

# 수산식품가공소재로서 시판 적색육 어류[고등어(*Scomber japonicus*), 삼치(*Scomberomorus niphonius*), 청어(*Clupea pallasii*)]의 화학적 위생특성

강영미<sup>1</sup>, 박선영<sup>1,2</sup>, 이수광<sup>1,2</sup>, 이정석<sup>1</sup>, 허민수<sup>1,3</sup>, 김진수<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 수산식품산업화 기술지원센터, <sup>2</sup>경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소, <sup>3</sup>경상대학교 식품영양학과

## Chemical Characterization of Commercial Dark-fleshed Fishes (Mackerel *Scomber japonicus*, Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*, Pacific herring *Clupea pallasii*) as a Raw Material for Seafood Products

Young Mi Kang<sup>1</sup>, Sun Young Park<sup>1,2</sup>, Su Gwang Lee<sup>1,2</sup>, Jung Suck Lee<sup>1</sup>, Min Soo Heu<sup>1,3</sup> and Jin-Soo Kim<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

<sup>2</sup>Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

<sup>3</sup>Department of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

This study examined chemical characterization in commercial dark-fleshed fish (mackerel *Scomber japonicus*, Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*, and Pacific herring *Clupea pallasii*) to determine their suitability for use as raw materials for seafood products. The volatile basic nitrogen (VBN), heavy metal, radioactivity, polychlorinated biphenyl (PCBs), benzo[a]pyrene, and histamine concentrations were measured. The VBN in all of the dark-fleshed fish was less than 20 mg/100 g, which is the limit for raw materials for seafood processing. Except for mackerel based on the lead (Pb) standards of the European Union (EU), Taiwan, and CODEX, and all fish based on the cadmium (Cd) standards for China and the EU, the commercial dark-fleshed fish were free from total mercury (Hg), Pb, and Cd based on domestic and foreign standards. The radioactivity, polychlorinated biphenyl (PCB), benzo[a]pyrene, and histamine concentrations of the commercial dark-fleshed fish all adhered to the domestic and foreign standards. The commercial dark-fleshed fish tested could all be used as raw materials for seafood products, except for some exported products.

Key words: Migratory fishes, Mackerel, Japanese Spanish mackerel, Pacific herring, Dark-fleshed fishes

### 서론

적색육 어류는 대부분이 우리나라 연근해에서 일시에 대량으로 어획되어 다소비가 되고 있는 대표적인 어종들로 백색육 어류에 비하여 혈합육의 비율이 높은 특징이 있으며, 고등어, 꽁치, 삼치 및 청어 등이 여기에 해당한다. 이들 적색육 어류에 대량 함유되어 있는 혈합육은 보통육에 비하여 myoglobin이나 hemoglobin 등과 같은 heme을 가지는 색소단백질과 여러 가

지 건강 기능을 나타내는 타우린을 많이 함유하고 있고, 지방질, 비타민 A, B, C, 철, 황 및 구리 등의 함량이 높아 영양 및 건강 기능적으로 우수한 것으로 알려져 있다(Park et al., 1985). 따라서, 적색육 어류는 백색육 어류에 비하여 영양 및 건강 기능적으로 우수한 식품 소재라고 볼 수 있다. 뿐만 아니라 적색육 어류의 수산물 생산(2014년) 순위(Korea Rural Economic Institute, 2015)는 전 수산물 중 가다랑어(323.26천 M/T)가 2위, 멸치(221.17천 M/T)가 4위, 고등어(131.20천 M/T)가 5위, 삼

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2017.0130>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 50(2) 130-138, April 2017

Received 3 February 2017; Revised 22 March 2017; Accepted 15 April 2017

\*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9146 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: jinsukim@gnu.ac.kr

치(31.21천 M/T)가 10위, 전갱이(31.07천 M/T)가 11위, 청어(23.86천 M/T)가 14위를 차지하여, 적색육 어류는 우리나라 수산식품의 원료 공급면에서 아주 우수한 자원들이다. 따라서, 우리나라에서는 이들 적색육 어류가 선어의 형태로 유통되고 있는 이외에 급식 소재로 단순히 절단되고 있을 뿐만이 아니라 간고등어, 통조림, 파메기, 초절임, 스테이크, 구이, 조림, 알가공품 등과 같이 다양한 소재로 이용되고 있다. 이로 인하여 우리나라 소비자들이 이들 고등어(*Scomber japonicus*), 삼치(*Scomberomorus nipponius*) 및 청어(*Clupea pallasii*)와 같은 적색육 어류의 섭취 기회가 많아 1일 섭취 수산물의 순위도 상위를 차지하고 있다. 즉, 우리나라 소비자들의 적색육 어류 1인 1일 섭취량(Korea Rural Economic Institute, 2015)은 멸치가 11.42 g/day/person으로 3위를, 고등어가 4.21 g/day/person으로 5위를, 다랑어류가 4.06 g/day/person으로 6위를, 콩치가 1.45 g/day/person으로 12위를, 청어가 0.81 g/day/person으로 17위를, 삼치가 0.75 g/day/person으로 20위를 차지할 정도로 높다.

