

# 침지액 및 초정수압의 병행처리에 의한 고등어(*Scomber japonicus*)의 물리화학적 품질 특성 변화

박지혜<sup>1</sup>, 배난영<sup>1</sup>, 박선희<sup>1</sup>, 김민지<sup>1</sup>, 김꽃봉우리<sup>2</sup>, 최정수<sup>3</sup>, 안동현<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>부경대학교 식품공학과/식품연구소

<sup>2</sup>부경대학교 수산과학연구소

<sup>3</sup>경남정보대학교 호텔외식조리계열

Received: December 4, 2015 / Revised: March 15, 2016 / Accepted: March 16, 2016

## Effects of Immersion Liquid and High Hydrostatic Pressure on the Physicochemical Quality Characteristics of *Scomber japonicus*

Ji-Hye Park<sup>1</sup>, Nan-Young Bae<sup>1</sup>, Sun-Hee Park<sup>1</sup>, Min-Ji Kim<sup>1</sup>, Koth-Bong-Woo-Ri Kim<sup>2</sup>, Jung-Su Choi<sup>3</sup>, and Dong-Hyun Ahn<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science & Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea

<sup>2</sup>Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 46041, Republic of Korea

<sup>3</sup>Subdivision of Culinary Arts, Kyungnam College of Information and Technology, Busan 47011, Republic of Korea

This study investigated the effects of combined treatments of immersion liquid and high hydrostatic pressure (HHP, 100–400 MPa) on the quality of mackerel. In this study, we measured viable cell counts, pH level, color value, texture properties, and sensory evaluation of mackerel. Viable cell counts of mackerel treated with combined HHP were decreased by 2 log cycles at 300 MPa and 400 MPa compared to the control. The pH values of mackerel treated with HHP at 300 MPa and 400 MPa were higher than that of other samples. Hardness, gumminess, and chewiness decreased when treated with combined HHP and increased with increase in HHP. Lightness and whiteness of mackerel increased, but redness decreased, with increase in HHP. In case of sensory evaluation, texture of mackerel treated with HHP at 300 MPa and 400 MPa showed higher scores than that of other samples. These results suggest that immersion liquid and HHP treatments can increase microbiological safety and improve textural properties of mackerel.

**Keywords:** *Scomber japonicus*, high hydrostatic pressure, texture, sensory evaluation

## 서론

고등어(*Scomber japonicus*)는 농어목 고등어과 고등어속에 속하는 난류성 회유어종으로 우리나라에서 어획량이 많은 생선 중 하나이다. 우리나라 전 연근해와 일본, 중국 연해 및 미국 캘리포니아 연안 등의 태평양에 주로 분포하고 있으며 우리나라에 8속 17종, 세계에 15속 49종이 분포하고 있다[22]. 정어리, 전갱이 및 꽂치와 함께 4대 등푸른 생선으로 불리며 영양성분으로 docosahexaenoic acid (DHA, 22:5n-3)

및 eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3) 등과 같은  $\omega$ -3 지방산인 고도불포화지방산(polyunsaturated fatty acids, PUFA)의 비율이 약 36.1%로 풍부하여 영양적 가치가 높은 대표적인 고지방 어류이다[7].

그러나 고등어는 지질 함량이 매우 높은 적색육 어류로 근육 내 비단백 질소 성분이 많이 있어 생선이 부패하는 동안 세균에 의해 이용되기 때문에 다른 고단백 식품보다 변패가 쉬운 것으로 간주되고 있다. 또한 선도 저하가 매우 빠른 어종으로 가공 중 지질 산화에 의해 빠르게 산패되어 불쾌취를 유발하고 단백질 변성 촉진 및 영양가의 저하 등 품질에 나쁜 영향을 줌으로써 가공제품이나 요리로 이용 시 큰 제한요인이 되고 있는 실정이다[9, 20]. 이와 같은 이유로 고등어는 염장품으로 많이 이용되고 있으며[25], 최근 들어 이와 같은 문제점들을 개선하고 고등어의 이용을 증대하기 위하

### \*Corresponding author

Tel: +82-51-629-5831, Fax: +82-51-629-5824

E-mail: dhahn@pknu.ac.kr

© 2016, The Korean Society for Microbiology and Biotechnology

여 고등어의 저장성 및 품질 개선을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 예로 고등어에 자외선 조사[27], 방사선 조사[5], 저온 삼투압 탈수법[18], 초정수압 처리법[14] 등의 비가열 처리방법이 진행되어 있으며, 천연 항산화제로써 양파 및 생강즙[19], 유자액[11], 커피박[26], 한약재 및 해조류[12] 등을 사용하는 연구들이 보고되고 있다.

