

유자(*Citrus junos*), 매실(*Prunus mume*) 농축액을 첨가한 침지액과 초정수압의 병행처리가 고등어(*Scomber japonicus*)의 냉장 저장 중 저장성 및 품질에 미치는 영향

강보경¹ · 김꽃봉우리² · 김민지² · 박시우¹ · 박원민¹ · 김보람¹ · 안나경¹ · 최연옥¹ · 변명우³ · 안동현¹

¹부경대학교 식품공학과/식품연구소

²부경대학교 수산과학연구소

³우송대학교 외식조리영양학부

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

Bo-Kyeong Kang¹, Koth-Bong-Woo-Ri Kim², Min-Ji Kim², Si-Woo Bark¹, Won-Min Pak¹, Bo-Ram Kim¹,
Na-Kyung Ahn¹, Yeon-Uk Choi¹, Myung-Woo Byun³, and Dong-Hyun Ahn¹

¹Department of Food Science & Technology/Institute of Food Science and

²Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University

³Department of Culinary Nutrition, Woosong University

ABSTRACT This study investigated the effects of combined treatment of immersion liquids (adjusted pH 4.5 with *Citrus junos* concentrate (CL), pH 5.5 with *Prunus mume* concentrate (PL), or no pH adjustment, pH 6.5, control) and high hydrostatic pressure (HHP, 450 MPa) on shelf-life and quality of mackerel. In this study, we measured changes in viable cell counts, pH level, volatile basic nitrogen, thiobarbituric acid reactive substances, color analysis, volatile organic compounds, and sensory evaluation of mackerel at 4°C for 20 days. CL/HHP and PL/HHP treatments reduced viable cell counts by 3 log cycles during storage compared to the control. Mackerel treated with CL/HHP and PL/HHP showed significantly lower TBARS and VBN levels as compared to the control. After combined treatment, lightness and whiteness increased but redness decreased. VOCs tests showed that contents of alcohol, acid, and ketones in mackerel fillet treated with CL/HHP and PL/HHP were relatively reduced. Especially, CL/HHP and PL/HHP suppressed production of sulfur. In the sensory evaluation, aroma, taste, salinity, hardness, and springiness of mackerel treated with combined HHP showed higher scores than the control. These results suggest that immersion liquids and HHP treatments may increase shelf-life of mackerel and maintain quality during storage at 4°C.

Key words: mackerel, immersion liquids, high hydrostatic pressure

서 론

고등어(*Scomber japonicus*, mackerel)는 경골어류 농어목 고등어과에 속하는 생선으로, 정어리, 꽁치, 전갱이와 함께 4대 등 푸른 생선으로 불리고 있으며, 특히 EPA(eicosapentaenoic acid, 20:5n-3) 및 DHA(docosahexaenoic acid, 22:6n-3)와 같은 n-3계 지방산을 다량 함유하고 있다(1-3). 이러한 고등어의 고도불포화지방산(polyunsaturated fatty acids, PUFA)은 동맥경화, 뇌혈전 및 심근 경색에

효과가 있는 것으로 알려져 있으며(4), 이외에도 고등어는 타우린, 핵산 등을 다량 함유하여 영양적 가치가 높은 고지방 어류이다(5). 그러나 고등어는 일시 다핵성의 특징을 가지며 지질 함량이 매우 높은 적색육 어류로 근육 내 비단백질소 성분이 많이 있어 생선이 부패하는 동안 세균에 의해 이용되기 때문에 다른 고단백 식품보다 변화가 쉬운 것으로 간주되고 있다. 또한 선도 저하가 매우 빠르며 가공 중 지질 산화에 의해 빠르게 산패되어 불쾌취를 유발하기 때문에 선어 상태로의 이용이나 가공식품으로의 이용이 어려워 주로 염장품으로 이용되고 있다(2).

따라서 이와 같은 고등어 이용 시 발생하는 문제점을 개선하고 이용을 증대하기 위하여 고등어의 저장성 및 기호도 개선을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 예로 고등어에 방사선 조사(6,7), 자외선 조사(8), 저온 삼투압 탈수법

Received 28 May 2014; Accepted 4 October 2014

Corresponding author: Dong-Hyun Ahn, Department of Food Science & Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
E-mail: dhahn@pknu.ac.kr, Phone: +82-51-629-5831

(9), 초정수압 처리법(10) 등의 비가열 처리방법이 진행된 바 있으며, 천연 향산화제로써 유자액(11), 양파 및 생강즙(12), 초피, 감잎, 곱향 추출물(13)이 이용된 바 있다.

한편 유자(*Citrus junos*, citron)는 감귤류에 속하는 것으로 풍부한 비타민 C와 무기질을 함유하고 있으며 특히 쓴맛 성분인 리모넨은 향기와 더불어 항균작용도 가져 그 이용 범위가 매우 넓다고 알려져 있다(14). 또한 매실(*Prunus mume*)은 매화나무(*Prunus mume* Sieb. et Zucc.)의 과실로 당분과 무기질이 풍부할 뿐만 아니라 succinic acid, citric acid, malic acid 등의 유기산이 다량 함유되어 신맛이 강하며(15,16), 항균활성이 우수하고(17) 피로회복, 정장작용 등과 같은 기능이 보고된 바 있다(18). 현재까지 이러한 유자 및 매실 농축액을 이용한 식품의 저장성 증대에 대한 연구로 Jung 등(11)은 유자액을 고등어유와 필렛에 적용하여 산패 억제 및 비린내 완화에 대한 효과를 보고하였고, Lee 등(14)은 유자과피 분말을 첨가하여 유화형 소시지의 품질 특성을 연구하였다. 또한 Lee 등(19)은 매실 착즙액을 생국수에 첨가하여 품질, 기호도, 저장성 연장 효과를 보고하였으며, Oh 등(20)은 돼지막창의 저장성 연장 효과를 보고한 바 있다. 그러나 비린내와 미생물 생육 및 선도 저하를 방지하기 위한 방법으로 유자 및 매실의 침지액과 초정수압의 병행처리에 대한 기술은 아직 연구된 바 없다.

초정수압 처리는 비가열처리 기술로 열처리와는 다르게 물 분자의 수화에 기인한 단백질 변성을 일으킨다. 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(21). 이와 같은 원리로 병원성 및 부패 미생물의 비공유 및 수소성 결합에 영향을 주어 세포막을 붕괴시키고 세포막에 존재하는 단백질의 변성을 일으켜 미생물의 사멸을 유발하고 영양소 파괴를 최소화하는 신기술(22)로 최근 돈육(23), 닭다리 분쇄육(22) 등 그 응용 사례가 증가하고 있다. 본 연구진은 이전 연구(10)에서 초정수압이 증가함에 따라 고등어의 저장성이 증대됨을 확인한 바 있으며, 따라서 본 연구에서는 고등어 선도 저하와 그에 따른 저장성 및 기호도 저하를 방지하고자 고등어에 유자 및 매실 농축액을 이용한 침지액 처리와 450 MPa의 초정수압을 병행처리하여 새로운 고등어 가공법에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 유자 농축액의 제조원은 에덴식품 영농조합법인이며 매실 농축액의 제조원은 협성농산 영농조합으로 부산 소재의 마트에서 구입하였으며 침지액에 첨가하여 실험에 사용하였다.