한편, 대표적 적색육 어류인 고등어, 삼치 및 청어에 대한 식품학적 연구는 이들 어류의 일반성분 및 영양성분(Mok et al., 2008; Gao et al., 2014; Agustinelli and Yeannes, 2015a), 위생특성(Zhang et al., 2012; Hu et al., 2015; Kim et al., 2016) 및 가공 제품 개발(Inoue et al., 1971; Luo et al., 2010; Azad Shah et al., 2013; Agustinelli and Yeannes, 2015b) 등에 관한 다수의 연구가 있으나, 이들 어류의 식품공전(MFDS, 2016)에서 언급하고 있는 기준 규격을 종합적으로 언급하고 있는 연구는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 국내 연안에서 일시에 대량으로 어획되고 있는 대표적인 어류인 적색육 어류의 수산가공소재로서 고도 이용할 목적으로 우리나라 식품공전(MFDS, 2016)에서 기준 규격으로 제시하고 있는 시판 고등어, 삼치 및 청어 등과 같은 적색육 어류의 신선도, 중금속, 방사능, polychlorinated biphenyls (PCBs), 벤조피렌(benzo[a]pyrene) 및 바이오제닉 아민 등과 같은 위생 특성 등에 대하여 살펴보았다.

## 재료 및 방법

### 재료

시료로 사용한 적색육 어류(고등어 *Scomber japonicus*, 삼치 *Scomberomorus nipponius* 및 청어 *Clupea pallasii*)는 서울특별시, 부산, 인천, 대전, 광주광역시, 경상남도 통영시, 거제시, 전라남도 여수시, 강원도 강릉시에 소재하고 있는 대형마트, 전통시장 또는 가공공장에서 2016년 7-10월에 냉장 또는 냉동상태로 구입하여 시료로 사용하였다.

### 휘발성염기질소 함량

휘발성염기질소 함량은 Conway unit을 사용하여 미량확산법(Kapute et al., 2012)으로 측정하여 계산하였다.

### 중금속

본 연구에서 측정한 중금속은 총수은, 납, 카드뮴이었고, 이때 회수율 검증을 위하여 사용한 표준인증물질(Certified reference material)은 DOLT-4 (fish liver, National Research Council, Ottawa, Ontario, Canada) 및 DORM-4 (fish poison, National Research Council, Ottawa, Ontario, Canada)이었다.

총수은은 균질화된 시료 약 0.1 g을 이용하여 금아말감법으로 직접수은분석기(DMA-80, Milestone, Milano, Italy)로 분석하였고, 모든 결과는 Easy-DOC3 프로그램(Easy-DOC3 for DMA, Ver. 3.30, Milestone, USA)을 이용하여 산출하였다.

총수은을 제외한 나머지 중금속(카드뮴, 납)은 Kim (2014)이 언급한 방법에 따라 전처리하여 ICP-MS(ELAN DRC II, PerkinElmer, Santa Clara, USA)로 분석하였다. 이때 카드뮴, 납의 분석을 위한 표준용액은 원자흡광 분석용 혼합 표준액(1,000 mg/L)을 초순수로 희석하여 사용하였고, 분해용 시약은 초순수급 질산(supra-pure grade)을 사용하였으며, 시험에 사용한 물은 초순수 장치로 18 mΩ 이상의 정제된 것이었다.

### 방사능

방사능 분석은 식품공전(MFDS, 2016)에 따라 약 1 kg을 marinelli 비이커에 넣고 밀봉한 다음 고순도 게르마늄 감마핵종분석기(HPGe, OPTEC Advanced Measurement Technology Inc, TN, USA)로 실시하였으며, 측정에너지 범위는 0-2 MeV로 조정된 후 차폐용기 내의 검출기에 검체를 올려놓고, 최소 측정시간은 10,000초, 시험 대상핵종은 요오드(<sup>131</sup>I)와 세슘(<sup>134</sup>Cs+<sup>137</sup>Cs)으로 하였다. 이때, 방사능 분석 검체는 비가식부(뼈 등)를 제거한 다음 물로 세척하고, 탈수한 후 균질화시켜 사용하였다.

### Polychlorinated biphenyls (PCBs)

PCBs의 분석은 식품공전(MFDS, 2016)에 따라 실시하였다. 즉, PCBs분석을 위하여 검체 약 10 g을 속실텐 추출장치와 추출용매[디클로로메탄:헥산(3:1, v/v)] 300 mL로 추출하고, 이를 다층 실리카겔 칼럼으로 정제한 다음, DB-1 (60 m, 0.25 mm I.D., 0.25 μm)이 장착된 GC (Clarus 680, PerkinElmer, Santa Clara, USA)로 분석하였다. 이때 PCBs 7종의 표준품과 <sup>13</sup>C<sub>12</sub> 동족체로 된 PCBs 7종의 내부표준품을 nonane에 각각 녹여 표준용액을 만들어 사용하였다. 이때 표준품 7종은 trichlorobiphenyl (2, 4, 4'-trichlorobiphenyl), tetrachlorobiphenyl (2, 2', 5, 5'-tetrachlorobiphenyl), pentachlorobiphenyl (2, 2', 4, 5, 5'-pentachlorobiphenyl)과 2, 3', 4, 4', 5-pentachlorobiphenyl, hexachlorobiphenyl (2, 2', 3, 4, 4', 5'-hexachlorobiphenyl)과 2, 2', 4, 4', 5, 5'-hexachlorobiphenyl, heptachlorobiphenyl (2, 2', 3, 4, 4', 5, 5'-heptachlorobiphenyl)이었다.