한편 초정수압처리는 최근 각광받고 있는 비가열처리 기술 중 하나로 압력이 온도처럼 열역학적인 인자로 작용하여 열처리와 동일한 살균효과를 기대할 수 있으면서 소수성 결합 및 이온결합에만 영향을 미치지 때문에 식품의 고유 풍미 및 영양성분을 그대로 유지할 수 있는 장점이 있으며 미생물과 효소의 활성을 효과적으로 제어할 수 있다[21]. 초정수압 처리는 열처리에 의한 변성 기작과는 달리 물 분자의 수화에 기인한 단백질 변성을 일으킨다. 이는 압력 수준의 증가에 따라 단백질 외부의 물 분자들이 단백질 내부로 침투되어 단백질 내부 공간 확장에 의하여 단백질 구조가 일부 풀리는 molten globule 현상을 야기하는 것으로 알려져 있다[17].

본 연구진은 이전 연구에서 침지액에 담그지 않고 저장기간 동안 초정수압 처리 고등어의 histamine 저감화 효과[14] 및 유자/매실 침지액과 초정수압(450 MPa) 병행 처리에 의한 냉장 저장 중 저장성 증진 효과[15]에 대해 확인하였으며, 본 연구에서는 침지액 처리와 함께 다양한 초정수압 처리 조건에서(100–400 MPa) 총 생균수, 물성, 색도, pH 및 관능적 특성 변화를 측정하여 저장성 향상뿐만 아니라 품질을 향상시킬 수 있는 최적의 초정수압 처리 조건을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 연구에 사용된 고등어는 부산시 수영구 민락동 소재의 현대수산에서 활어 상태로 구입하여, 즉시 머리와 내장을 제거하여 평균 두께 1.5 cm의 2개의 필렛 형태로 제조하였다.

### 침지액 제조 및 초정수압 처리

침지액은 소금 0.8%, 설탕 2%의 조성으로 제조하였으며, 진공포장지에 고등어 필렛을 넣은 후, 동량 무게의 침지액을 첨가하고 진공 포장한 다음 초정수압기(215L-600Ultra, Avure Technologies Inc., OH, USA)의 processing chamber에 넣어 수온 약 18–24°C에서 각각 100, 200, 300, 400 MPa로 3분간 초정수압을 처리하였다.

### 생균수 측정

초정수압 처리한 고등어육을 무균적으로 2 g 취한 후 멸균된 PBS (Phosphate buffered saline, pH 7.4)를 첨가하여

10배 희석한 후 homogenizer (AM-7, Ace homogenizer, Japan)를 사용하여 1000 rpm에서 1분간 균질화한 후 10배 희석법으로 희석하였다. 희석된 시료액을 PCA (plate count agar, BD Difco™, CA, USA)에 도말하여 37°C에서 24시간 배양한 후 생성된 집락을 계수하여 CFU/g으로 나타내었다.

### pH 측정

고등어육을 세절하여 5 g을 취한 뒤 10배량의 증류수 50 ml을 가하여 균질기(Ace Homogenizer, AM-7, Japan)로 10,000 rpm에서 2분간 균질화한 후, 실온에서 pH meter (HM-30V, TOA, Japan)를 이용하여 측정하였으며 2회 반복하였다.

### 물성 측정

시료를 2 × 2 × 1.5 cm로 자른 후 경도(hardness), 부서짐성(fracturability), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 및 복원성(resilience)을 측정하였다. 이때 force 100 g, distance 10 mm, test speed 2.0 mm/s의 조건에서 texture meter (T1-AT2, SMS Co., Japan)를 이용하여 측정하였으며, 5회 이상 반복 측정 후 평균값을 취하였다.

### 색도 측정

시료를 1.5 × 1.5 cm로 자른 후 색차계(JC801, Color Technosystem Co., Japan)로 측정하며, 고체 calibration을 시행하여 standard를 설정하였다( $X = 94.98$ ,  $Y = 96.78$ ,  $Z = 115.38$ ). 각각의 색도는  $L^*$  (lightness, 명도),  $a^*$  (redness, 적색도),  $b^*$  (yellowness, 황색도) 값을 이용하여 측정하였다. 백색도(whiteness)는 백색도 지표인  $L^* - 3b^*$ 를 이용하여 계산하였다( $L^* = 93.73$ ,  $a^* = -0.12$ ,  $b^* = 0.11$ ).

