

## 감압 알칼리 수세하여 제조한 고등어 Surimi의 품질 특성

박형선 · 박상우 · 양승택  
경성대학교 식품공학과

### Quality Characteristics 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, Kyungsoong University

#### Abstract

An attempt was made in this study to investigate the optimum condition of washing for preparation of mackerel surimi by alkaline washing of 1, 3, 5, and 7 times under atmospheric (760), 660, and 560 mmHg pressure. The qualities of surimis were examined by analyzing the factors such as water content, crude lipid, pH, volatile basic nitrogen (VBN), expressible drip, protein extractability,  $Mg^{2+}$ -,  $Ca^{2+}$ - and EDTA-ATPase activity, transglutaminase (TGase) activity, gel strength and color. The contents of moisture, crude lipid, pH and VBN in surimis prepared by alkaline washing under atmospheric, and reduced pressure went up to 72.0~72.9%, 4.8~5.7%, 6.9~7.0 and 6.7~7.0 mg/100 g, respectively. Protein extractability, ATPase activity and TGase activity were highest in surimis prepared by alkaline washing under 560 mmHg. Gel strengths of surimi setting gel and cooked gel from five times washing under 560 mmHg were 420 g·cm (atmospheric, 330 g·cm) and 485 g·cm (atmospheric, 412 g·cm), respectively. For the preparation of mackerel surimi, optimum washing condition was five times washing under 560 mmHg.

Key words: mackerel surimi, optimum washing condition, gel strength

## 서 론

근년에 와서 태평양 연안국가들의 자국 자원관리 및 환경보존 등의 이유로 연제품의 주원료로 이용되고 있는 명태의 생산이 감소추세에 있는 반면 연제품의 소비량은 점차 증가추세에 있어서 연제품 원료의 안정적 공급구조가 미흡한 우리나라에서는 대체원료의 개발이 시급한 실정이다.

고등어나 정어리와 같은 일시다화성 적색육 어류는 근원섬유단백질의 불안정성, 다량의 근형질단백질, 지질함량의 폭넓은 계절변화, 다량의 혈합육, pH의 급속한 저하 및 근원섬유단백질의 빠른 변성 등으로 인하여 이들 어류를 소재로 하여 연제품을 제조할 경우 제품의 gel 강도가 약하고 색이 불량하며 어취가 발생하는 등 문제점이 있기 때문에 백색육 어류를 이용하여 제조하는 일반적인 제조방법으로는 양질의 제품을 제조할 수 없다고 알려져 있다<sup>(1)</sup>.

그 동안 적색육 어류를 이용하여 양질의 surimi를 제조하기 위한 다각적인 연구가 많이 수행되어 왔으나<sup>(2-6)</sup> 그 연구의 초점은 어육을 근원섬유수준까지 세분화하여 혈색소 및 지방의 분리를 용이하게 하고 알칼리 수세하여 어육의 산성화를 억제하며 감압 하에서 수세함으로써 탈지 및 탈취효과를 향상시키는 등 주로 수세공정의 개량에 중점을 두고 있다<sup>(7)</sup>. 어육을 감압 하에서 수세하면 상압에서 수세한 것 보다 지방 제거율이 높기 때문에 연제품의 탄력형성에 저해 요인이 되는 지방의 함량을 저하시킴으로써 탄력이 있는 제품을 제조할 수 있으며 아울러 어취의 제거효과도 기대할 수 있다고 생각된다. 그러나 실제로 산업체에서 적색육 어류를 이용하여 연제품을 생산하려고 할 때 연속적으로 대량 처리할 수 있는 연속수세장치의 개발, 수세조건 및 제품의 품질 등 여기에 관한 상세한 자료는 그리 흔하지 않은 것 같다.

본 연구에서는 양질의 고등어 surimi를 효율적으로 생산하기 위한 기초자료를 얻음 목적으로 연속적으로 대량 수세할 수 있는 감압수세장치를 설계·제작하고 560 mmHg 및 660 mmHg의 감압 하에서 수세횟수를

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

달리하면서 각각 알칼리 수세하여 surimi를 제조하고 상압 하에서 제조한 것과 품질을 비교 검토함으로써 적합한 수세조건을 구하고자 하였다.

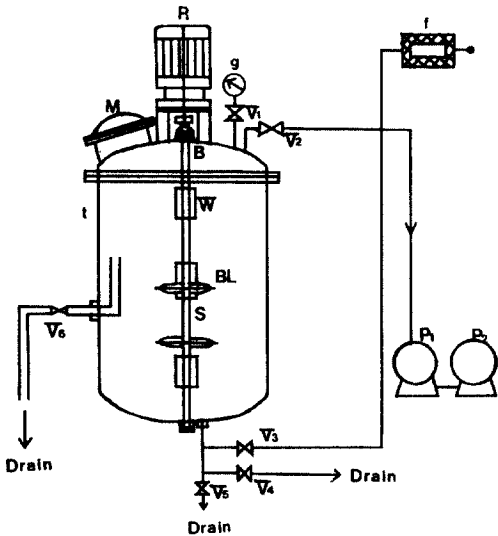
**재료 및 방법**

**재료**

원료어는 오양수산 (주) 어선이 대마도 부근 해역에서 어획, 빙장하여 24시간이 경과되지 않은 고등어(체장  $24.9 \pm 1.0$  cm, 체중  $289.4 \pm 33.5$  g)를 사용하였다.