### 벤조피렌(benzo[a]pyrene)

Benzo[a]pyrene의 분석은 식품공전(MFDS, 2016)에 따라 실

시하였고, 이때 표준용액과 내부표준용액은 benzo[a]pyrene의 표준물질 및 내부표준물질(3-methylcholanthrene)을 아세토니트릴에 녹여 100 µg/mL이 되도록 한 다음 이들 용액을 아세토니트릴을 사용하여 적당한 농도(1, 2.5, 5, 10, 25, 50, 100, 250 µg/L)로 희석한 것을 사용하였다.

시험용액의 알칼리 분해를 위하여 균질화된 검체 약 10 g (건조물의 경우 1-2 g)을 정밀히 취하여 1 M 수산화칼륨-에탄올 용액 100 mL와 함께 둥근바닥 플라스크에 넣고 내부표준물질 1 mL를 첨가한 후 환류냉각장치를 부착시켰다. 이를 미리 80°C로 예열된 전열기에서 3시간 동안 가열하여 알칼리 분해시키고, 신속히 냉각 후 헥산 50 mL를 환류냉각관을 통하여 넣었다. 둥근바닥 플라스크의 알칼리 분해액을 분액깔때기에 옮기고 에탄올:헥산(1:1, v/v)용액 50 mL로 세척하여 분액깔때기에 합쳤다. 이 용액에 3차 증류수(50 mL)를 넣어 심하게 흔들어 혼합한 후 헥산층을 분리하여 다른 분액깔때기에 받아두고 증류수층에 헥산 50 mL를 넣어 추출하는 과정을 두 번 반복하여 얻은 헥산층을 모두 합쳤다. 이 헥산층에 3차 증류수 50 mL를 넣고 흔들어 섞은 후 정치하여 증류수층을 버리는 조작을 3회 되풀이하고, 헥산층을 무수황산나트륨 약 15 g을 넣은 여과지를 사용하여 탈수여과한 후 40°C이하의 수욕상에서 감압하여 약 2 mL로 농축하였다. 정제과정에 사용할 후로리실 카트리지는 미리 디클로로메탄 10 mL 및 헥산 20 mL를 초당 2-3방울의 속도로 유출시킨 후 사용하였다. 이 카트리지에 위의 농축액을 넣고 헥산 10 mL와 헥산/디클로로메탄(3:1, v/v) 20 mL로 각각 용출시킨 후 이 용출액을 40°C이하의 수욕상에서 질소가스 하에 농축·건고한 후 잔류물을 아세토니트릴에 녹여 전량을 1 mL로 하고 이를 membrane filter (0.45 µm, Thermo scientific, Massachusetts, USA)로 여과하여 시험용액으로 하였다. Benzo[a]pyrene의 분석은 Supelguard LC-18을 연결한 Supelcosil LC-PAH

(25 cm × 4.6 mm)이 장착된 액체크로마토그래프/형광검출기 (HPLC/FLD, A-10 Solvent & Sample Module, PDA Detector, FL Detector, PERKIN ELMER, Massachusetts, USA)를 사용하여 실시하였다. 또한, benzo[a]pyrene의 분석은 칼럼온도의 경우 35°C로, 이동상의 경우 3차 증류수와 아세토니트릴의 혼합액(8:2, v/v)으로, 유속은 1 mL/min으로, 검출기 파장은 여기 파장의 경우 294 nm, 형광파장의 경우 404 nm로 하였다.

### 히스타민

히스타민의 분석은 식품공전(MFDS, 2016)의 바이오제닉 아민(biogenic amine)의 분석법에 따라 전처리한 다음, C<sub>18</sub> (Shiseido CAPCELL PAK C18 MG S-5, 4.6 × 250 mm, 5 µm)이 장착된 HPLC (L-2000 series system, Hitachi Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 실시하였다. Biogenic amine의 분석을 위한 dansyl chloride 유도체의 이동상 조건은 55% acetonitrile을 최초 10분간 유지 후 15분까지 65%, 20분까지 80%로 하여 5분간 유지 후, 30분까지 90%로 하여 5분간 유지시켰다. 이때, 유속은 1 mL/min로 하고, UV detector (L-2400, Hitachi Co., Tokyo, Japan)의 파장은 254 nm로 하였다.