### 관능평가

평가를 위해 숙련된 패널들(부경대학교 식품공학과 식품자원개발실원 10명)을 대상으로 선정하여 논의 과정을 통해 검사에 필요한 용어를 마련하고, 각 용어에 대한 혼동을 최소화하기 위해 용어에 맞는 정의를 내리도록 하였다. 준비된 시료를 일정한 크기로 잘라 같은 접시에 놓아둔 후 7점 점수법을 이용하여 향(fresh aroma), 맛(fresh taste), 염도(salinity), 경도(hardness), 탄력성(springiness)의 5가지 항목을 평가하였다. 점수는 좌로부터 우로 이동하면서 특성의 강도가 증가하도록 선의 양쪽에 용어 한계를 표시하여 검사하였다.

### 통계 분석

본 실험결과에 대한 통계 분석은 SAS program

(Statistical analytical system V8.2, SAS Institute Inc., NC, USA)을 이용하여 분산분석을 하였으며 각 처리구 간의 유의성을 검증하기 위해 Duncan의 다중검정법을 사용하여 평균값 간의 유의차를 분석하였다( $p < 0.05$ ).

**결과 및 고찰**

**미생물 생육 억제 효과**

고등어 필렛의 침지액 및 초정수압 처리에 의한 미생물 생육 억제 효과를 알아보기 위해 생균수 측정을 한 결과(Table 1), 침지액 및 초정수압 처리를 하지 않은 무처리구에서는  $2.75 \times 10^5$  CFU/g의 균수를 보였으며 초정수압 처리를 하지 않고 침지액 처리만 한 처리구에서는  $5.06 \times 10^4$  CFU/g의 균수를 보여 아무것도 처리하지 않았을 때보다 침지액 처리를 했을 때 균수가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 염도가 높을수록 미생물 생육이 제어되는 것으로 알려져 있어 염에 의해 균수가 감소한 것으로 사료된다[13]. 침지액 처리를 하여 각각 100, 200, 300 및 400 MPa의 압력으로 초정수압 처리한 처리구에서는  $1.92 \times 10^4$ ,  $1.37 \times 10^4$ ,  $5.52 \times 10^3$  및  $1.37 \times 10^3$  CFU/g의 균수를 보여 초정수압 처리 압력이 증가함에 따라 균의 생육이 억제됨을 확인하였다. 이는 Gou 등[8]의 보고에서 조미 오징어에 400 MPa의 초정수압을 처리한 후 미생물의 수가 대조군에 비교하여 저장 초기 2.77 log cycle의 감소를 보인 결과와 유사하며, 또한 Park 등[23]은 생굴에 350 MPa 초정수압을 처리한 후 초기 총세균수가 약  $10^1$  CFU/ml로 초정수압 처리에 의해 약 1 log cycle

**Table 1. Viable cell counts of mackerel muscle treated with high hydrostatic pressure in immersion liquid.**

		Viable cell counts (CFU/g)
Untreated		$2.75 \times 10^5$
Treated with immersion liquid <sup>1)</sup>	0 MPa	$5.06 \times 10^4$
	100 MPa	$1.92 \times 10^4$
	200 MPa	$1.37 \times 10^4$
	300 MPa	$5.52 \times 10^3$
	400 MPa	$1.37 \times 10^3$

<sup>1)</sup>Immersion liquid with 0.8% NaCl and 2% sugar.

**Table 2. pH value of mackerel muscle treated with high hydrostatic pressure in immersion liquid.**

Untreated	Treated with immersion liquid <sup>1)</sup>				
	0 MPa	100 MPa	200 MPa	300 MPa	400 MPa
$5.88 \pm 0.01^{c2)}$	$5.80 \pm 0.01^d$	$5.91 \pm 0.01^c$	$5.81 \pm 0.01^d$	$6.15 \pm 0.01^b$	$6.50 \pm 0.01^a$

<sup>1)</sup>Immersion liquid with 0.8% NaCl and 2% sugar.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in the same row (a–d) are significantly different ( $p < 0.05$ ).

감소하였고 저장 7일차에 약  $10^3$  CFU/ml로 저장기간 동안 균수의 증가가 억제됨을 확인한 바 있다. 또한 이는 초정수압 처리로 미생물의 세포막 붕괴 및 세포막에 존재하는 단백질의 변성이 일어나 정상적인 생육이 어렵게 되어 미생물 수가 감소된다는 Kang 등[14]과 Bull 등[2]의 연구와도 일치하였다.