실험에 사용된 고등어(*Scomber japonicus*)는 부산광역시

시 수영구 민락동 소재의 현대수산에서 활어로 구입하여 실험에 사용하였으며, 고등어는 총 40마리이며 필렛의 평균 두께는 1.5 cm이다.

침지액 제조 및 초정수압 처리

기본 침지액(pH 6.5)은 소금 0.8%, 설탕 2%의 조성으로 제조하였으며, 이에 유자와 매실 농축액을 이용하여 각각의 pH를 4.5 및 5.5로 조정하여 유자 침지액 및 매실 침지액을 제조하였다.

침지액 처리는 생 고등어의 머리와 내장을 제거하여 제조된 고등어 필렛에 필렛의 무게와 동량의 침지액을 첨가한 다음 각각을 즉시 진공 포장한 후 초정수압기(215L-600 ULTRA, AVURE Technologies Inc., Middletown, OH, USA)의 processing chamber에 넣어 수온 약 18~24°C에서 450 MPa로 3분간 초정수압을 처리한 후, 4°C에 5일 간격으로 20일 동안 저장하면서 일차별(0, 5, 10, 15, 20일)로 2개의 필렛을 각 실험에 이용하였다.

일반세균수 측정

일반세균수 측정은 고등어 필렛의 머리, 등, 배, 꼬리 부위로부터 고등어 육을 무균적으로 2 g 취한 후, 식품공전상(Korean Food and Drug Administration, 2013)의 일반세균수 시험법에 따라 멸균 PBS(phosphate buffered saline, pH 7.4)를 10배(w/v) 가하여 1,000 rpm에서 1분간 균질화(Ace Homogenizer, AM-7, Nihonseiki, Osaka, Japan)한 다음 10배 단계 희석법으로 희석하였다. 일반세균수는 시료 희석액을 PCA(plate count agar, BD Difco™, San Jose, CA, USA)에 도말하여 37°C에서 24~48시간 배양한 후 생성된 집락을 계수하였으며 2회 반복하였다.

pH 및 volatile basic nitrogen(VBN) 함량 측정

pH는 세절한 고등어 5 g에 10배의 증류수를 가하여 균질기(Ace Homogenizer, AM-7, Nihonseiki)로 10,000 rpm에서 2분간 균질화 한 후, 실온에서 pH meter(HM-30V, TOA, Kobe, Japan)를 이용하여 측정하였으며 2회 반복하였다. VBN 측정은 식품공전상(Korean Food and Drug Administration, 2013)의 Conway법을 이용하였다. 세절한 고등어 10 g에 5배의 증류수를 가하여 10분간 교반, 5분간 정지를 두 번 반복하여 30분간 침출하였다. 이를 여과한 후 5% H₂SO₄로 pH 4.0으로 보정하고 100 mL로 정용하였다. Conway unit 내실에 처리한 시료 및 0.01 N H₂SO₄를, 외실에는 K₂CO₃ 포화용액을 각각 1 mL씩 첨가하고 혼합하여 25°C에서 1시간 반응시킨 후 0.01 N NaOH로 적정하였다. 지시약으로 Brunswik 시약을 이용하였으며 3회 반복하여 측정하였다.

산화도

세절한 고등어 5 g에 3배의 증류수와 7.2% BHT 50 μL를

가하여 10,000 rpm에서 1분간 균질화시켰다. 균질액 1 mL에 TBA/TCA 용액 2 mL를 가하여 끓는 물에서 15분간 중탕한 뒤에 냉각시켰다. 이를 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 얻은 상층액을 531 nm에서 측정하였다. 얻어진 thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) 값은 고등어 kg당 생성된 malonaldehyde 양(mg)으로 나타내었다.

색도 측정

시료를 1.5×1.5 cm로 자른 후 색차계(JC801, Color Technosystem Co., Tokyo, 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).

휘발성 유기화합물 향기성분(VOCs)

세절한 고등어 5 g을 200 mL의 screw amber bottle에 넣고 dry oven에서 50°C, 30분간 휘발성 성분을 포집한 다음, 3-bed 흡착튜브에 100 mL/min으로 진공펌프로 흡입하는 방식으로 농축하였다. 냄새물질 및 각종 휘발성분을 흡착한 흡착튜브를 자동열탈착장비(ATD 400, Perkin-Elmer, Waltham, MA, USA)에 장착한 후 열탈착하여 GC-MS(QP-2010A, Shimadzu, Kyoto, Japan)에 주입하였다. GC-MS의 TIC(total ion chromatograph) 차트로부터 Wiley 221, Nist21, Nist107의 Library와 본 연구 작업에 이용된 표준물질로부터 정성작업이 수행되었다. 본 연구에서 사용된 자동 열탈착장비와 GC-MS의 세부 분석조건은 Table 1과 같다.

관능평가

12명의 숙련된 패널(식품공학전공; 남 2명, 여 10명; 21~27세)을 정하여 고등어 필렛을 1×1 cm로 잘라서 하얀 접시에 제공하였다. 저장 0일차부터 20일차까지 5일마다 향(aroma), 맛(taste), 염도(salinity), 경도(hardness), 탄력성(springiness)의 5가지 항목으로 7점 점수법(7점: 매우 강하다, 6점: 강하다, 5점: 약간 강하다, 4점: 보통이다, 3점: 약간 약하다, 2점: 약하다, 1점: 매우 약하다)으로 평가하였다.

통계처리

실험 결과의 통계처리는 각각의 시료에 대한 평균±표준편차로 나타내었다. SAS Program(Statistical Analytical System V8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, 조사 항목들 간의 유의성 검정은 Duncan의 다중검정법으로 P<0.05 수준에서 실시하였다.

Table 1. Operating conditions of automatic thermal desorber (ATD) and GC-MS

Parameters		Conditions
ATD 400 (PerkinElmer)	Primary tube type	Tenax-TA, Triple-bed
	Cold trap type	Tenax-TA 20 mg
	1st desorption	350°C-4 min
	2nd cryo temperature	-30°C
	2nd desorption	350°C-1 min
	Desorb flow	50.2 mL/min
	Inlet split	No
Outlet split	11.5 mL/min	
Oven temperature		35°C-1min
		8°C/min-120°C-10 min
		12°C/min-80°C-7 min
GC-MS (Shimadzu)	Column	AT1-60 m×0.32 mm×1.0 µm
	Interface temperature	230°C
	Mass range	20~350 m/z
Column pressure	109.63 kPa	
MS Det. temperature	250°C	
Carrier gas	He (99.9999%)	
Mass filter type	Quadrupole	