**감압수세장치의 설계 및 제작**

Fig. 1은 본 실험에 사용하기 위해 설계 제작된 감압 수세장치의 개략도를 나타낸 것이다. 감압수세장치는 염분이 있는 냉수를 사용하기 때문에 스텐레스(두께, 4 mm)제 원통형으로 제작하였고 압력은 0~760 mmHg로 조절할 수 있도록 수냉식 진공펌프 (용량 50 kg, 1.5 kW, Germany)를 부착하였으며, 중심부에는 어육이 혼합되어 부상할 수 있도록 날개를 부착하고 상단의 rotormoter에 의하여 회전할 수 있도록 설계하였다. 또



**Fig. 1. Schematic diagram of the homogenizer for washing under reduced pressure.** t: Vacuum tank (Material, stainless steel; Internal diameter, 1,273 mm; Height, 1,983 mm; Internal volume, 2,523 L; Thickness of tank wall, 4 mm), P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>: Vacuum pump, g: Manometer, M: Manhole (Internal diameter, 400 mm), R: Rotormotor (5 Hp, 60 rpm), V<sub>1</sub>: Gauge valve, V<sub>2</sub>: Vacuum pump valve, V<sub>3</sub>, V<sub>4</sub>: Air control valve, V<sub>5</sub>: Drain valve for washed meat, V<sub>6</sub>: Drain valve for used water, f: Air filter, B: Bearing (UCF 208), W: Window, BL: Rotor blade, S: Shaft (Internal diameter, 40 mm)

한 원료 어육 및 수세 용수를 투입할 수 있는 manhole, 수세 후 폐수가 빠져 나갈 수 있는 배수구, 수세 후 육이 빠져 나갈 수 있는 밸브 및 탱크내의 공기의 양을 조절할 수 있는 밸브 등을 설치함으로써 연속적으로 수세조작이 가능하도록 제작하였다.

**수세방법**

채육한 고등어육 50 kg과 육량에 대하여 6배량의 냉수를 감압수세장치에 넣고 여기에 알칼리염 수세법<sup>®</sup>에 준하여 NaHCO<sub>3</sub> 0.2%, 식염 0.15%를 넣은 후, 각각 상압과, 660 및 560 mmHg의 감압 하에서 각각 4분간 rotormoter로 교반하고 10분간 방치한 후 상층의 물은 배수구를 통하여 버리고 다시 육량에 대하여 6배량의 냉수를 manhole을 통하여 주입한 다음 rotormoter로 잘 교반한 후 10분간 방치하는 조작을 각각 1, 3, 5 및 7회 반복한 후 각각 원심탈수기(1,200×g)로 4분간 탈수하였다.

**Surimi의 제조**

상압과, 660 및 560 mmHg의 감압 하에서 각각 알칼리 수세한 후 탈수한 육에 대하여 각각 설탕(백설탕, 제일제당) 4%, 솔비톨 4%, 중합인산염 0.2%를 각각 첨가한 다음 silent cutter로 혼합마쇄하여 무염 surimi를 제조하고 -30°C에서 냉동 보관하면서 본 실험의 모든 품질특성실험 시 5°C에서 자연해동시켜 사용하였다.

**Setting gel 및 cooked gel의 제조**

감압 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi의 연제품 중간소재로서의 품질 특성을 알아 보기 위하여 surimi를 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 35°C에서 6시간 setting하여 setting gel을 제조하였으며 이것을 90°C에서 25분간 가열하여 cooked gel을 제조하였다.

**수분, 조지방, pH 및 VBN (volatile basic nitrogen, 휘발성 염기질소)의 측정**

고등어 surimi의 수분함량은 상압가열건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, pH는 surimi 5.0 g에 증류수 25 mL를 넣고 균질화한 후 여과하여 pH-meter (Corning Model 10)로 측정하였으며, VBN은 Conway unit를 이용한 미량확산법<sup>®</sup>으로 측정하였다.

### 가압드립의 측정

5°C에서 자연해동시킨 고등어 surimi를 50 g 정평하여 surimi의 아래, 위에 여지(Whatman No. 40)를 놓고 10 kg의 압력으로 10분간 가압한 후 남아 있는 시료의 무게를 평량하였으며 가압전후의 무게의 차를 가압전의 무게로 나눈 후 백분율(%)로 표시하였다. 즉,

$$\text{가압드립 (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

W<sub>1</sub>: 가압전의 시료무게

W<sub>2</sub>: 가압후의 시료무게

### 단백질의 추출성

고등어 surimi의 염용성 단백질 추출성은 Acton과 Saffle<sup>(10)</sup>의 방법을 수정한 Sung과 Lee<sup>(11)</sup>의 방법으로 측정하였고, 수용성 단백질의 추출성은 Asghar와 Yeastes<sup>(12)</sup>의 방법으로 측정하였으며, 기질 단백질 추출성은 surimi 100 g에 borate-KCl 용액(0.02% Triton X-100, pH 7.1)을 넣어 1분간 균질화한 후 6,000×g로 15분간 원심분리하여 얻은 침전물을 다시 5배의 borate-KCl 용액(0.1 M KCl, 0.039 M borate, 5 mM EDTA, 0.02% Triton X-100, pH 7.1)에 넣어 2분간 균질화한 후 다시 원심분리하여 얻은 침전물 중 하층의 것을 취하여 5배의 0.1 M KCl 용액과 혼합한 후 4,000×g로 3분간 원심분리하고 침전물을 다시 3회 더 원심분리하여 침전물을 이용하였다.