**pH 변화**

고등어 필렛의 침지액 및 초정수압 처리가 pH에 미치는 효과를 알아본 결과(Table 2), 무처리구는 5.88, 침지액 처리만 한 처리구는 5.80이었으며, 침지액 및 초정수압 처리를 한 처리구는 각각 100, 200, 300 및 400 MPa의 압력에 따라 5.91, 5.81, 6.15 및 6.50으로 200 MPa의 압력까지는 무처리와 비교하여 유의적으로 차이가 적었으며 300 및 400 MPa로 압력이 올라감에 따라 pH가 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 이는 일반적으로 초정수압 처리는 단백질의 구조적 변화를 일으키며, 이에 따라 일부 염기그룹의 노출을 야기함으로써 pH를 다소 증가시키는 것으로 보고되고 있다[16]. 또한 Hong 등[10]은 돈육에 초정수압 열처리한 경우 초정수압 처리에 의해 수분이 단백질 구조 사이로 침투하여 단백질 풀림 현상이 일어남에 따라 단백질 구조가 변화하여 pH가 약간 증가한다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다.

**물성**

고등어 필렛의 침지액 및 초정수압 처리에 따른 물성의 변화를 알아본 결과(Table 3), 경도의 경우 무처리구는 2175.65, 침지액 처리만 한 처리구는 3116.07로 침지액 처리한 처리구가 무처리보다 더 높았으며, 침지액 및 초정수압 처리한 처리구는 각각 100, 200, 300 및 400 MPa의 압력에 따라 1138.11, 1314.81, 1833.82 및 2029.93으로 압력이 증가할수록 경도가 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. Ju [13]의 연구에서 염도가 증가할수록 고등어의 경도가 증가하였다고 하여 본 연구 결과에서 침지액 처리에 의한 경도의 증가는 NaCl에 의한 것으로 사료된다. Kim 등[16]의 연구에서 고등어 연제품 제조시 설탕 비율을 0–3%로 달리하였을 때, 1–2% 처리구에서는 증가하였고, 3% 처리구에서는 감소하는 경향을 보였고 0% 처리구보다는 증가하는 경향을 보

**Table 3. Texture profile analysis of mackerel muscle treated with high hydrostatic pressure in immersion liquid.**

	Untreated	Treated with immersion liquid <sup>1)</sup>				
		0 MPa	100 MPa	200 MPa	300 MPa	400 MPa
Hardness	2175.65 ± 26.74 <sup>b2)</sup>	3116.07 ± 63.86 <sup>a</sup>	1138.11 ± 2.96 <sup>f</sup>	1314.81 ± 30.75 <sup>e</sup>	1833.82 ± 22.91 <sup>d</sup>	2029.93 ± 39.08 <sup>c</sup>
Fracturability	2.85 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.33 ± 0.24 <sup>b</sup>	2.53 ± 0.17 <sup>ab</sup>	-0.19 ± 0.07 <sup>c</sup>	2.36 ± 0.77 <sup>ab</sup>	3.05 ± 0.03 <sup>a</sup>
Adhesiveness	-8.61 ± 0.31 <sup>a</sup>	-12.88 ± 0.14 <sup>ab</sup>	-25.75 ± 2.86 <sup>d</sup>	-13.24 ± 1.12 <sup>b</sup>	-33.22 ± 0.47 <sup>e</sup>	-18.61 ± 0.01 <sup>c</sup>
Springiness	0.31 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.32 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.25 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.25 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.28 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.24 ± 0.00 <sup>e</sup>
Cohesiveness	0.20 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.25 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.19 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.19 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.18 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.20 ± 0.00 <sup>b</sup>
Gumminess	459.27 ± 12.98 <sup>b</sup>	783.02 ± 14.21 <sup>a</sup>	238.2 ± 3.15 <sup>c</sup>	209.56 ± 8.85 <sup>c</sup>	280.35 ± 47.49 <sup>c</sup>	438.91 ± 34.66 <sup>b</sup>
Chewiness	159.05 ± 3.33 <sup>b</sup>	285.8 ± 1.32 <sup>a</sup>	57.45 ± 0.51 <sup>e</sup>	45.19 ± 0.15 <sup>f</sup>	76.66 ± 0.91 <sup>d</sup>	94.75 ± 6.44 <sup>c</sup>
Resilience	0.86 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.26 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.06 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.05 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.06 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.06 ± 0.00 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Immersion liquid with 0.8% NaCl and 2% sugar.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in the same row (a–f) are significantly different ( $p < 0.05$ ).