결과 및 고찰

미생물 생육 억제 효과

기본 침지액을 처리한 고등어 필렛과 유자, 매실 침지액과 초정수압의 병행처리에 의한 고등어 필렛의 저장기간에 대한 효과를 알아보기 위하여 저장 20일차까지의 미생물 생육 억제 효과에 대해 살펴본 결과(Fig. 1), 처리 직후에 기본 침지액의 경우 9.5×10¹ CFU/g, 유자침지액 처리구의 경우 6.0×10¹ CFU/g, 매실침지액 처리구의 경우 9.7×10¹ CFU/g이었으며, 기본 침지액 처리구의 경우 저장 일차에 따라 지속적으로 균수가 증가하여 저장 10일차,

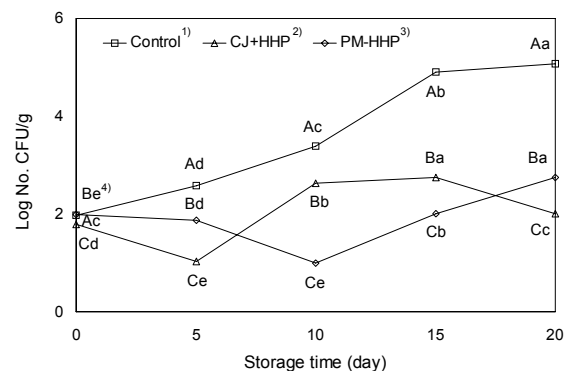


Fig. 1. Changes in viable cell counts of mackerel fillet at 4°C after treated with three immersion liquids and high hydrostatic pressure. ¹⁾Immersion liquid (pH 6.5). ²⁾Immersion liquid adjusted to pH 4.5 with *Citrus junos*+high hydrostatic pressure at 450 MPa. ³⁾Immersion liquid adjusted to pH 5.5 with *Prunus mume*+high hydrostatic pressure at 450 MPa. ⁴⁾Means in the same storage time (A-C) and same immersion liquid (a-e) bearing different letters are significantly different (P<0.05).

15일차 및 20일차에 각각 2.48×10^3 , 7.96×10^4 및 4.2×10^5 CFU/g으로 나타났다. 반면 유자 및 매실 침지액의 경우 5일차까지 큰 변화가 없었으며, 이후 20일차까지 10^2 CFU/g의 균수를 유지하여 무처리구에 비해 균의 생육이 현저히 억제됨을 확인하였다. 이전 연구에서 무처리 고등어의 저장 일차에 따른 균수의 변화는 저장 20일차에서 10^8 CFU/g 정도의 균수를 보였으며(10), 본 연구 결과와 비교 시 기본 침지액 처리만으로도 균의 생육이 20일차에서 약 3 log cycle 정도 억제된 것을 확인하였다. 또한 이에 유자 및 매실 농축액을 이용하여 pH를 각각 4.5, 5.5로 맞춘 침지액을 처리하고 450 MPa의 초정수압 처리를 한 경우 균수가 무처리구에 비해 6 log cycle 정도 억제된 것을 확인하여 매우 우수한 미생물 생육 억제 효과를 보임을 확인하였다. 본 연구에서 이 같은 균들의 감소는 침지액 처리에 의해 미생물이 생육하는 환경의 pH 및 삼투압의 변화와 초정수압 처리에 의해 미생물 세포막 구조의 손상이 일어났기 때문으로 사료된다. 이와 같은 결과는 초정수압 처리에 의해 미생물의 세포막 구조의 손상으로 정상적인 생육이 어려워져 미생물 수가 감소한다는 Bull 등(24)과 Stephens와 Mackey(25)의 보고와 일치하였으며, 조미오징어에 초정수압 처리 후 저장기간 동안 미생물의 수가 대조구에 비해 2.77 log cycle의 감소를 보인 Gou 등(26)의 보고와 일치하였다.

pH 변화

기본 침지액을 처리한 고등어 필렛과 유자, 매실 침지액과 초정수압의 병행처리에 의한 고등어 필렛의 pH 변화를 알아본 결과(Fig. 2), 기본 침지액 처리구의 경우 저장 0일차부터 20일차까지 5.75~6.04의 범위를 나타냈으며, 유자 침지액(pH 4.5) 및 매실 침지액(pH 5.5) 처리 후 450 MPa로 초정수압 처리한 처리구의 경우 각각 6.23~6.77, 6.3~6.72의 범위를 보였다. 일반적으로 신선한 상태의 어류 근육

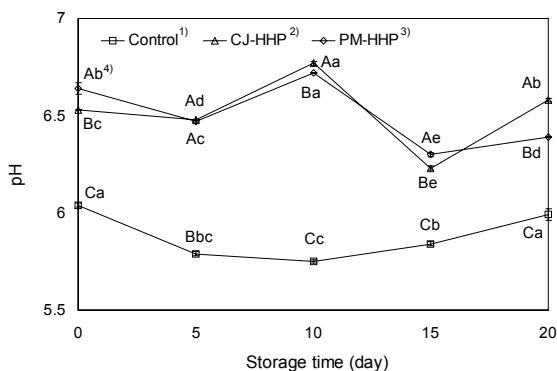


Fig. 2. Changes in pH of mackerel fillet at 4°C after treated with three immersion liquids and high hydrostatic pressure. ¹Immersion liquid (pH 6.5). ²Immersion liquid adjusted to pH 4.5 with *Citrus junos*+high hydrostatic pressure at 450 MPa. ³Immersion liquid adjusted to pH 5.5 with *Prunus mume*+high hydrostatic pressure at 450 MPa. ⁴Means in the same storage time (A-C) and same immersion liquid (a-e) bearing different letters are significantly different ($P < 0.05$).

은 pH 5.5~6.5 범위를 나타내는 것으로 알려져 있으며, 이것이 어획 후 선도 저하에 따라 TMA(trimethylamine), DMA(dimethylamine)와 같은 염기성 물질의 축적에 의해 상승하는 것으로 알려져 있다(27). 기본 침지액과 유자, 매실 침지액과 초정수압 병행처리의 경우 저장 20일차까지 큰 변화가 없었으며 대체적으로 초정수압 처리구에서 pH가 다소 높게 측정되었다. 이는 초정수압 처리에 의해 단백질 구조가 변화됨에 기인한 것으로 사료되며, Angsupanich와 Ledward(28)는 대구 근육에 초정수압 처리한 경우 일부 단백질 변성에 의해 pH가 증가하였다고 보고하였다. 또한 Hong(29)은 돈육에 초고압 열처리한 경우 초고압 처리에 의해 수분이 단백질 구조 사이로 침투하여 단백질 폴림 현상이 일어남에 따라 단백질 구조가 변화하여 pH가 약간 증가한다고 보고하였다. 본 연구 결과, 기본 침지액 처리와 유자, 매실 침지액과 초정수압의 병행처리에 의해 미생물 생육이 억제됨에 따라 암모니아, TMA, DMA 등의 축적이 적어 pH가 비교적 일정하게 유지된 것으로 사료된다.