## 결과 및 고찰

### 휘발성염기질소 함량

시판 적색육 어류 60건(고등어 20건, 삼치 20건 및 청어 20건)의 휘발성염기질소 함량을 살펴본 결과는 Table 1과 같다. 휘발성염기질소는 암모니아와 TMA, DMA 등으로 구성된 휘발성염기물질로 선도가 신선한 어획 직후 근육 중의 경우 극히 적으나 선도가 저하함에 따라 이들 성분의 증가로 증가한다. 이러한 일면에서 휘발성염기질소 함량은 어류의 품질 지표 성분

Table 1. Volatile basic nitrogen content (mg/100 g) of migratory fishes (mackerel *Scomber japonicus*, Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*, Pacific herring *Clupea pallasii*) as raw materials for seafood products

No	Raw material			No	Raw material		
	Mackerel	Japanese Spanish mackerel	Pacific herring		Mackerel	Japanese Spanish mackerel	Pacific herring
1	8.0±0.5	8.8±0.5	15.6±0.5	12	7.6±1.0	7.5±1.0	15.5±1.0
2	19.0±1.0	11.0±1.0	12.0±1.0	13	6.9±1.0	10.0±1.0	10.0±1.0
3	9.8±1.0	6.8±1.0	7.9±1.0	14	7.7±1.0	7.0±0.5	6.6±0.5
4	16.6±1.2	9.5±1.0	8.9±1.0	15	17.0±1.0	8.9±1.0	7.8±1.0
5	10.4±1.0	12.8±1.2	14.0±1.2	16	10.2±1.0	10.6±1.0	13.0±1.0
6	9.1±0.5	14.3±1.0	7.2±1.0	17	9.8±1.0	12.2±1.2	15.0±1.2
7	10.3±1.0	7.2±1.0	8.4±1.0	18	7.7±1.0	7.5±1.0	11.0±1.0
8	10.8±1.0	9.8±1.0	9.2±1.0	19	16.7±1.9	7.0±0.5	12.5±0.5
9	9.0±1.0	10.4±1.0	12.7±1.0	20	13.2±1.9	6.2±1.0	12.3±1.0
10	7.0±1.0	11.2±1.9	12.1±1.9	Range	6.9-19.0	6.2-14.3	6.6-16.1
11	7.7±1.0	9.0±1.0	16.1±1.0	Mean	10.7±3.7	9.4±2.2	11.4±3.0

으로 자주 이용된다(Wu and Bechtel, 2008). 시판 적색육 어류의 휘발성염기질소 함량에 대한 범위와 평균값은 고등어의 경우 각각 6.9-19.0 범위 및  $10.7 \pm 3.7$  mg/100 g, 삼치의 경우 각각 6.2-14.3 범위 및  $9.4 \pm 2.2$  mg/100 g, 청어의 경우 각각 6.6-16.1 범위 및  $11.4 \pm 3.0$  mg/100 g으로 나타났다. 한편, Etienne (2005)는 어류의 품질지표 항목으로 휘발성염기질소가 적절하고, 신선한 어류는 일반어류의 경우 10-15 mg/100 g 범위 이하, 정어리와 같은 적색육 어류의 경우 16-20 mg/100 g 범위 이하 이었고, 초기 부패 어류는 25-35 mg/100 g 이하라고 보고한 바 있으며, Kim et al. (2002)은 어류의 수산가공원료 한계점이 20 mg/100 g 이하라고 보고한 바 있다. 또한, EU는 식용 소재로서 어류의 휘발성염기질소 함량을 25-35 mg/100 g이라고 제시한 바 있다(Koral and Kose, 2015). 따라서, 국내 시판 적색육 어류의 휘발성염기질소 함량에 대한 결과를 Etienne (2005)의 연구 결과와 Kim et al. (2002)의 보고로 미루어 보아 고등어, 삼치 및 청어의 3종 각 20건(총 60건)이 모두 신선할 뿐만 아니라 수산가공원료로 사용 가능하며, EU 및 중국의 기준 규격(30 mg/100 g 이하) (Kim, 2016)에도 모두 적합하다고 판단되었다.

### 중금속 농도

시판 적색육 어류 3종 163건(고등어 90건, 삼치 53건 및 청어 20건)의 중금속(총수은, 납 및 카드뮴) 농도를 살펴본 결과는 Table 2와 같다. 시판 적색육 어류 3종의 총수은 농도 범위 및 평균값은 고등어의 경우 각각 불검출-0.100 및  $0.032 \pm 0.028$  mg/kg, 삼치의 경우 각각 불검출-0.393 및  $0.064 \pm 0.096$  mg/kg, 청어의 경우 각각 0.021-0.031 및  $0.026 \pm 0.003$  mg/kg이었다. 한편, Cho (2016)는 국내 다소비 어류 18종(가오리, 가자미, 갈치, 고등어, 꽁치, 넙치, 대구, 멸치, 명태, 붕장어, 삼치, 아귀, 조피볼락, 쥐치, 참조기, 청어, 가다랑어 및 민어) 408건의 총수은 농도를 살펴본 결과 범위의 경우 0.002-0.683 mg/kg, 평균값의 경우  $0.050 \pm 0.065$  mg/kg, 중앙값의 경우 0.033 mg/kg으로 나타났다고 보고한 바 있고, Sho et al. (2000)은 우리나라 어패류 중 미량금속 함량 및 안전성을 평가한 결과 총수은 평균값은 0.082 mg/kg이었다고 보고한 바 있으며, Kim et al. (2007)은 유통 중인 해산어류의 총수은을 모니터링한 결과 평균값이 0.068 mg/kg이었다고 보고한 바 있다. 따라서 총