였다. 따라서, 설탕이 고등어 연제품의 경도, 검성, 씹힘성이 증가에 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서, 고등어에 사용된 설탕과 소금의 혼합 작용에 의해 근육 단백질의 변화가 나타난 것으로 사료된다. Chéret 등[4]의 연구에서는 농어에 초고압을 100 MPa로 처리시 경도가 감소하였다가 300 MPa과 400 MPa에서 경도가 증가하는 경향을 보여 본 연구와 유사한 경향을 보였다. 200 MPa 이상의 초고압 처리시, 무처리구와 비교하여 근육이 조밀해졌는데 이는 초고압에 의한 단백질의 겔화와 관련이 있는 것으로 보았으며, 압력이 증가할수록 조밀도는 더 증가하였다고 하여 본 연구에서의 경도의 증가는 이와 관련이 있는 것으로 사료된다.

또한 검성의 경우 침지액 및 초정수압 처리 시 압력이 100, 200, 300 및 400 MPa로 증가함에 따라 각각 238.2, 209.56, 280.35 및 438.91로 압력이 증가할수록 검성이 유의적으로 증가하였으며 씹힘성의 경우에서도 압력이 증가함에 따라 57.45, 45.19, 76.66 및 94.75의 값을 나타내어 압력이 증가할수록 씹힘성이 증가됨을 확인할 수 있었다. 검성의 경우 경도와, 씹힘성은 검성과 정의 상관관계를 가지며, Chéret 등[4]의 연구에서도 경도, 검성, 씹힘성은 300 MPa 이상에서 압력이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 부서짐성, 부착성, 탄력성 및 응집성의 경우 초고압 처리 전후 뚜렷한 변화를 보이지 않았으며, 복원성의 경우 침지액 처리구

가 무처리구에 비해 감소하였고, 초고압 처리 이후 0 MPa 처리구에 비해 감소하였으나 압력 증가에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 따라서, 고등어 침지 처리구에 초고압 처리시 압력이 증가함에 따라 경도, 검성, 씹힘성이 증가함을 확인하였고, 관능평가 결과에서도 유사한 경향을 나타내었으며, 물성의 변화에 따른 신선한 맛 평가에서는 초고압 처리 전후 큰 차이를 나타내지 않아 초고압 처리가 고등어 질감의 변화에 긍정적인 효과를 나타낸 것으로 사료된다.

#### 색도

고등어 필렛의 침지액 및 초정수압 처리에 따른 색도 변화를 알아본 결과(Table 4), 명도의 경우 무처리구는 45.81, 침지액 처리만 한 처리구에서는 46.60이었으며 침지액 및 초정수압 처리한 처리구는 각각 100, 200, 300 및 400 MPa의 압력에 따라 49.71, 60.83, 69.40 및 73.30의 값을 나타내어 초정수압의 압력이 증가할수록 명도는 유의적으로 증가함을 확인하였다. 황색도의 경우 무처리구는 1.29, 침지액 처리만 한 처리구에서는 -0.57이었으며 침지액 및 초정수압 처리한 처리구는 각각 100, 200, 300 및 400 MPa의 압력에 따라 -0.82, 0.66, -3.81 및 -1.61의 값을 나타내어 황색도는 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며 적색도의 경우에는 200 MPa 처리구가 유의적으로 가장 높았으며, 나머지 처리구에

**Table 4. Color value of mackerel muscle treated with high hydrostatic pressure in immersion liquid.**

	Untreated	Treated with immersion liquid <sup>1)</sup>				
		0 MPa	100 MPa	200 MPa	300 MPa	400 MPa
Lightness	45.81 ± 0.16 <sup>e2)</sup>	46.60 ± 0.32 <sup>e</sup>	49.71 ± 0.31 <sup>d</sup>	60.83 ± 0.14 <sup>c</sup>	69.40 ± 0.39 <sup>b</sup>	73.30 ± 0.07 <sup>a</sup>
Redness	-0.36 ± 0.35 <sup>b</sup>	-0.58 ± 0.29 <sup>b</sup>	-0.68 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.46 ± 0.28 <sup>a</sup>	-0.68 ± 0.04 <sup>b</sup>	-0.90 ± 0.04 <sup>b</sup>
Yellowness	1.29 ± 0.01 <sup>a</sup>	-0.57 ± 0.04 <sup>c</sup>	-0.82 ± 0.32 <sup>c</sup>	0.66 ± 0.18 <sup>b</sup>	-3.81 ± 0.01 <sup>e</sup>	-1.61 ± 0.02 <sup>d</sup>
Whiteness (L-3b)	41.94 ± 0.18 <sup>f</sup>	48.31 ± 0.28 <sup>e</sup>	52.17 ± 0.92 <sup>d</sup>	58.85 ± 0.57 <sup>c</sup>	80.83 ± 0.51 <sup>a</sup>	78.13 ± 0.01 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Immersion liquid with 0.8% NaCl and 2% sugar.