VBN 함량 변화

신선한 어패류의 육에는 휘발성 염기질소(VBN)가 미량 함유되어 있으나 일반적으로 어획 후 선도가 저하하게 되면서 어육 중의 환원계 효소 또는 세균의 작용에 의해 TMAO(trimethylamineoxide)가 환원되어 TMA 등과 같은 염기성 물질이 생성되거나 세균 증식에 의해 단백질이 분해되어 암모니아 질소 등이 생성됨에 따라 VBN 함량이 증가하는 것으로 알려져 있어 VBN 함량의 측정은 현재 어패류의 선도 측정 방법으로 널리 이용되고 있다(2,8). 이에 본 연구에서는 VBN 측정을 통해 기본 침지액 처리와 유자, 매실 침지액과 초정수압의 병행처리가 고등어 필렛의 선도에 미치는 영향을 알아보았다. 그 결과(Fig. 3), 기본 침지액 처리구와 유자, 매실 침지액과 초정수압 병행처리구가 각각 7.42,

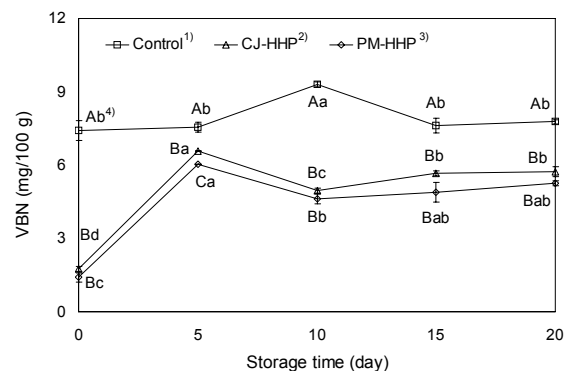


Fig. 3. Changes in volatile basic nitrogen (VBN) of mackerel fillet at 4°C after treated with three immersion liquids and high hydrostatic pressure. ¹Immersion liquid (pH 6.5). ²Immersion liquid adjusted to pH 4.5 with *Citrus junos*+high hydrostatic pressure at 450 MPa. ³Immersion liquid adjusted to pH 5.5 with *Prunus mume*+high hydrostatic pressure at 450 MPa. ⁴Means in the same storage time (A-C) and same immersion liquid (a-d) bearing different letters are significantly different ($P < 0.05$).

1.75, 1.40 mg/100 g의 VBN 함량을 보였으며, 기본 침지액 처리구의 경우 저장 10일차에 9.31 mg/100 g으로 다소 증가함을 보였으나 다시 감소하여 저장 20일차에 7.77 mg/100 g의 함량을 보임을 확인하였다. 유자 침지액과 초정수압 병행처리구의 경우 저장 5일차에 6.58 mg/100 g으로 다소 증가함을 보였으나 다시 감소하여 저장 20일차에 5.74 mg/100 g의 함량을 보임을 확인하였다. 매실 침지액과 초정수압 병행처리구의 경우 저장 5일차에 6.02 mg/100 g으로 다소 증가하였으나 다시 감소하여 저장 20일차에 5.25 mg/100 g의 함량을 보임을 확인하였다. 일반적으로 어육의 선도 판별 기준인 VBN 함량은 극히 신선한 어육에서 5~10 mg/100 g, 보통 선도의 어육에서 15~25 mg/100 g, 부패 초기의 어육에서 30~40 mg/100 g, 부패 정도가 심한 경우 50 mg/100 g 이상을 나타내는 것으로 알려져 있다(8). 침지액의 처리에 의해 저장 20일차까지 VBN 함량이 8 mg/100 g 이하로 유지되었으며, 유자 및 매실 침지액 처리 후 초정수압 처리한 경우 저장 20일차까지 6 mg/100 g 이하의 VBN 함량을 보여 신선한 상태가 유지됨을 확인하였다. 이는 pH가 모든 처리구에서 저장 20일차까지 큰 차이가 없는 결과와도 유사하였다. 이 결과로 미루어 기본 침지액 처리 및 유자, 매실 침지액과 초정수압의 병행처리가 고등어 필렛의 저장성 증진에 매우 효과적일 것으로 사료된다.

산화도

식품 중의 불포화지방산은 쉽게 산화되어 과산화물을 생성하여 식품의 품질을 저하시키는 것으로 알려져 있다. 고등어의 경우 불포화지방산 함량이 높아 비교적 빨리 산패되며, 따라서 고등어 가공에 있어 지질 산화의 억제와 제품의 품질 유지에 매우 중요하다. 불포화지방산이 산화되어 생성된 과산화물 중 malonaldehyde는 2-thiobarbituric acid와 결합하여 붉은 색으로 발색하는데, 이 정도를 측정하여 식품의 산화도를 알 수 있다(30). 유자 및 매실 침지액과 초정수압 병행처리의 산화도 억제 효과를 측정된 결과(Table 2), 저장 초기에 기본 침지액과 유자, 매실침지액은 각각 0.283, 0.272, 0.335 MDA mg/kg의 산화도를 보였다. 기본 침지액 처리구의 경우 저장기간이 증가할수록 산화도가 유의적으로 증가하여 20일차에는 0.442 MDA mg/kg의 값을 보였으나, 유자, 매실 침지액 처리 후 450 MPa로 초정수압 처리한 경우 저장 일차가 증가함에 따른 산화도의 유의적인 차이가 없어 산화가 억제된 것을 확인하였으며, 기본 침지액 처리구에 비해 20일차에서 산화도를 각각 약 33% 및 12% 억제함을 확인하여 유자, 매실 농축액으로 pH를 조절한 침지액과 초정수압의 병행처리가 고등어 필렛의 산화를 억제하는 데 효과가 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 녹차, 생강, dill weed, 키토산, 올리고당 혼합액을 고등어 필렛에 처리한 경우 대조구에 비해 낮은 산화도를 보인 결과(31)와 유사하였으며, 유자 착즙액과 자숙액을 처리한 고등어어의 산화도가 무처리구에 비해 낮은 값을 보인 결과(11)와 일치하였다.

Table 2. Changes in thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value of mackerel fillet at 4°C after treated with three immersion liquids and high hydrostatic pressure (Unit: MDA mg/kg)

Day	Immersion liquid		
	Control ¹⁾	CJ-HHP ²⁾	PM-HHP ³⁾
0	0.283±0.021 ^{Ab4)}	0.272±0.002 ^{Aa}	0.335±0.023 ^{Aa}
5	0.237±0.018 ^{Ab}	0.274±0.029 ^{Aa}	0.223±0.002 ^{Aa}
10	0.372±0.003 ^{Aa}	0.242±0.013 ^{Ba}	0.210±0.034 ^{Ba}
15	0.381±0.032 ^{Aa}	0.254±0.002 ^{Ba}	0.245±0.033 ^{Ba}
20	0.442±0.031 ^{Aa}	0.295±0.054 ^{Aa}	0.389±0.091 ^{Aa}

¹⁾Immersion liquid (pH 6.5).
²⁾Immersion liquid adjusted to pH 4.5 with *Citrus junos*+high hydrostatic pressure at 450 MPa.
³⁾Immersion liquid adjusted to pH 5.5 with *Prunus mume*+high hydrostatic pressure at 450 MPa.
⁴⁾Means in the same row (A,B) and column (a,b) bearing different superscript letters are significantly different ($P<0.05$).