수은 평균값은 본 실험에서 검토한 적색육 어류 3종 중 고등어( $0.032 \pm 0.028$  mg/kg)와 청어( $0.026 \pm 0.003$  mg/kg)의 경우 위에서 언급한 모두에 비하여 약간 낮았고, 삼치( $0.064 \pm 0.096$  mg/kg)의 경우 Cho (2016)에 비하여는 높았고, Kim et al. (2007)에 비하여 유사하였으며, Sho et al. (2000)에 비하여 낮았다. 국내의 어류의 총수은 농도에 대한 기준 규격은 국내의 경우 0.5 mg/kg (단, 심해성 어류, 다랑어류 및 새치류 제외), 일본의 경우 0.4 mg/kg, 호주/뉴질랜드 및 EU의 경우 0.5 mg/kg으로 제시되어 있다(Kim, 2016). 이러한 결과로부터 본 연구에서 검토한 3종의 적색육 어류(고등어, 삼치 및 청어)의 총수은 농도는 각각 불검출-0.100 범위, 불검출-0.393 범위 및 0.021-0.031 mg/kg 범위로, 어종에 관계없이 이들 건수 모두는 검토된 국내의 기준 규격의 범위 이내에 있었다. 따라서, 이들 적색육 어류 3종으로 제조한 수산물 및 수산가공품은 가공공정 중 총수은 오염 위험이 없다면 총수은 측면에서는 문제가 없으리라 추정되었다. 시판 적색육 어류 3종의 납 농도 범위 및 평균값은 고등어의 경우 각각 불검출-0.336 범위 및  $0.068 \pm 0.092$  mg/kg, 삼치의 경우 각각 불검출-0.207 범위 및  $0.028 \pm 0.048$  mg/kg, 청어의 경우 각각 불검출-0.196 범위 및  $0.104 \pm 0.074$  mg/kg이었다. 한편, Cho (2016)는 국내 다소비 어류 18종 408건의 납 농도를 살펴본 결과 범위의 경우 ND-1.341 mg/kg, 평균값의 경우  $0.084 \pm 0.135$  mg/kg, 중앙값의 경우 0.045 mg/kg었다고 보고한 바 있고, Sho et al. (2000)은 우리나라 어패류 중 미량금속 함량 및 안전성을 평가한 결과 납 평균값이 0.29 mg/kg이었다고 보고한 바 있으며, Mok et al. (2009)은 한국 연안산 어류의 중금속 함량을 조사한 결과 납 평균값이 0.038 mg/kg이었다고 보고한 바 있다. 따라서 납 평균값은 본 실험에서 검토한 적색육 어류 3종 중 고등어( $0.068 \pm 0.092$  mg/kg)의 경우 Cho (2016)와 Sho et al. (2000)에 비하여 낮았고, Mok et al. (2009)에 비하여 높았으며, 삼치( $0.028 \pm 0.048$  mg/kg)의 경우 위에서 검토한 것들에 비하여 모두 낮았고, 청어( $0.104 \pm 0.074$  mg/kg)의 경우 Sho et al. (2000)에 비하여 낮았으나, 나머지 Cho (2016)와 Mok et al. (2009)에 비하여 높았다.

국내의 어류의 납 농도에 대한 기준 규격은 국내, 호주/뉴질랜드 및 중국의 경우 0.5 mg/kg, EU, 대만 및 CODEX의 경우 0.3 mg/kg으로 제시되어 있다(Kim, 2016). 따라서, 본 연구에서 검토한 3종의 적색육 어류(고등어, 삼치 및 청어)의 납 농도는 각

Table 2. Heavy metal concentration of dark-fleshed fishes (mackerel *Scomber japonicus*, Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*, Pacific herring *Clupea pallasii*) as raw materials for seafood products

Raw fish	N	Heavy metal (mg/kg)		
		Total Hg	Pb	Cd
Mackerel	90	ND <sup>1</sup> -0.100( $0.032 \pm 0.028$ )	ND-0.336( $0.068 \pm 0.092$ )	ND-0.154( $0.019 \pm 0.036$ )
Japanese Spanish mackerel	53	ND-0.393( $0.064 \pm 0.096$ )	ND-0.207( $0.028 \pm 0.048$ )	ND-0.080( $0.012 \pm 0.019$ )
Pacific herring	20	0.021-0.031( $0.026 \pm 0.003$ )	ND-0.196( $0.104 \pm 0.074$ )	ND-0.176( $0.094 \pm 0.071$ )

<sup>1</sup>ND, Not detected.