<sup>2)</sup>Means with different superscripts in the same row (a–f) are significantly different ( $p < 0.05$ ).

서는 유의적인 차이가 없었으나, 초고압 처리에 의해 적색도가 감소하는 경향을 나타내었다. 백색도의 경우 무처리구는 41.94, 침지액 처리만 한 처리구에서는 48.31이었으며 침지액 및 초정수압 처리한 처리구는 각각 100, 200, 300 및 400 MPa의 압력에 따라 52.17, 58.85, 80.83 및 78.13의 값을 나타내어 초정수압의 압력이 증가할수록 백색도가 유의적으로 증가함을 확인하였다. 결과적으로 이와 같은 결과는 초정수압 처리에 따른 단백질 변성으로 색의 변화가 일어난 것으로 사료되며 Cruz-Romero 등[6]은 굴에 100-800 MPa의 초정수압 처리를 하였을 때 명도가 증가하고 적색도가 감소하는 것이 근원섬유와 근소포 단백질의 변성과 관련 있다고 보고하였다. 또한 날개 다랑어[24] 및 대서양 연어[28]에서도 명도가 증가하고, 적색도 및 황색도가 감소하는 결과를 보였다. 이러한 변화는 globin 변성 또는 heme 변위(displacement) 또는 방출(release)에 기인한 것으로 사료된다[3].

**관능평가**

고등어 필렛의 침지액 및 초정수압 처리가 관능적 특성에 미치는 효과를 알아보기 위해 향, 맛, 염도, 경도, 탄력성 항목에 대해 정량적 묘사분석을 실시한 결과(Table 5), 신선한 향의 경우 무처리구에서는 3.7, 침지액 처리만 한 처리구에서는 3.9의 점수를 받았으며 침지액 및 초정수압 처리한 처리구에서는 100, 200, 300 및 400 MPa의 압력에 따라 각각 3.6, 3.6, 3.7 및 3.5의 점수를 받아 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 신선한 맛의 경우 초정수압의 압력이 높아짐에 따라 3.6, 3.7, 3.6 및 3.6의 점수를 받아 유의적인 차이가 없었다. 염도의 경우 침지액 처리만 하였을 때는 3.9, 침지액 및 초정수압 처리를 하였을 때 100 및 200 MPa의 압력에서는 4.0 및 4.2의 점수를 받아 염도가 증가했지만 300 및 400 MPa의 압력에서 3.9 및 3.5의 점수를 받아 약간 감소하는 경향을 보였지만 유의적인 차이를 보이지 않았다. 경도의 경우 침지액 처리만 하였을 때는 3.0, 침지액 및 초정수압 처리한 경우에는 압력이 증가함에 따라 각각 2.4, 2.7, 3.6 및

4.2의 점수를 받아 전체적으로는 압력이 증가할수록 경도가 높아지는 경향을 보였으며 100 MPa의 압력에서는 침지액 처리만 한 처리구보다 경도가 유의적으로 낮았지만 300 및 400 MPa의 압력에서는 침지액 처리만 한 처리구와 비교하여 다소 높은 경향을 보였다. 탄력성의 경우 침지액 처리만 한 처리구에서는 3.1, 초정수압 처리한 처리구에서는 2.4, 2.6, 3.4 및 3.6으로 100 MPa의 압력을 처리하였을 때 탄력성이 낮아졌다가 300 MPa 이상의 압력에서 침지액 처리만 한 처리구보다 탄력성이 유의적으로 증가하여 경도의 결과와 일치하였다. 이는 초정수압 처리로 고등어 육 단백질의 변성으로 인해 경도가 강해진 것으로 사료되며 초정수압 처리한 식육의 경우 초정수압 처리하지 않은 대조구에 비해 보수력이 향상된다고 알려져 있어[1] 본 연구와 유사하였다.