색도

기본 침지액의 처리 및 유자, 매실 추출물로 pH를 조절한 침지액과 초정수압의 병행처리가 고등어어의 색도에 미치는 영향을 알아보기 위해 각 실험구의 색도를 측정하였다 (Table 3). 그 결과, 명도의 경우 세 처리구에서 모두 저장 일차에 따라 유의적인 증가를 보였으며, 유자 침지액과 매실 침지액과 초정수압 처리구가 기본 침지액 처리구보다 유의

Table 3. Changes in color of mackerel fillet at 4°C after treated with three immersion liquids and high hydrostatic pressure

Day	Immersion liquid			
	Control ¹⁾	CJ-HHP ²⁾	PM-HHP ³⁾	
L*	0	46.37±0.04 ^{Cd4)}	67.39±0.02 ^{Bd}	72.50±0.41 ^{Ae}
	5	62.38±0.32 ^{Cc}	77.29±0.85 ^{Bc}	79.49±0.13 ^{Ac}
	10	62.04±0.01 ^{Cc}	77.46±0.32 ^{Bbc}	78.58±0.42 ^{Ad}
	15	65.14±0.04 ^{Cb}	81.32±0.18 ^{Ba}	82.09±0.12 ^{Aa}
	20	66.05±0.05 ^{Ca}	79.12±0.08 ^{Bb}	81.11±0.08 ^{Ab}
a*	0	0.23±0.07 ^{Ac}	-0.34±0.08 ^{Bc}	-0.71±0.26 ^{Bc}
	5	0.21±0.11 ^{Ac}	-0.45±0.32 ^{Ac}	-0.22±0.20 ^{Abc}
	10	0.80±0.28 ^{Ab}	-0.48±0.02 ^{Bc}	-0.11±0.33 ^{Bb}
	15	0.57±0.01 ^{Abc}	0.69±0.02 ^{Ab}	0.15±0.20 ^{Bab}
	20	1.67±0.03 ^{Aa}	1.66±0.38 ^{Aa}	0.70±0.04 ^{Ba}
b*	0	0.16±0.05 ^{Ad}	-2.71±0.39 ^{Bd}	-0.09±0.08 ^{Ae}
	5	4.35±0.27 ^{Ac}	1.38±0.18 ^{Bc}	4.75±0.04 ^{Ad}
	10	5.48±0.07 ^{Ab}	3.68±0.12 ^{Bb}	5.12±0.20 ^{Ac}
	15	6.39±0.06 ^{Ba}	8.08±0.10 ^{Aa}	7.83±0.22 ^{Ab}
	20	6.57±0.31 ^{Ca}	8.19±0.09 ^{Ba}	9.44±0.06 ^{Aa}
L* - 3b*	0	45.89±0.12 ^{Cb}	75.54±0.95 ^{Aa}	72.75±0.39 ^{Ba}
	5	49.34±0.70 ^{Ca}	73.16±0.82 ^{Ab}	65.24±0.15 ^{Bb}
	10	45.61±0.18 ^{Cb}	66.42±0.40 ^{Ac}	63.23±0.60 ^{Bc}
	15	45.96±0.15 ^{Cb}	57.09±0.28 ^{Bd}	58.62±0.54 ^{Ad}
	20	46.35±0.77 ^{Cb}	54.31±0.68 ^{Ae}	52.78±0.15 ^{Be}

¹⁾Immersion liquid (pH 6.5).
²⁾Immersion liquid adjusted to pH 4.5 with *Citrus junos*+high hydrostatic pressure at 450 MPa.
³⁾Immersion liquid adjusted to pH 5.5 with *Prunus mume*+high hydrostatic pressure at 450 MPa.
⁴⁾Means in the same row (A-C) and column (a-e) bearing different superscript letters are significantly different ($P<0.05$).

적으로 높은 값을 보였으며, 유자와 매실 침지액 처리구 사이에는 큰 차이를 보이지 않았다. 적색도의 경우 세 처리구에서 모두 저장 일차에 따라 증가하는 경향을 보였으며 기본 침지액만 처리한 경우에서 가장 높게 나타났다. 황색도의 경우도 마찬가지로 세 처리구에서 저장 일차에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 저장 20일차에서 매실 침지액 처리구가 가장 높은 값을 보임을 확인하였다. 본 연구에서 사용된 침지액에는 유자 및 매실 농축액이 미량 함유되어 있어 유자와 매실에 의한 색의 변화보다는 초정수압에 의한 색의 변화가 일어난 것으로 사료되며, 그 결과 초정수압을 처리한 경우에 백색도가 증가하고 적색도가 낮아지는 것을 확인하였으며, 이는 초정수압 처리에 의해 고등어 근육의 단백질이 변성되었기 때문으로 사료된다. 같은 결과로 Cruz-Romero 등(32)은 굴에 100~800 MPa의 초정수압 처리를 하였을 때 명도가 증가하고 적색도가 감소하는 것이 근원섬유와 근소포 단백질의 변성과 관련 있다고 보고하였으며, Choi 등(33)은 육제품의 초고압 처리에 의한 육색 변화는 300 MPa 이상의 압력에서 단백질이 비가역적 변성을 일으켜 명도가 크게 상승한다고 보고하였다.

휘발성 유기화합물 향기성분(VOCs) 변화

기본 침지액 처리 및 유자, 매실 침지액 처리와 초정수압의 병행처리가 고등어의 휘발성 유기화합물 향기성분에 미치는 영향을 알아보기 위해 mass spectrum과 retention time index 값을 참고하여 처리 직후 및 저장 20일차에 고등어 필렛의 향기성분 물질을 분석하고 GC-MS를 이용하여 동정한 성분과 피크의 상대적 면적을 나타내었다(Table 4, 5). 기본 침지액 처리구의 경우 처리 직후에 aldehyde류 3종, ketone류 1종, alcohol류 4종, acid류 1종, hydrocarbon류 2종, ester류 1종 등이 나타났으며, 20일차에 aldehyde류 6종, ketone류 9종, alcohol류 12종, acid류 1종, hydrocarbon류 67종, ester류 12종, sulfur류 5종이 나타났다. 유자 침지액과 초정수압의 병행처리구의 경우 0일차에 aldehyde류 3종, ketone류 4종, alcohol류 3종, hydrocarbon류 4종, ester류 1종 등이 나타났으며 acid류는 나타나지 않았다. 저장 20일차에서는 aldehyde류 5종, ketone류 3종, alcohol류 4종, hydrocarbon 18종, sulfur류 1종, ester류 4종이 나타났다. 매실 침지액과 초정수압의 병행처리구의 경우 처리 직후에 aldehyde류 5종, ketone류 1종, alcohol류 5종, hydrocarbon류 8종이 나타났으며, acid류는 나타나지 않았다. 저장 20일차에는 aldehyde류 3종, ketone류 1종, alcohol 4종, hydrocarbon 14종, ester류 3종이 나타났으며, sulfur류는 검출되지 않았다.

