai, K.: Influencing factors on changes in myosin heavy chain and jelly strength of salted meat paste from Alaska pollack during setting (in Japanese). *Nip. Sui. Gak.*, **53**, 2011-2020 (1987)
- Seki, N., Unoh, H., Lee, N.H., Kimura, I., Toyoda, K., Fujita, T. and Arai, K.: Transglutaminase activity in Alaska pollack muscle and surimi, and its reaction with myosin B. *Nip. Sui. Gak.*, **56**, 125-132 (1990)
- Niwa, E. and Miyake, M.: Behavior of polypeptide chains of proteins during setting of fish meat paste. *Nip. Sui. Gak.*, **37**, 877-883 (1971)
- Niwa, E. and Miyake, M.: Reactives of side groups of polypeptide chains during setting of fish meat paste. *Nip. Sui. Gak.*, **37**, 884-890 (1971)
- Numakura, T., Kimura, I., Toyoda, K. and Fujita, T.: Temperature dependent changes in gel strength and myosin heavy chain of salt ground meat from walleye pollack during setting (in Japanese). *Nip. Sui. Gak.*, **56**, 2035-2043 (1990)
- Katoh, N., Hashimoto, A., Nozaki, H. and Arai, K.: Effect of temperature on the rate for the setting of meat pastes from Alaska pollack, white croaker and tilapia (in Japanese). *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **50**, 2103-2108 (1984)
- Wu, M.C., Akahane, T., Lanier, T.C. and Hamann, D.D.: Thermal transitions of actomyosin and surimi prepared from Atlantic croaker as studied by differential scanning calorimetry. *J. Food Sci.*, **50**, 10-13 (1985)
- Niwa, E., Nowsad, A. AKM and Konoh, S.: Comparative studies on the physical parameters of Kamaboko treated with the low temperature setting and high temperature setting. *Nip. Sui. Gak.*, **57**, 105-110 (1991)
- Lanier, T.C., Lin, T.S., Liu, Y.M. and Hamann, D.D.: Heat gelation properties of actomyosin and surimi prepared from Atlantic croaker. *J. Food Sci.*, **47**, 1921-1925 (1982)
- 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**, 654-658 (1996)
- Chen, H.H.: The effect of setting on the physical properties of surimi and Kamaboko under various water content and chopping methods. *Fisheries Science*, **63**, 762-768 (1997)
- Shimizu, Y., Machida, R. and Takenami, S.: Species variations in the gel-forming characteristics of fish meat paste. *Nip. Sui. Gak.*, **47**, 95-104 (1981)
- Tsukamasa, Y. and Shimizu, Y.: Setting property of sardine and Pacific mackerel meat (in Japanese). *Nip. Sui. Gak.*, **56**, 1105-1112 (1990)
- Kishi, H., Nozawa, H. and Seki, N.: Reactivity of muscle transglutaminase on carp myofibrils and myosin B. *Nip. Sui. Gak.*, **57**, 1203-1210 (1991)
- Numakura, T., Mizoguchi, R., Kimura, I., Toyoda, K., Fujita, T., Seki, N. and Arai, K.: Changes in gel forming ability and cross linking ability of myosin heavy chain of Alaska pollack surimi denatured by heat treatment (in Japanese). *Nip. Sui. Gak.*, **55**, 1083-1090 (1989)
- 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)