**요 약**

본 연구에서는 고등어 필렛에 침지액 및 초정수압을 처리하여 침지액과 초정수압의 압력에 따른 고등어 필렛의 품질 특성 변화를 알아보기 위해 생균수, pH, 물성, 색차 및 관능평가를 실시하였다. 생균수를 측정된 결과, 침지액 처리를 하였을 때 무처리구보다 균수가 감소하였고 침지액 및 초정수압을 병행 처리하였을 때 압력이 높아질수록 2 log cycle 정도 균수가 감소하여 생육이 억제됨을 확인하였다. pH 측정 결과, 초정수압 처리에 의해 압력이 증가할수록 단백질의 구조가 변하면서 pH가 약간 증가하는 경향을 나타내었다. 물성의 경우 압력이 증가할수록 경도, 검성 및 씹힘성이 증가하였으며 다른 항목들에서는 유의적인 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 색도의 경우 초정수압 처리 시 단백질의 변성으로 압력이 증가할수록 명도와 백색도가 증가하였다. 관능평가 결과, 초정수압 처리 시 압력이 높아질수록 경도와 탄력성이 증가함을 보였다. 따라서 본 연구 결과, 고등어 필렛에 침지액 및 초정수압을 병행 처리하였을 때 미생물의 효과적인 증식 억제로 고등어의 선도 저하 방지 및 품질 개선에 효과적일 것으로 사료된다.

**Table 5. Quantitative descriptive analysis of mackerel muscle treated with high hydrostatic pressure in immersion liquid.**

	Untreated	Treated with immersion liquid <sup>1)</sup>				
		0 MPa	100 MPa	200 MPa	300 MPa	400 MPa
Fresh aroma	3.70 ± 1.16 <sup>a2)</sup>	3.90 ± 0.74 <sup>a</sup>	3.60 ± 0.84 <sup>a</sup>	3.60 ± 0.70 <sup>a</sup>	3.70 ± 0.67 <sup>a</sup>	3.50 ± 0.85 <sup>a</sup>
Fresh taste	3.20 ± 1.03 <sup>a</sup>	3.80 ± 1.14 <sup>a</sup>	3.60 ± 0.84 <sup>a</sup>	3.70 ± 0.67 <sup>a</sup>	3.60 ± 1.17 <sup>a</sup>	3.60 ± 1.26 <sup>a</sup>
Salinity	3.30 ± 1.06 <sup>a</sup>	3.90 ± 0.88 <sup>a</sup>	4.00 ± 0.94 <sup>a</sup>	4.20 ± 1.03 <sup>a</sup>	3.90 ± 0.99 <sup>a</sup>	3.50 ± 0.97 <sup>a</sup>
Hardness	3.10 ± 1.20 <sup>bc</sup>	3.00 ± 1.25 <sup>bc</sup>	2.40 ± 0.70 <sup>c</sup>	2.70 ± 0.82 <sup>bc</sup>	3.60 ± 1.17 <sup>ab</sup>	4.20 ± 1.32 <sup>a</sup>
Springiness	3.30 ± 1.06 <sup>abc</sup>	3.10 ± 1.20 <sup>abc</sup>	2.40 ± 0.97 <sup>c</sup>	2.60 ± 0.70 <sup>bc</sup>	3.40 ± 0.84 <sup>ab</sup>	3.60 ± 0.97 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Immersion liquid with 0.8% NaCl and 2% sugar.

<sup>2)</sup> Means with different superscripts in the same row (a-c) are significantly different (*p* < 0.05).

## Acknowledgments

This study was supported in part by a Basic Research Project through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (No. 2013R1A1A2009906).