Lee(34)는 acetaldehyde, isobutanol, 2-methyl butanal, 3-methyl butanal, 2,3-pentadione, ethanol, butanol, methyl mercaptan, dimethyl sulfide, carbon disulfide, dimethyl disulfide, dimethyl trisulfide, trimethylamine 등이 고등어의 이취 발생과 직접적인 관련이 있다고

Table 4. Major volatile compounds of mackerel fillet at 4°C after treated with three immersion liquids and high hydrostatic pressure at 0 day (peak area $\times 10^5$)

Compounds	Peak area		
	Immersion liquid		
	Control ¹⁾	CJ-HHP ²⁾	PM-HHP ³⁾
Aldehydes			
Acetaldehyde	—	27.6	57.6
Propionaldehyde	324.7	462.4	535.1
Butanal	—	19.0	21.6
n-Hexanal	—	—	18.2
Octanal	—	—	—
Nonanal	50.2	—	15.2
n-Decanal	55.8	—	—
Ketones			
2,3-Pentanedione	—	—	—
2,5-Di-t-amyl-p-benzoquinone	—	—	—
2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione	7.8	—	—
2-Butanone	—	0.5	—
Etc.	—	135.9	15.0
Alcohols			
Ethanol	1,144.1	861.6	1,088.8
1-Propanol	28.4	66.9	58.5
Trimethylsilanol	23.8	—	16.7
1-Penten-3-ol	109.5	86.5	58.8
2,6-Diphenylphenol	—	—	—
1-Octadecanol	—	—	—
Methanol	—	—	27.5
Ether			
Decanoic acid, decyl ester	—	—	—
Lauric acid, N-octyl ester	31.4	—	—
Acetic acid, methyl ester	—	2.8	—
Dibutylphthalate	102.7	—	—
Acids			
Methyl acetate	7.6	—	—
Benzoic acid	—	—	—
Lauric acid group	—	—	—
Biphenyl-4-carboxylic acid	—	—	—
Hydrocarbons			
n-Pentane	—	16.6	10.4
n-Hexane	118.3	147.1	143.1
Trichloromethane	1,197.5	1,501.7	979.1
Benzene	—	39.9	34.4
Etc.	649.2	35.3	108.9
Esters			
Lauric acid, N-octyl ester	31.4	—	—
Acetic acid, methyl ester	—	2.8	—

¹⁾Immersion liquid (pH 6.5).

²⁾Immersion liquid adjusted to pH 4.5 with *Citrus junos*+high hydrostatic pressure at 450 MPa.

³⁾Immersion liquid adjusted to pH 5.5 with *Prunus mume*+high hydrostatic pressure at 450 MPa.

보고하였다. 일반적으로 어류의 향기성분 중 aldehyde류와 ketone류는 산패취를 형성하는 성분으로 알려져 있으며(35), alcohol류는 지방산의 2차적 분해 산물로 carbonyl의 환원 반응 또는 미생물의 대사활성에 의해 생성되는 것으로 알려져 있으나(36), 높은 역치를 가져 식품의 향기에는 큰

영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다(37,38). 또한 acid

Table 5. Major volatile compounds of mackerel fillet at 4°C after treated with three immersion liquids and high hydrostatic pressure at 20 days (peak area × 10⁵)

Compounds	Peak area		
	Immersion liquid		
	Control ¹⁾	CJ-HHP ²⁾	PM-HHP ³⁾
Aldehydes			
Acetaldehyde	—	45.3	109.2
Propionaldehyde	288.5	722.0	326.2
Butanal	15.1	46.1	—
n-Hexanal	24.4	21.9	—
Octanal	—	—	—
Nonanal	—	—	—
n-Decanal	9.4	—	—
Etc.	18.2	0.9	2.1
Ketones			
2,3-Pentanedione	43.6	23.7	—
2,5-Di-t-amyl-p-benzoquinone	95.5	—	—
2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione	—	—	—
2-Butanone	2.2	1.0	1.1
Etc.	115.2	41.8	—
Sulfurs			
Methanesulfonylchloride	—	0.4	—
Methanesulfonic anhydride	2.7	—	—
Benzothiazole	0.8	—	—
4-Methyl-3-nitro-benzenesulfonyl chloride	1.1	—	—
1,2-Cyclododecanediol, bis(4-methylbenzenesulfonate)	0.9	—	—
Cyclohexane, isothiocyanato-	1.9	—	—
Alcohols			
Ethanol	127.1	340.5	1,203.4
1-Propanol	10.1	—	—
Trimethylsilanol	34.9	70.8	15.8
1-Penten-3-ol	68.7	50.7	36.4
2,6-Diphenylphenol	—	—	—
1-Octadecanol	—	—	—
Methanol	11.1	44.7	48.0
Etc.	29.3	—	—
Acids			
Methyl acetate	7.6	—	—
Hydrocarbons			
n-Pentane	5.6	35.5	14.1
n-Hexane	159.8	684.3	720.2
Trichloromethane	758.9	976.8	956.8
Benzene	24.2	34.1	41.0
Etc.	1,793.9	742.2	150.1
Esters			
Lauric acid, N-octyl ester	—	2,595.9	—
Acetic acid, methyl ester	25.8	4.6	2.7
Acetic acid, ethyl ester	—	190.8	138.1
Ethyl ether	6.4	10.9	12.6

¹⁾Immersion liquid (pH 6.5).

²⁾Immersion liquid adjusted to pH 4.5 with *Citrus junos*+high hydrostatic pressure at 450 MPa.

³⁾Immersion liquid adjusted to pH 5.5 with *Prunus mume*+high hydrostatic pressure at 450 MPa.

류 중 특히 지질 및 지방산화생성물에 의해 생성된 휘발성 저급 지방산은 산패취나 자극취의 일종으로 알려져 있다 (39). 본 연구에서 모든 처리구에서 저장 일차가 증가할수록 비린내 유발 성분인 aldehyde류, ketone류가 증가하는 경향을 보였으며, 특히 기본 침지액 처리구의 경우 저장 20일 차에 sulfur류의 함량이 급격하게 증가함을 보였다. 기본 침지액 처리구와 비교 시 전반적으로 alcohol, ketone 및 acid 류의 양이 초정수압 처리구에서 감소하는 것을 확인하여 초정수압의 병행처리가 비린내 감소에 효과가 있음을 확인하였으며, 특히 20일차에 기본 침지액 처리구는 sulfur류의 함량이 큰 폭으로 증가하였으나 초정수압의 병행처리구에는 나타나지 않았다.

일반적으로 유자의 향기성분으로는 terpinene계 탄화수소인 limonen 및 γ -terpinene이 가장 잘 알려져 있으며 (40,41), 매실의 향기성분은 주로 benzaldehyde, benyl alcohol, 5-methyl-2-furfural, 2,3-dimethyl maleic anhydride 등이 보고된 바 있고(42), 특히 매실의 과일향은 linanol(43)과 ketone류의 γ -dodecalactone(44)에 의한 것이라고 보고하였다. 본 연구 결과에서 이러한 유자, 매실의 과일향 성분은 나타나지 않았는데, 이는 유자 및 매실 농축액의 함량이 매우 적고 pH를 맞추기 위한 용도로 처리하였기 때문에 사용된 농축액의 양이 적었기 때문으로 사료된다. 결론적으로 유자, 매실 침지액 처리 후 초정수압 병행 처리한 처리구가 기본 침지액을 처리한 처리구보다 저장기간 동안의 기호도에 영향을 미칠 수 있는 비린내나 산패취의 발생을 억제시킨 것으로 사료되며, 이는 품질을 저하시키는 미생물을 억제하고 산화가 억제됨에 따른 품질 유지기간의 증대에 의한 것으로 사료된다.