### Actomyosin (AM)의 추출

고등어 surimi 중량에 대하여 4배량의 0.45 mM KCl-20 mM Tris-maleate buffer (pH 7.0)를 가하여 잘 혼합한 후 NaHPO<sub>4</sub>로써 pH 7.0으로 조정하여 8시간 추출하였다. 이 추출물을 원심분리(8,000×g, 15분)한 상층액을 가지고 가제로 여과한 후 그 여액에 10배량의 냉증류수를 서서히 가하여 현탁액으로 하였다. 그 현탁액을 초산으로써 pH 6.5로 조정하여 원심분리(6,000×g, 15분)하여 침전물을 얻었으며, 이 침전물에 3.0 M KCl을 첨가하여 최종농도가 0.6 M이 되도록 하였다. 침전물을 용해한 후 원심분리(10,000×g, 30분)하고 상층액에 대하여 10배량의 냉증류수를 가하여 앞의 것과 같은 방법으로 침전물을 얻었다. 이 침전물을 소량의 0.6 M KCl-10 mM Tris-maleate 용액 (pH 7.0)에 용해시켜 투석막(MWCO=12,000)에 넣고 0.6 M KCl-10 mM Tris-maleate 용액 중에서 24시간 투석한 다음 20,000×g에서 60분간 원심분리하여 상층액을 actomyosin액으로 하여 실험에 사용하였다<sup>(13)</sup>. 단백질

농도의 측정은 Bradford법<sup>(14)</sup>에 따라 우혈청알부민(新田Gelatin社製, BSA No. 3)을 표준으로 하여 비색정량하였다.

### ATPase 활성의 측정

고등어 surimi의 Mg<sup>2+</sup>-ATPase 활성 측정은 35 mM KCl, 1 mM MgCl<sub>2</sub> 및 0.1 mM CaCl<sub>2</sub>의 조건에서, Ca<sup>2+</sup>-ATPase 활성은 600 mM KCl 및 5 mM CaCl<sub>2</sub>에서, 그리고 EDTA-ATPase 활성은 600 mM KCl 및 5 mM EDTA에 Tris-maleate 완충용액(pH 7.0)과 2 mM ATP를 사용하여 3.0 mg/mL의 actomyosin을 각각 혼합하고 25°C에서 2분간 반응시킨 후 최종농도가 5% 되도록 trichloroacetic acid를 첨가하여 ice bath 상에서 반응을 정지시켰다. ATPase 활성은 Fiske와 Subbarow법<sup>(15)</sup>에 의하여 유리되어 나오는 무기인산의 양을 660 nm에서 비색정량하여 μmole로 표시하였다.

### Transglutaminase (TGase) 활성의 측정

고등어 surimi에 NaCl을 3%가 되도록 가하고 고기 같이한 후 35°C에서 6시간 setting하여 제조한 setting gel의 TGase 활성은 Kishi 등<sup>(16)</sup>의 방법에 따라 측정하였으며, surimi gel의 단백질에 혼합된 monodansyl cadaverine (MDC)의 양으로써 나타내었다.

### Gel 강도의 측정

고등어 surimi로 제조한 setting gel 및 cooked gel의 gel 강도는 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 gel 강도의 표시는 g·cm로 하였다.

### 색도

제조한 cooked gel의 색도는 색차계(Minolta Model CR-200b, Japan)로써 L값(명도), a값(적색도), b값(황색도) 및 ΔE값(색차)으로 나타내었고 이 때 사용한 표준백색판의 L값, a값 및 b값은 각각 93.9, 0.31 및 0.32 이었다.

## 결과 및 고찰

감압 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi의 수분, 조지방, pH 및 VBN 함량

Table 1은 감압 알칼리 수세효과를 알아 보기 위하여 상압과, 660 및 560 mmHg의 감압 하에서 각각 알

**Table 1. The contents of moisture, crude fat, pH and VBN of mackerel surimi prepared by alkaline washing under reduced pressure**

Pressure (mmHg)	Washing time (numbers)	Moisture (%)	Crude fat (%)	pH	VBN (mg/100 g)
Atmospheric (760)	Unwashed	71.0	7.0	6.0	6.9
	1	72.0	5.7	6.9	6.9
	3	72.4	5.7	6.9	6.9
	5	72.9	5.4	7.0	7.0
	7	72.0	5.3	6.9	6.9
660	1	72.6	5.5	6.9	6.9
	3	72.8	5.4	6.9	6.9
	5	72.1	5.4	6.9	6.9
	7	72.4	5.2	6.9	6.9
560	1	72.0	5.2	6.9	6.9
	3	72.0	5.2	6.9	6.9
	5	72.7	5.0	6.9	6.9
	7	72.9	4.8	6.9	6.9

칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi의 수세압력 및 수세횟수에 따른 수분, 조지방, pH 및 VBN의 함량을 측정된 결과이다. 수세하지 않은 고등어육의 수분, 조지방, pH 및 VBN은 각각 71.0%, 7.0%, 6.0 및 6.9 mg/100 g이었다. 수세하여 제조한 surimi의 경우, 압력 및 수세횟수에 따라 수분함량이 72.0~72.9%로써 큰 차이가 없었으며 조지방함량은 상압에서 7회 수세 시 5.3%, 660 mmHg의 감압 하에서 7회 수세 시 5.2%, 그리고 560 mmHg의 감압 하에서 7회 수세 시 4.8%로써 압력이 낮을수록, 그리고 수세횟수가 증가할수록 감소하는 경향이었다. 수세압력의 감소와 수세횟수의 증가에 따라 조지방의 함량이 감소하는 것은 감압 및 수세효과에 기인한 것으로 생각된다. 전체적으로 pH는 6.9~7.0, 그리고 VBN은 6.9~7.0 mg/100 g이었다.

岡田 등<sup>(17)</sup>은 원료육의 pH가 6.0 이하에서는 탄력있는 gel을 형성할 수 없으나 6.5~7.0에서는 탄력이 강한 gel을 형성할 수 있다고 하였으며 Shimizu<sup>(18)</sup>는 어육의 pH가 7.5 이상 되면 단백질 측쇄간의 정전기적 반발력이 강하게 되어 망상구조형성이 방해되므로 오히려 탄력이 떨어진다고 하였다. 본 실험에서는 전체적으로 pH가 6.9~7.0로써 탄력이 강한 gel을 형성할 수 있는 pH의 조건이 된다는 것을 알 수 있다.

Ishikawa<sup>(19)</sup>는 마쇄한 어육을 진공수세법으로 수세하면 어육의 탈지 및 탈취효과가 양호하다고 하였다. 또한 外山<sup>(20)</sup>는 적색육 어류의 마쇄육 5 kg 및 100 kg을 각각 수세탱크에 넣고 각각 4배량의 물을 가하여 5~10 mmHg 이하의 압력 하에서 수세한 결과 100 kg을 넣었을 때가 5 kg을 넣었을 때 보다 수세효율이 낮았는데 그 원인은 100 kg의 경우 탱크내의 수심이 깊어

실효진공도가 낮기 때문이며, 탈지 및 탈취효과는 감압수세가 상압수세 보다 양호하였으나 감압수세장치가 batch식이므로 연속수세가 곤란하다고 하였다. 한편 Nishioka<sup>(6)</sup>는 정어리육의 경우 감압수세 시 유리되어 나오는 지방량은 근육의 크기 및 감압정도에 따라 다르며 10 mmHg 감압 하, 1 mm 크기에서는 90%의 지방제거율을 보였으나 5 mm 크기에서는 50% 정도로 크게 떨어졌다고 하였다.

본 연구에서 전반적으로 탈지효과가 가장 양호한 것은 560 mmHg 감압 하에서 7회 수세한 것으로서 그 탈지율이 31.4%로 나타났다. 이는 Nishioka<sup>(6)</sup>의 정어리육과 비교하면 탈지율이 떨어지는 것으로 나타났는데 그 원인은 주로 감압정도의 차이에서 오는 결과라고 생각된다. 본 실험의 경우 감압수준을 최저 560 mmHg로 하였는데 이는 예비실험을 통하여 560 mmHg 보다 더 압력을 낮추면 수세용수 중에 부상한 미세육들이 오랫동안 방치해도 좀처럼 가라 앉지 않아 수세의 효율 면에서 바람직하지 않다고 생각되었기 때문이다. 단계별 수세를 효율적으로 계속하려면 부상한 육의 빠른 침전방법 또는 탈수기능을 갖춘 감압수세장치의 개발에 관한 연구가 수행되어야 할 것이다.

**감압 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi의 가압 드립, 단백질추출성 및 ATPase 활성**

Table 2는 고등어 surimi의 품질을 알아 보기 위하여 수세압력 및 수세횟수에 따라 각각 제조한 고등어 surimi의 가압드립 함량을 측정된 결과이다. 가압드립의 함량은 상압수세 시 7.92~8.29%인데 비하여 660 및 560 mmHg 감압수세 시에는 각각 7.04~7.42 및 6.73~7.06%로써 수세압력이 낮을수록 감소하였으며, 5회 수

**Table 2. The contents of expressible drip of mackerel surimi prepared by alkaline washing under reduced pressure**

Pressure (mmHg)	Washing time (numbers)	Expressible drip (%)
Atmospheric (760)	1	8.12
	3	8.09
	5	7.92
	7	8.29
660	1	7.12
	3	7.39
	5	7.04
	7	7.42
560	1	6.95
	3	6.94
	5	6.73
	7	7.06

세 시 가장 낮아 각각 7.04 및 6.73% (상압, 7.92%)이었다. 5회 수세 시 가압드립 함량이 가장 적은 것은 전체의 수세횟수 중 5회 수세하여 제조한 surimi가 보수력이 가장 양호하였기 때문이며 이는 수세과정을 통하여 어육 중의 혈액, 지방, 수용성단백질 및 기타 협잡물 등이 제거되어 surimi 중의 수분이 보다 안정된 구조를 취하기 때문으로 생각된다. 또한 가압드립 함량은 전반적으로 5회 수세까지는 수세횟수의 증가에 따라 감소하다가 7회 수세 시 오히려 증가하는데 이는 어육을 지나치게 수세함으로써 어육 구조의 변화가 초래되어 surimi의 수분 보유능력이 저하되었기 때문이라고 생각된다.