## References

1. Bajovic B, Bolumar T, Heinz V. 2012. Quality considerations with high pressure processing of fresh and value added meat products. *Meat Sci.* **92**: 280–289.
2. Bull MK, Hayman MM, Stewart CM, Szabo EA, Knabel SJ. 2005. Effect of prior growth temperature, type of enrichment medium, and temperature and time of storage on recovery. *Int. J. Food Microbiol.* **101**: 53–61.
3. Cheftel JC, Culioli J. 1997. Effects of high pressure on meat: A review. *Meat Sci.* **46**: 211–236.
4. Chéret R, Chapleau N, Delbarre-Ladrat C, Verrez-Bagnis V, de Lamballerie M. 2005. Effects of high pressure on texture and microstructure of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fillets. *J. Food Sci.* **70**: E477–E483.
5. Cho SJ, Choe YK, Lee SY, Byun SM, Chung JR. 1985. Radurization effect of Korean mackerel. *Bull. Korean Fish. Soc.* **18**: 219–226.
6. Cruz-Romero M, Smiddy M, Hill C, Kerry JP, Kelly AL. 2004. Effects of high pressure treatment on physicochemical characteristics of fresh oysters. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **5**: 161–169.
7. Garcia DJ. 1998. Omega-3 long-chain PUFA nutraceuticals. *Food Technol.* **52**: 44–49.
8. Gou JY, Zou YY, Choi GP, Park YB, Ahn JH. 2011. Effect of high pressure processing on the shelf life of seasoned squid. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**: 1136–1140.
9. Gwak HJ, Eun JB. 2010. Chemical changes of low salt Gulbi (salted and dried yellow corvenia) during hot-air drying with different temperatures. *Korean J. Food Sci. Technol.* **42**: 147–154.
10. Hong GP, Shim KB, Choi MJ, Min SG. 2008. Effects of thermal processing combined with high pressure on the characteristics of cooked pork. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **28**: 415–421.
11. Jung BM, Chung GH, Jang MS, Shin SU. 2004. Quality characteristics of citron treated mackerel oil and fillet during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**: 574–579.
12. Jung SA, Kim DH, Kim KBWR, Kim HJ, Jeong DH, Kang BK, et al. 2013. Inhibitory effects of histamine production in mackerel muscle by medicinal herbs and seaweed extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **42**: 1263–1269.
13. Ju HW. 2011. Quality evaluation of marinade mackerel with rosemary extract. *Korean J. Culinary Res.* **17**: 221–230.
14. Kang BK, Kim KBWR, Kim MJ, Kim DH, Jung SA, Bark SW, et al. 2013. Inhibitory effect of high hydrostatic pressure treatments on histamine production in mackerel *Scomber japonicus*. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* **46**: 733–738.
15. Kang BK, Kim KBWR, Kim MJ, Bark SW, Pak WM, Kim BR, et al. 2014. Effects of immersion liquids containing *Citrus junos* and *Prunus mume* concentrate and high hydrostatic pressure on shelf-life and quality of *Scomber japonicus* during refrigerated storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **43**: 1555–1564.
16. Kim MJ, Lee SJ, Kim CT. 2014. Quality characteristics and storage stability of semi-dried silver pomfret (*Pampus argenteus*) processed with treatment of high hydrostatic pressure. *Korean J. Food Nutr.* **27**: 805–816.
17. Knorr D, Heinz V, Buckow R. 2006. High pressure application for food biopolymers. *Biochim. Biophys. Acta* **1764**: 619–631.
18. Lee JS, Joo DS, Kim JS, Cho SY, Lee EH. 1993. Processing of a good quality salted and semi-dried mackerel by high osmotic pressure resin dehydration under cold condition. *Korean J. Food Sci. Technol.* **25**: 468–474.
19. Lee YK, Lee HS. 1997. Effects of onion and ginger on the lipid peroxidation and fatty acid composition of mackerel during frozen storage. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **19**: 321–329.
20. Lingnert H, Eriksson CE. 1980. Antioxidative maillard reaction products. I. Products from sugars and free amino acids. *J. Food Process. Preserv.* **4**: 161–172.
21. Marquis RE. 1976. High-pressure microbial physiology. *Adv. Microb. Physiol.* **11**: 159–163.
22. Nam KH, Jang MS, Lee DS, Yoon HD, Park HY. 2011. Effect of green tea and lotus leaf boiled water extracts treatment on quality characteristics in salted mackerel during storage. *Korean J. Food Preserv.* **18**: 643–650.
23. Park WJ, Jwa MK, Hyun SH, Lim S, Song DJ. 2006. Microbial and quality changes during storage of raw oyster treated with high hydrostatic pressure. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**: 1449–1455.
24. Ramirez-Suarez J, Morrissey MT. 2006. Effect of high pressure processing on shelf life of albacore tuna minced muscle. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **7**: 19–27.
25. Sin SY, Jang MS, Kwon MA, Seo HJ. 2004. Processing of functional mackerel fillet and quality changes during storage. *Korean J. Food Preserv.* **11**: 22–27.
26. Song EJ, Kim JY, Lee SY, Kim KBWR, Kim SJ, Yoon SY, et al. 2009. Effect of roasted ground coffee residue extract on shelf-life and quality of salted mackerel. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **38**: 780–786.
27. Song HN, Lee DG, Han SW, Yoon HK, Hwang IK. 2005. Quality changes of salted and semi-dried mackerel fillets by UV treatment during refrigerated storage. *Korean J. Soc. Food Cook. Sci.* **21**: 662–668.
28. Yagiz Y, Kristinsson HG, Balaban MO, Welt BA, Ralat M, Marshall MR. 2009. Effect of high pressure processing and cooking treatment on the quality of Atlantic salmon. *Food Chem.* **116**: 828–835.