관능평가

기본 침지액의 처리 및 유자, 매실 추출물로 pH를 조절한 침지액과 초정수압의 병행처리가 고등어 육의 관능적 특성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 관능평가를 실시하였다 (Table 6). 향, 맛, 염도, 경도, 탄력성 평가 결과, 저장 일차 별 세 실험구 사이에서는 유의적인 차이는 없었으나 신선한 향 및 신선한 맛은 유자, 매실 침지액 및 초정수압 병행처리구가 대조구에 비해 더 높은 점수를 받아 고등어 자체의 비린향 및 비린맛이 다소 약해진 것으로 나타났다. 염도는 유자, 매실 침지액 및 초정수압 병행처리구가 대조구에 비해 점수가 높게 나타났다. 이는 침지액이 초정수압 처리 시에 고등어 육 내부로 침투가 잘 일어나 대조구에 비해 염도가 강해진 것으로 사료된다. 경도와 탄력성은 저장초기에는 유자, 매실 침지액 및 초정수압 병행처리구가 대조구에 비해 다소 높은 점수를 받았다. 이는 초정수압 처리에 의해 고등어 육 단백질의 변성으로 인해 경도가 강해졌으며 초고압 처리한 식육의 경우 초고압을 처리하지 않은 대조구에 비하여 보수력이 향상된다고 알려져 있는데(45), 본 연구에서도 대조구에 비해 탄력성이 약간 강해짐을 보여 초고압 처리에

Table 6. Changes of sensory evaluation of mackerel fillet at 4°C after treated with three immersion liquids and high hydrostatic pressure

Immersion liquid	Day	Aroma	Taste	Salinity	Hardness	Springiness
Control ¹⁾	0	3.83±1.03	3.67±0.98	2.75±0.45	2.75±0.45	3.25±1.06
	5	3.18±0.75	2.82±0.87	2.73±0.79	2.73±0.79	2.91±0.70
	10	2.92±0.29	2.33±0.65	2.67±0.78	2.67±0.78	2.50±0.80
	15	3.11±0.78	2.56±0.88	2.44±1.01	2.44±1.01	2.33±0.71
	20	2.64±0.92	2.27±0.79	2.09±0.54	2.09±0.54	2.27±0.79
CJ-HHP ²⁾	0	4.25±0.97	4.25±1.14	4.25±0.97	4.25±0.97	4.33±0.98
	5	4.18±1.08	4.00±1.00	4.18±0.98	4.18±0.98	4.00±0.89
	10	4.00±0.60	4.08±0.90	3.83±0.94	3.83±0.94	3.83±1.11
	15	4.11±0.60	3.67±1.00	4.00±1.32	4.00±1.32	3.33±0.87
	20	3.73±1.10	3.73±1.01	3.64±0.92	3.64±0.92	3.27±1.19
PM-HHP ³⁾	0	4.17±0.72	4.33±0.89	4.58±1.24	4.58±1.24	4.50±1.00
	5	3.91±0.70	3.91±0.94	3.82±1.33	3.82±1.33	3.82±1.25
	10	3.83±0.58	4.00±0.60	4.00±1.04	4.00±1.04	4.17±1.19
	15	4.22±0.44	3.78±0.67	3.33±1.00	3.33±1.00	3.11±0.78
	20	3.73±1.01	3.64±1.12	3.73±1.01	3.73±1.01	3.18±0.98

¹⁾Immersion liquid (pH 6.5).

²⁾Immersion liquid adjusted to pH 4.5 with *Citrus junos*+high hydrostatic pressure at 450 MPa.

³⁾Immersion liquid adjusted to pH 5.5 with *Prunus mume*+high hydrostatic pressure at 450 MPa.

All data are not significant.

의해 보수력이 향상되었음을 알 수 있다. 따라서 침지액과 초정수압의 병행처리가 관능적인 특성에는 큰 변화를 주지 않으면서 미생물 생육, VBN 함량의 증가, 산화도 증가를 억제시키는 효과가 있어 품질 개선에 우수한 처리방법임을 확인하였다.

요 약

소금, 설탕을 이용해 제조한 pH 6.5의 침지액 처리와 유자 및 매실 농축액을 이용하여 각각 pH 4.5, 5.5로 조정된 침지액과 450 MPa의 초정수압 병행처리가 고등어 필렛의 저장성 및 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 생균수, pH, VBN 함량, 산화도, 색도, VOCs, 관능평가를 실시하였다. 일반생균수를 측정된 결과, 기본 침지액 처리구에 비해 유자, 매실 침지액 및 초정수압의 병행처리구에서 균의 생육이 억제되는 것을 확인하였다. VBN 함량 측정 결과, 세 처리구 모두 저장 20일차까지 VBN 함량이 10 mg/100 g 이하로 나타나 신선한 상태를 유지하였다. 산화도를 측정된 결과, 기본 침지액의 경우 저장 20일차에 0.442 MDA mg/kg을 보였으나 유자 및 매실 침지액과 초정수압 병행처리의 경우 각각 기본 침지액의 산화도에 비해 33% 및 12% 억제함을 보여 병행처리 산화억제 효과를 확인하였다. 색도의 경우 초정수압 병행처리에 의해 명도, 백색도가 증가하고 적색도가 감소하는 경향을 보였다. 향기성분 분석 결과, 유자, 매실 침지액 및 초정수압 병행처리구에서 저장 20일차까지 sulfur류 및 acid류가 나타나지 않아 부패취나 비린내가 억제된 것으로 사료된다. 관능평가 결과, 저장 일차별 및 처리구별 유의적인 차이는 없었으나 유자, 매실 침지액 및 초정수압의 병행처리구에서 향 및 맛은 비린 향과 맛이 감소하였고 경도

및 탄력성은 증가함을 보였다. 결론적으로 고등어의 경우 저장 및 유통과정에서 산패와 미생물 증식에 의한 품질 저하가 가장 큰 문제점으로, 본 연구 결과와 같이 미생물의 효과적인 증식 억제 방법으로 침지액 처리 및 유자 또는 매실을 이용해 pH를 조절한 침지액과 초정수압의 병행처리는 고등어의 저장성 증진 및 품질 개선 효과를 통한 대중적 상품화에 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2013R1A1A2009906)이며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Jung SA. 2013. Inhibitory activity of histidine decarboxylase in mackerel by natural materials and high hydrostatic pressure treatments. *MS Thesis*. Pukyong National University, Busan, Korea. p 1-71.
2. Song EJ, Kim JY, Lee SY, Kim KBWR, Kim SJ, Yoon SY, Lee SJ, Lee CH, Ahn DH. 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.
3. Kim DH. 2012. Inhibitory effect of natural materials and high hydrostatic pressure treatments on histamine production in mackerel. *MS Thesis*. Pukyong National University, Busan, Korea. p 1-94.
4. Garcia DJ. 1998. Omega-3 long-chain PUFA nutraceuticals. *Food Technol* 52: 44-49.
5. Kim JS, Yeum DM, Kang HG, Kim JS, Kong CS, Lee TG, Heu TG. 2002. *Fundamentals and applications for canned foods*. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea. p 32-36.