Table 3은 수세압력 및 수세횟수에 따른 고등어

**Table 3. Protein extractability of mackerel surimi prepared by alkaline washing under reduced pressure (mg/100 g)**

Pressure (mmHg)	Washing time (numbers)	SSP <sup>1)</sup>	WSP <sup>2)</sup>	SP <sup>3)</sup>
Atmospheric (760)	1	2588	1937	56
	3	2396	1359	161
	5	2700	3323	82
	7	2155	4171	179
660	1	2302	949	246
	3	2228	3194	138
	5	2688	3697	89
	7	2140	2299	20
560	1	2597	1086	41
	3	3386	2761	710
	5	3694	6036	1424
	7	2875	5118	148

<sup>1)</sup>Salt soluble protein.

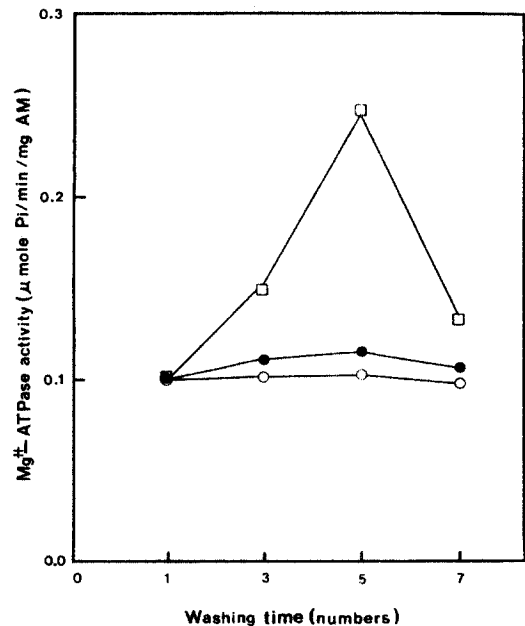
<sup>2)</sup>Water soluble protein.

<sup>3)</sup>Stroma protein.

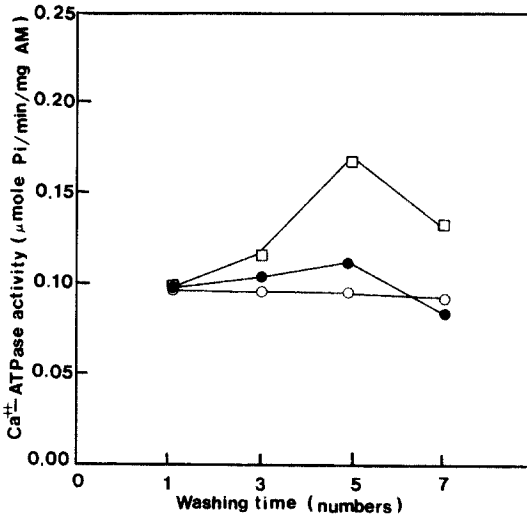
surimi의 단백질추출성을 나타낸 것이다. 염용성, 수용성 및 기질 단백질추출성 모두 수세압력이 낮을수록 증가하는 경향이었고 5회 수세한 것의 추출성이 전반적으로 양호한 경향이였다. 가장 양호한 것으로 나타난 것은 560 mmHg의 감압 하에서 5회 수세하여 제조한 surimi로서 이것의 염용성, 수용성 및 기질 단백질추출성은 각각 3,694, 6,036 및 1,424 mg/100 g이었다.

Fig. 2는 상압과, 660 및 560 mmHg의 감압 하에서 수세횟수를 각각 1, 3, 5 및 7회로 하여 각각 제조한 고등어 surimi 액토미오신의 Mg<sup>2+</sup>-ATPase 활성을 나타낸 것이다. 전체적으로 보아 상압 하에서 수세하여 제조한 것은 수세횟수의 증가에 따라 큰 변화가 없는데 반하여 560 mmHg의 감압 하에서 수세한 것은 수세횟수에 따라 활성이 크게 변화하였으며 5회 수세 시에는 0.25  $\mu\text{mol Pi/min/mg actomyosin}$ 으로 대조구(760 mmHg) 보다 2.4배 이상 높게 나타났으며 7회 수세 시는 0.13  $\mu\text{mol Pi/min/mg actomyosin}$ 으로 감소하는 특징을 보였다.