각 불검출-0.336 mg/kg 범위, 불검출-0.207 mg/kg 범위 및 불검출-0.196 mg/kg 범위로, 고등어를 제외한 삼치 및 청어는 건수에 관계없이 모두 검토했던 국내외 기준 규격의 범위 이내에 있었으나, 고등어의 경우 일부의 건수(1건으로 전체의 1.1%)가 EU, 대만 및 CODEX의 기준 규격 범위 외에 있었다. 따라서, 이들 적색육 어류 3종으로 제조한 수산물 및 수산가공품은 가공과정 중 납의 오염 위험이 없다면 납 측면에서는 문제가 없으리라 추정되었으나, 고등어의 경우 EU, 대만 및 CODEX 기준 규격 관리지역에 수출하고자 할 때 납에 대한 관리가 정밀하게 이루어져야 할 것이다. 시판 적색육 어류 3종의 카드뮴 농도 범위 및 평균값은 고등어의 경우 각각 불검출-0.154 범위 및  $0.019 \pm 0.036$  mg/kg, 삼치의 경우 각각 불검출-0.080 범위 및  $0.012 \pm 0.019$  mg/kg, 청어의 경우 각각 불검출-0.176 범위 및  $0.094 \pm 0.071$  mg/kg이었다. 한편, Cho (2016)는 국내 다소비 어류 18종 408건의 카드뮴 농도를 살펴본 결과 범위의 경우 ND-0.221 mg/kg, 평균값의 경우  $0.028 \pm 0.042$  mg/kg, 중앙값의 경우 0.011 mg/kg이었다고 보고한 바 있고, Sho et al. (2000)은 우리나라 어패류 중 미량금속 함량 및 안전성을 평가한 결과 카드뮴 평균값이 0.020 mg/kg이었다고 보고한 바 있으며, Mok et al. (2009)은 한국 연안산 어류의 중금속 함량을 조사한 결과 카드뮴 평균값이 0.017 mg/kg이었다고 보고한 바 있다. 따라서 카드뮴 평균값은 본 실험에서 검토했던 적색육 어류 3종 중 고등어( $0.019 \pm 0.036$  mg/kg)의 경우 Cho (2016)에 비하여는 낮았으나 Sho et al. (2000)과 Mok et al. (2009)에 비하여 유사하였으며, 위에서 검토했던 것들에 비하여 삼치( $0.012 \pm 0.019$  mg/kg)의 경우 모두 낮았고, 청어( $0.094 \pm 0.071$  mg/kg)의 경우 모두 높았다. 국내외 어류의 카드뮴 농도에 대한 기준 규격은 국내의 경우 0.1 mg/kg 이하(민물 및 회유 어류)/0.2 mg/kg 이하(해양어류), 중국의 경우 0.1 mg/kg, EU의 경우 고등어, 별치류, bonito, common two-banded seabream, 유럽산 뱀장어, 송어, 전갱이, 만새기, 정어리속, 다랑어류, wedge sole이 0.10 mg/kg, 황새치가 0.30 mg/kg, 이들 어류를 제외한 나머지 어류가 0.05 mg/kg으로 제시되어 있다(Kim, 2016). 따라서, 본 연구에서 검토했던 3종의 적색육 어류(고등어, 삼치 및 청어)의 카드뮴 농도는 각각 불검출-0.154 mg/kg 범위, 불검출-0.080 mg/kg 범위 및 불검출-0.176 mg/kg 범위로, 기준 규격 외의 건수는 국내의 경우 어종과 건수에 관계없이 전혀 없었으나, 중국의 경우 고등어가 2건(전체의 2.2%), 삼치가 0건, 청어가 2건(전체의 10.0%)이었고, EU의 경우 고등어가 중국 기준 규격과 같이 3건(전체의 3.3%), 삼치가 3건(전체의 5.6%), 청어가 7건(전체의 35.0%)이었다. 따라서, 이들 적색육 어류 3종으로 제조한 수산물 및 수산가공품은 가공과정 중 카드뮴의 오염 위험이 없다면 카드뮴 측면에서는 국내를 포함한 대부분 국가의 경우 문제가 없으리라 추정되었으나, 이들에 대한 기준 규격을 가지고 있는 중국과 EU 기준 규격 관리 지역에 수출하고자 하는 경우 가공중 카드뮴에 대한 관리가 정밀하게 이루어져야 할 것으

로 판단되었다.

## 방사능

현재 우리나라 수산물 소비자들은 핵실험 국가인 중국으로부터 무역이 많이 이루어지고 있고, 원전 사고의 진원지인 일본과의 교역도 많을 뿐만 아니라, 이들 방사능 물질의 우리 수산물에 미치는 영향 등에 대한 우려가 크다. 이러한 일면에서 시판 적색육 어류 3종 163건(고등어 90건, 삼치 53건 및 청어 20건)에 대하여 방사능을 분석한 결과 어종과 건수에 관계없이 전 시료 모두에서 국내외에 방사능 잠정허용기준이 명시된 핵종( $I^{131}$ ,  $Cs^{134}$ ,  $Cs^{137}$ )이 모두 최소검출농도(minimum detectable activity)인 MDA 이하로 나타났다(데이터 미제시). 한편, 국내외  $I^{131}$ ,  $Cs^{134}+Cs^{137}$ 와 같은 방사능에 대한 기준 규격은 국내 식품공전의 경우 각각 300 및 370 Bq/kg, 중국의 경우 400 및 870 Bq/kg, 일본의 경우 2,000 및 100 Bq/kg, EU의 경우 2,000 및 1,250 Bq/kg으로 제시되어 있다(Kim, 2016). 따라서, 본 연구에서 시료로 검토했던 적색육 어류 3종과 이를 이용한 수산가공품은 방사능에 대한 안전성을 확보하고 있다고 판단되었다.