6. Cho SJ, Choe YK, Lee SY, Byun SM, Chung JR. 1985. Radurization effect of Korean mackerel. *Bull Korean Fish Soc* 18: 219-226.
7. Kim JH, Ha JH. 1989. Preservation of mackerel by irradiation. *Cheju National University Journal* 29: 201-210.
8. 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 Food Cookery Sci* 21: 662-668.
9. 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.
10. Kang BK, Kim KBWR, Kim MJ, Kim DH, Jung SA, Bark SW, Pak WM, Kim BR, Park HM, Byun MW, Ahn DH. 2013. Inhibitory effect of high hydrostatic pressure treatments on histamine production in mackerel *Scomber japonicus*. *Kor J Fish Aquat Sci* 46: 733-738.
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. 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.
13. Yoon KY, Hong JY, Kim MH, Cho YS, Shin SR. 2007. Changes on the characteristics of salted mackerel treated extracts of edible plants during storage. *Korean J Food Preserv* 14: 439-444.
14. Lee JR, Jung JD, Hah YJ, Lee JD, Jin SK, Lee CY, Sung NJ, Do CH. 2004. Effects of addition of citron peel powder on the quality characteristics of emulsion-type sausages. *J Anim Sci Technol* 46: 849-858.
15. Shim KH, Sung NK, Choi JS, Kang KS. 1989. Changes in major components of Japanese apricot during ripening. *J Korean Soc Food Nutr* 18: 101-108.
16. Son SS, Ji WD, Chung HC. 2003. Optimum condition for alcohol fermentation using mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) fruit. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 539-543.
17. Han JT, Lee SY, Kim KN, Baek NI. 2001. Rutin, antioxidant compound isolated from the fruit of *Prunus memu*. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 44: 35-37.
18. Kameoka H, Kitagawa C. 1976. Constituents of the fruits of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 50: 389-393.
19. Lee HA, Nam ES, Park SI. 2003. Effect of *maesil* (*Prunus mume*) juice on antimicrobial activity and shelf-life of wet noodle. *Korean J Food Culture* 18: 428-436.
20. Oh NG, Jeong JH, Choi UK. 2013. Changes in quality characteristics of pork rectum by addition of *Maesil* (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.). *Korean J Food & Nutr* 26: 453-458.
21. Knorr D, Heinz V, Buckow R. 2006. High pressure application for food biopolymers. *Biochem Biophys Acta* 1764: 619-631.
22. Jung S, Kang M, Kim IS, Nam KC, Ahn DU, Jo C. 2012. Effect of addition of phosvitin and high pressure processing on microbiological quality and lipid and protein oxidation of minced chicken leg meat. *Korean J Food Sci Ani Resour* 32: 212-219.
23. Choi YC, Jung KH, Chun JY, Choi MJ, Hong GP. 2013. Effects of high pressure and binding agents on the quality characteristics of restructured pork. *Korean J Food Sci An* 33: 664-671.
24. 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 of *Listeria monocytogenes* following high pressure processing of milk. *Int J Food Microbiol* 101: 53-61.
25. Stephens PJ, Mackey BM. 2003. Chapter 2 Recovery of stressed microorganisms. In *Handbook of Culture Media for Food Microbiology*. Corry JEL, Curtis GDW, Baird RM, eds. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. Vol 37, p 25-48.
26. Gou J, Zou Y, Choi GP, Park YB, Ahn JH. 2011. Effect of high pressure processing on the self life of seasoned squid. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1136-1140.
27. 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.
28. Angsupanich K, Ledward DA. 1998. High pressure treatment effects on cod (*Gadus morhua*) muscle. *Food Chem* 63: 39-50.
29. 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.
30. Kim JY. 2008. Food materialization of spent coffee ground extracts and variation of coffee antioxidant ability according to extraction process. *MS Thesis*. Pukyong National University, Busan, Korea. p 1-60.
31. Shin SR, Hong JY, Nam HS, Huh SM, Kim KS. 2006. Chemical changes of salted mackerel by Korean herbal extracts treatment and storage methods. *Korean J Food Preserv* 13: 18-23.
32. Cruz-Romero M, Smiddy M, Hill C, Kerry JP, Kelly AL. 2004. Effects of high pressure treatment on physicochemical characteristics of fresh oysters. *Innovative Food Sci Emerging Technol* 5: 161-169.
33. Choi YC, Jung KH, Chun JY, Choi MJ, Hong GP. 2013. Effects of high pressure and binding agents on the quality characteristics of restructured pork. *Korean J Food Sci Ani* 33: 664-671.
34. Lee DS. 2011. Headspace volatile compounds identified from Alaska pollack and mackerel during storage. *MS Thesis*. Pukyong National University, Busan, Korea. p 1-62.
35. Yajima I, Nakamura M, Sakakibara H, Ide J, Yanai T, Hayashi K. 1983. Volatile flavor components of dried bonito (katsuo-bushi), 3: Frin beytrak fraction. *Agric Biol Chem* 47: 1755-1760.
36. Park HK, Sohn KH, Park OJ. 1995. Analysis of significant facts in the flavor of traditional Korean soy sauce (Ⅲ)—aroma compound analysis. *Korean J Dietary Culture* 12: 173-182.
37. Cha YJ, Cadwallader KR, Baek HH. 1993. Volatile flavor components in snow crab cooker effluent and effluent concentrate. *J Food Sci* 58: 525-530.
38. Maga JA, Sizer CE. 1973. Pyrazines in foods. Review. *J Agric Food Chem* 21: 22-30.
39. Noh TH. 2008. The character impact precursors and flavor constituents of the odor evolved from cooked oyster. *MS Thesis*. Gyeongsang National University, Jinju, Korea. p 1-52.
40. Lee SJ, Shin JH, Kang MJ, Jeong CH, Ju JC, Sung NJ. 2010. Physicochemical properties, free sugar and volatile compounds of Korean citrons cultivated in different areas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 92-98.
41. Jeong JW, Lee YC, Jung SW, Lee KM. 1994. Flavor components of citron juice as affected by the extraction method.

- Korean J Food Sci Technol* 26: 709-712.
42. Kameoka H, Tsujino H, Yabuno K, Inoue H. 1981. Constituents of steam volatile oils from Umezuke and Umeboshi [pickled ume, Japanese apricot]. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 55: 1233-1235.
43. Chen CC, Kuo MC, Liu SE, Wu CM. 1986. Volatile components of salted and pickled prunes (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.). *J Agric Food Chem* 34: 140-144.
44. Takeoka GR, Flath RA, Mon TR, Teranish R, Guentert M. 1990. Volatile constituents of apricot (*Prunus armeniaca*). *J Agric Food Chem* 38: 471-477.
45. 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.