Fig. 3은 감압 하에서 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi 액토미오신의 수세횟수에 따른 Ca<sup>2+</sup>-ATPase



**Fig. 2. Changes in Mg<sup>2+</sup>-ATPase activity of actomyosin of mackerel surimi prepared by alkaline washing under reduced pressure.** Mg<sup>2+</sup>-ATPase activities were measured by the assay of actomyosin (3.0 mg/mL) with 2 mM ATP in 10 mM Tris-maleate buffer (pH 7.0) containing 1 mM MgCl<sub>2</sub> and 35 mM KCl at 25°C for 2 min. ○—○: 760 mmHg, ●—●: 660 mmHg, □—□: 560 mmHg



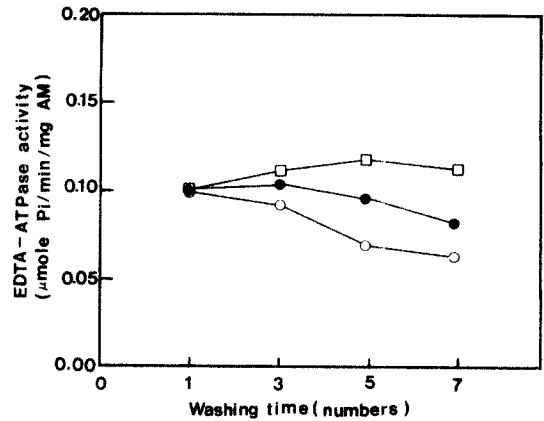
**Fig. 3. Changes in Ca<sup>2+</sup>-ATPase activity of actomyosin of mackerel surimi prepared by alkaline washing under reduced pressure.** Ca<sup>2+</sup>-ATPase activities were measured by the assay of actomyosin (3.0 mg/mL) with 2 mM ATP in 10 mM Tris-maleate buffer (pH 7.0) containing 1 mM MgCl<sub>2</sub> and 35 mM KCl at 25°C for 2 min. ○—○: 760 mm Hg, ●—●: 660 mmHg, □—□: 560 mmHg

활성을 나타낸 것이다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 560 mmHg 감압 하에서 수세하여 제조한 것이 상압 및 660 mmHg에서 수세한 것 보다도 전반적으로 활성이 높았으며 5회 수세 시 0.17 μmol Pi/min/mg actomyosin으로 썬 대조구(760 mmHg) 보다 1.8배 이상 높게 나타났다.

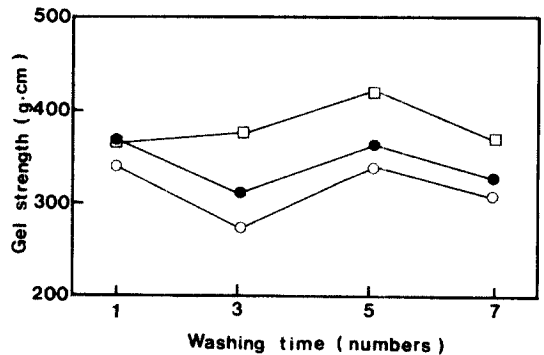
Fig. 4는 감압 하에서 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi 액토미오신의 수세횟수에 따른 EDTA-ATPase 활성을 나타낸 것이다. 상압 및 660 mmHg 감압 하에서 수세한 것은 수세횟수의 증가에 따라 그 활성이 점차 감소하는 경향이었으나 560 mmHg 감압 하에서 수세한 것은 5회 수세까지는 서서히 증가하다가 7회 수세 시 다소 감소하였다.

Katoh 등<sup>(21)</sup>은 명태 surimi의 근원섬유 ATPase 활성과 연제품의 gel 강도와는 상호 관계가 있으며 특히, Mg<sup>2+</sup>-ATPase의 경우 명태 surimi 품질판정의 지표가 될 수 있다고 하였다. 본 실험에서 surimi gel의 gel 강도 측정 결과(Fig. 5 및 6)를 보면, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>- 및 EDTA-ATPase 활성이 가장 높은 것으로 나타난 560 mmHg, 5회의 수세조건에서 gel 강도 역시 가장 높게 나타난 것으로 보아 근원섬유 ATPase 활성과 surimi gel 강도와는 서로 관계가 있음을 알 수 있었다.

Fig. 2~4를 통하여 모두 560 mmHg의 감압 하에서 5회 수세하여 제조한 surimi의 ATPase 활성이 가장 양호한 것으로 나타났는데 이는 560 mmHg에서 감압수



**Fig. 4. Changes in EDTA-ATPase activity of actomyosin of mackerel surimi prepared by alkaline washing under reduced pressure.** EDTA-ATPase activities were measured by the assay of actomyosin (3.0 mg/mL) with 2 mM ATP in 10 mM Tris-maleate buffer (pH 7.0) containing 1 mM MgCl<sub>2</sub> and 35 mM KCl at 25°C for 2 min. ○—○: 760 mm Hg, ●—●: 660 mmHg, □—□: 560 mmHg



**Fig. 5. Changes in gel strength of mackerel surimi setting gels incubated at 35°C for 6 hr after alkaline washing under reduced pressure.** ○—○: 760 mmHg, ●—●: 660 mmHg, □—□: 560 mmHg

세함으로써 760 및 660 mmHg의 압력 하에서 수세하는 것 보다 수용성 단백질, 혈액, 지방 및 기타 협잡물 등이 더 효과적으로 제거되기 때문이라고 생각된다.