## 폴리염화비페닐(Polychlorinated biphenyl, PCBs)

PCBs는 2개의 벤젠고리가 연결된 비페닐(biphenyls)의 10개 수소 원자 중 2-10개가 염소 원자로 치환된 화합물로, 물에 불용성이고 유기용매에 가용성이며 산과 알칼리에도 안정적이다. 이와 같은 PCBs는 토양과 해수에 장기 잔류하며, 인체에 들어갔을 때 내분비계 장애를 일으킬 수 있는 지속성 유기오염물질로 화학적 안정성 때문에 여러 제품의 제조과정 중에 전 세계에서 널리 사용되었으나, 현재에는 환경에 배출된 후에 분해가 거의 되지 않고, 또한 인체에 암을 유발하는 것으로 알려져 있어 대표적인 관리 대상의 독성 물질이다(Choi et al., 2012). 이러한 일면에서 시판 적색육 어류 3종 36건(고등어 15건, 삼치 11건 및 청어 10건)의 PCBs 농도를 살펴본 결과는 Table 3과 같다. 시판 적색육 어류 3종(고등어 15건, 삼치 11건 및 청어 10건)의 PCBs 농도 범위와 평균값은 고등어의 경우 각각 불검출-0.0010 및  $0.0001 \pm 0.0004$  mg/kg, 삼치의 경우 모두 불검출, 청어의 경우 각각 불검출-0.0050 및  $0.0014 \pm 0.0023$  mg/kg이었다. Choi et al. (2012)은 부산광역시 남구 소재 용호부두 인근해역에서 채취된 어류의 오염정도를 살펴보기 위한 연구에서 등근육 조직에 함유된 유기염소계 화합물 중 PCBs 농도는 넙치의 경우 0.0351-0.0932 mg/kg, 우럭의 경우 0.0060-0.0151 mg/kg, 쥐치의 경우 0.0296-0.0922 mg/kg, 밀달갱이의 경우 0.0109-0.0539 mg/kg 범위이었다고 보고한 바 있다. 따라서, 본 연구에서 시료로 검토했던 적색육 어류 3종의 PCBs 농도는 Choi et al. (2012)이 시료로 검토했던 4종(넙치, 우럭, 쥐치, 밀달갱이)의 그것에 비하여 훨씬 낮았다. 한편, 어류에 대한 PCBs의 국내외 기준 규격은 우리나라 식품공전의 경우 0.3 mg/kg, 미국의 경우 2.0 mg/kg으로 제시하고 있다. 따라서, 본 연구에서 시료로 검토했던 적색육 어류 3종의 PCBs 농도는 우리나라 식품공

Table 3. Polychlorinated biphenyl (PCBs) concentration of dark-fleshed fishes (mackerel *Scomber japonicus*, Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*, Pacific herring *Clupea pallasii*) as raw materials for seafood products (mg/kg)

No	Raw material			No	Raw material		
	Mackerel	Japanese Spanish mackerel	Pacific herring		Mackerel	Japanese Spanish mackerel	Pacific herring
1	ND <sup>1</sup>	ND	ND	10	0.0002	ND	ND
2	ND	ND	ND	11	ND	ND	-
3	ND	ND	ND	12	ND	<sup>2</sup>	-
4	ND	ND	ND	13	ND	-	-
5	ND	ND	ND	14	0.0010	-	-
6	ND	ND	0.0040	15	0.0010	-	-
7	ND	ND	0.0050	Range	ND-0.0010	ND	ND-0.0050
8	ND	ND	0.0050	Mean	0.0001±0.0004	ND	0.0014±0.0023
9	ND	ND	ND				

<sup>1</sup>ND, Not detected; <sup>2</sup>-, Not determined.

전과 미국의 어류에 대한 PCBs 기준 규격에 적용하였을 때 이에 훨씬 못 미치는 수준이었다.

### 벤조피렌(benzo[a]pyrene)

Benzo[a]pyrene (BaP) 다환방향족탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)의 한 종류로 석탄 타르와 담배연기에 들어있는 황색결정의 발암성 물질로 체내에서 활성화되어 DNA와 결합하여 발암성을 나타낸다(Shin et al., 2014). benzo[a]pyrene은 인체에 축적될 경우 잔류기간이 길고, 각종 암 유발과 돌연변이를 일으키는 환경 호르몬으로 잘 알려져 있다(International Agency for Research on Cancer, 2017). Codex와 JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2011)에서는 benzo[a]pyrene을 내분비계 장애물질 및 발암가능 물질로 평가하고 있고 국제암연구소는 Group 1의 인체 발암물질로 분류하고 있다. 이러한 일면에서 시판 적색육 어류 3종 85건(고등어 45건, 삼치 20건 및 청어 20건)에 대하여 benzo[a]pyrene 농도를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 시판 적색육 어류 3종의 benzo[a]pyrene 농도 범위 및 평균값은 고등어 경우 각각 불검출-0.200 및 0.037±0.057 µg/kg, 삼치의 경우 각각 불검출-0.022 및 0.005±0.010 µg/kg, 청어의 경우 각각 불검출-0.059 및 0.025±0.025 µg/kg이었다.