**감압 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi setting gel 및 cooked gel의 품질특성**

Table 4는 660 및 560 mmHg의 감압 하에서 각각 5회 수세한 후 35°C에서 6시간 setting하여 제조한 고등어 surimi setting gel의 TGase 활성을 나타낸 것이다. 상압 하에서 수세하여 제조한 것은 TGase 활성이 3.553 nmol/mg인데 대하여 660 및 560 mmHg의 감압 하에서 수세하여 제조한 것은 각각 3.623 및 3.932

**Table 4. Transglutaminase activities of mackerel surimi setting gels incubated at 35°C for 6 hr after alkaline washing of five times under reduced pressure**

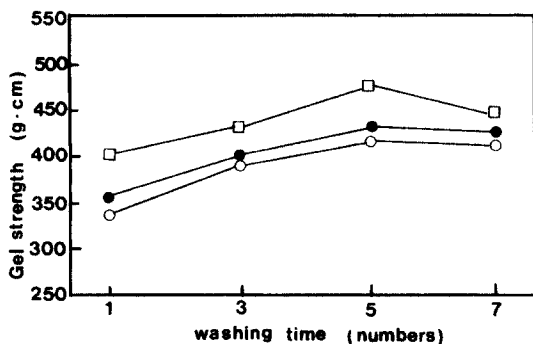
Pressure (mmHg)	TGase activity (nmol/mg)
Atmospheric (760)	3.553
660	3.623
560	3.932

nmol/mg이었다.

560 mmHg의 감압 하에서 수세하여 제조한 것에서 TGase 활성이 가장 높은 것은 감압수세과정을 통하여 수용성단백질, 혈액, 지방 및 기타 협잡물 등이 상압 및 660 mmHg 감압 하에서 수세한 것 보다 더 많이 제거되어 상대적으로 기질인 액토미오신의 농도를 증가시키기 때문이라고 생각된다.

Fig. 5는 감압 하에서 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi setting gel의 수세횟수에 따른 gel 강도의 변화를 나타낸 것이다. 전반적으로 보아 560 mmHg의 감압 하에서 수세한 것이 660 mmHg에서 수세한 것 보다 gel 강도가 더 높았으며 특히 5회 수세한 것이 420 g·cm (상압, 335 g·cm)로써 가장 높았다.

Fig. 6은 감압 하에서 알칼리 수세하여 제조한 고등어 surimi cooked gel의 수세횟수에 따른 gel 강도를 나타낸 것이다. 전반적으로 보아 5회 수세 시까지는 수세횟수의 증가에 따라 gel 강도가 점차 증가하였으나 7회 수세 시는 오히려 다소 감소하는 경향이였다. 또한 560 mmHg에서 5회 수세 시 gel 강도 485 g·cm (상압, 412 g·cm)로써 가장 높았으며, 전반적으로 560 mmHg의 감압 하에서 수세한 것이 660 mmHg에서 수



**Fig. 6. Changes in gel strength of mackerel surimi cooked gels prepared by alkaline washing under reduced pressure. ○—○: 760 mm Hg, ●—●: 660 mmHg, □—□: 560 mmHg**

**Table 5. Color of mackerel surimi cooked gels prepared by alkaline washing under reduced pressure**

Pressure (mmHg)	Washing time (numbers)	L	a	b	ΔE
Atmospheric (760)	1	64.8	4.7	12.7	16.8
	3	66.6	3.9	13.4	16.6
	5	66.4	3.6	13.1	16.8
660	7	64.3	4.0	13.3	17.3
	1	67.3	3.7	12.4	16.8
	3	67.9	2.5	12.5	16.8
560	5	68.4	2.4	13.3	16.4
	7	65.9	2.4	12.9	18.1
	1	66.8	3.8	12.1	16.9
560	3	67.4	2.5	12.4	16.5
	5	71.8	1.8	16.3	17.0
	7	66.0	2.4	13.8	18.1

세한 것 보다 gel 강도가 높게 나타났다.

고등어 육의 감압 알칼리 수세가 고등어 surimi cooked gel의 색에 미치는 효과를 알아 보기 위하여 압력 및 수세횟수에 따라 수세하여 제조한 surimi cooked gel의 색도를 측정하여 Table 5에 나타내었다. 전체적으로 보아 L값(명도)은 560 mmHg의 감압 하에서 제조한 것이 660 mmHg에서 제조한 것 보다 높았으며 560 mmHg에서 5회 수세한 것이 71.8 (상압, 66.4)로써 가장 양호하였다. a값(적색도)은 560 mmHg에서 5회 수세한 것에서 1.8 (상압, 3.6)로써 가장 낮았으며 감압수세에 의해서 적색이 많이 감소한 것으로 나타났다. b값(황색도)은 560 mmHg에서 5회 수세한 것이 16.3 (상압, 13.1)으로써 가장 높았으며 감압수세에 의하여 황색이 증가한 것을 알 수 있다. 한편 ΔE값(색차)은 전체를 통하여 16.4~18.1로써 수세압력 및 수세횟수에 따른 큰 차이는 없었으나 7회 수세 시 다소 증가하는 것으로 나타났다.

## 요 약

고등어 surimi를 효율적으로 생산하기 위한 연구의 일환으로 감압수세장치를 설계·제작하고 이 장치를 이용하여 각각 상압과, 560 및 660 mmHg의 감압 하에서 각각 1, 3, 5 및 7회 알칼리 수세하고 압력 및 수세횟수에 따른 고등어 surimi의 품질 특성을 검토하였다. 설계·제작한 감압수세장치는 연속수세가 가능하였으며 양질의 surimi를 효율적으로 제조할 수 있었다. 전체의 수세조건을 통하여 surimi의 수분함량은 72.0~72.9%, 조지방 4.8~5.7% (수세하지 않은 것, 7.0%), pH 6.9~7.0 (수세하지 않은 것, 6.0), VBN 6.9~7.0

mg/100 g 및 가압드립 6.7~8.3%이었으며, 단백질 추출성은 560 mmHg, 5회 수세 시 염용성, 수용성 및 기질 단백질추출성이 각각 3,694, 6,036 및 1,424 mg/100 g으로써 각각 가장 높았다. Mg<sup>2+</sup>- 및 Ca<sup>2+</sup>-ATPase 활성은 560 mmHg, 5회 수세 시 각각 0.25 및 0.17 μmol Pi/min/mg actomyosin으로써 가장 높았다. Setting gel의 TGase 활성은 560 mmHg, 5회 수세 시 3.932 nmol/mg이었으며 gel 강도는 setting gel 및 cooked gel에서 각각 420 g·cm (상압, 320 g·cm) 및 485 g·cm (상압, 412 g·cm)로써 각각 가장 높았다. 전반적으로 보아 고등어 surimi 제조를 위한 가장 적합한 수세조건은 760 mmHg, 660 mmHg 및 560 mmHg 압력 중 560 mmHg의 감압 하에서 5회 반복 수세하는 것이었다.

문 헌

1. Fujii, Y.: Technology on processing of sardine and mackerel (in Japanese). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **31**, 131-139 (1984)
2. Tokunaga, T., Iida, H., Nakamura, K. and Ota, Y.: Changes of volatile components in round mackerel during storage in ice or water with ice (in Japanese). *Journal of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory*, **104**, 67-76 (1981)
3. Roussel, H. and Cheftel, J.C.: Characteristics of surimi and kamaboko from sardines. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **23**, 607-623 (1988)
4. Katoh, N., Hashimoto, A., Nakagawa, N. and Arai, K.: A new attempt to improve the quality of frozen surimi from Pacific mackerel and sardine by introducing under-water mincing of raw materials (in Japanese). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **55**, 507-513 (1989)
5. Funatsu, Y., Kato, N. and Arai, K.: Gel forming ability and cross-linking ability of myosin heavy chain of salt-ground meat from sardine surimi acidified by lactic acid (in Japanese). *Nippon Suisan Gakkaishi*, **59**, 1093-1098 (1993)
6. Nishioka, F.: Preparation of frozen surimi from frozen

- red muscle fish (in Japanese). *Refrigeration*, **68**, 74-79 (1993)
7. Murata, Y. and Nishioka, F.: Qualitative improvement of minced sardine meat by a brief alkaline-leaching in *Vacuo* (in Japanese). *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, **43**, 575-581 (1996)
8. 志水寛: 魚肉ねり製品. 恒星社厚生閣, p.62-71 (1984)
9. 日本厚生省編: 食品衛生検査指針(I). p.30-32 (1973)
10. Acton, J.C. and Saffle, R.E.: Preblended and prerigor meat in sausage emulsions. *Food Technol.*, **23**(3), 93-98 (1969)
11. Sung, S.K. and Lee, M.H.: A study on the utilization of pork preblends in emulsion-type sausage production (in Korean). *Korean J. Animal Sci.*, **27**, 34-41 (1985)
12. Asghar, A. and Yeastes, N.T.M.: Systematic procedure for the fraction of muscle protein with particular reference to biochemical evaluation of meat quality. *Agric. Biol. Chem.*, **38**, 1851-1858 (1974)
13. Niwa, E., Kanoh, S. and Nakayama, T.: Setting and sort of ion. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **52**, 2121-2126 (1986)
14. Bradford, M.M.: A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Anal. Biochem.*, **72**, 248-255 (1976)
15. Fiske, C.H. and Subbarow, Y.: The calorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, **66**, 375-384 (1925)
16. Kishi, H., Nozawa, H. and Seki, N.: Reactivity of muscle transglutaminase on carp myofibrils and myosin B. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 1203-1210 (1991)
17. 岡田 稔, 衣券豊輔, 横瀬源延: 魚肉ねり製品. 恒星社厚生閣, p.180-202 (1981)
18. Shimizu, Y.: Viscoelasticity of kamaboko (in Japanese). *New Food Industry*, **23**(9), 65-76 (1981)
19. Ishikawa, S.: Preparation and utilization of frozen surimi (in Japanese). *New Food Industry*, **27**(3), 59-68 (1985)
20. 外山健三: イワシとその利用, 成山堂. p.107-145 (1989)
21. Katoh, N., Nozaki, H., Komatsu, K. and Arai, K.: A new method for evaluation of the quality of frozen surimi from Alaska pollack-Relationship between myofibrillar ATPase activity and kamaboko forming ability of frozen surimi (in Japanese). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **45**, 1027-1032 (1979)