Table 4. Benzo[a]pyrene concentration of dark-fleshed fishes (mackerel *Scomber japonicus*, Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*, Pacific herring *Clupea pallasii*) as raw materials for seafood products

Raw fish	N	Benzo[a]pyrene (µg/kg)
Mackerel	45	ND <sup>1</sup> -0.200 (0.037±0.057)
Japanese Spanish mackerel	20	ND-0.022 (0.005±0.010)
Pacific herring	20	ND-0.059 (0.025±0.025)

<sup>1</sup>ND, Not detected.

한편, 국내 식품공전에서는 어류의 benzo[a]pyrene 기준 규격을 2.0 µg/kg 이하로 제시하고 있다(Kim, 2016). 따라서, 본 연구에서 시료로 검토한 적색육 어류 3종 85건의 benzo[a]pyrene 농도는 우리나라 식품공전의 기준 규격에 적용하였을 때 이에 훨씬 못 미치는 수준이었다.

### 히스타민 함량

히스타민은 바이오제닉 아민 중에서 가장 대표적인 활성 아민으로서, 이의 농도는 신선도가 높은 어류 내에는 낮으나, 저장 중 세균의 증식 위험이 높은 온도에 노출된 경우 세균이 생산한 히스티딘 탈탄산 효소에 의해 현저하게 증가된다(Visciano et al., 2014). 히스타민의 일정 농도에 의하여 야기되는 Scombrotoxicosis 식중독은 발진, 국소적인 피부 염증, 구토, 오심, 설사, 심한 복통, 저혈압, 두통, 울렁거림, 심한 호흡 곤란 등을 야기한다(Naila et al., 2010). 이러한 일면에서 시판 적색육 어류 3종 85건(고등어 45건, 삼치 20건 및 청어 20건)의 히스타민 농도를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 시판 적색육 어류 3종의 히스타민 농도 범위 및 평균값은 고등어의 경우 각각 불검출-31.90 및 1.50±6.35 mg/kg, 삼치의 경우 각각 불검출-2.60 및 0.24±0.64 mg/kg, 청어의 경우 각각 불검출-2.10 및 0.24±0.64 mg/kg이었다. 한편, Kim (2017)은 어류의 히스타민 농도 범위 및 평균을 조사한 결과 국내 다소비 어류 19종(가오리, 가자미, 갈치, 고등어, 꽁치, 멸치, 무지개송어, 방어, 붕장어, 삼치, 숭어, 새치류, 연어, 임연수어, 전갱이, 전어, 조기, 청어 및 학공치) 609건의 경우 각각 ND-299.6 및 3.8±18.7 mg/kg이었고, 고등어 20건의 경우 각각 ND-2.2 및 0.4±1.0 mg/kg, 삼치 15건의 경우 각각 ND-0.8 및 0.5±0.3 mg/kg, 청어의 경우 각각 각각 ND-0.4 및 0.1±0.2 mg/kg이었다고 보고한 바 있다. 따라서 어류 히스타민 농도의 평균값은 Kim (2017)의 결과에 비하여 본 실험에서 검토한 적색육 어류 3종 중 고등어

Table 5. Histamine contents (mg/kg) of dark-fleshed fishes (mackerel *Scomber japonicus*, Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*, Pacific herring *Clupea pallasii*) as raw materials for seafood products

No	Raw material			No	Raw material		
	Mackerel	Japanese Spanish mackerel	Pacific herring		Mackerel	Japanese Spanish mackerel	Pacific herring
1	ND <sup>1</sup>	ND	ND	15	1.00	ND	ND
2	ND	ND	ND	16	ND	ND	ND
3	31.90	2.60	1.93	17	ND	ND	ND
4	ND	ND	0.85	18	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND	19	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	20	ND	ND	ND
7	ND	ND	2.10	21	ND	<sup>2</sup>	-
8	1.30	ND	ND	22	ND	-	-
9	ND	ND	ND	23	ND	-	-
10	ND	1.10	ND	24	ND	-	-
11	0.80	ND	ND	25	ND	-	-
12	1.30	1.00	ND	Range	ND-31.90	ND-2.60	ND-2.10
13	1.10	ND	ND	Mean	1.50±6.35	0.24±0.64	0.24±0.64
14	ND	ND	ND				

<sup>1</sup>ND, Not detected (amine level is less than 0.1 mg/kg); <sup>2</sup>, Not determined.

(1.50 ± 6.35 mg/kg)와 청어(0.24 ± 0.64 mg/kg)의 경우 높았으나, 삼치(0.24 ± 0.64 mg/kg)의 경우 유사하였다.

어류의 히스타민에 대한 기준 규격은 국내외에서 다양하게 제시되어 있다(Kim, 2017). 우리나라 식품공전에서는 냉동어류, 염장어류, 통조림, 건조/절단 등 단순처리한 것(어육, 필렛, 건멸치 등)에 대하여 200 mg/kg 이하로 하고 있고, 대상 어종은 고등어, 다랑어류, 연어, 꽁치, 청어, 멸치, 삼치, 정어리, 몽치다래, 물치다래에 한하여 관리하고 있다. 최근 방어가 이의 가공품(스테이크)을 섭취한 후 히스타민에 의한 집단 알러지 발생으로 인해 이들 기준 규격에 방어도 대상 어종에 포함시키고자 하는 추세이다. 미국 FDA에서 수산물에 대한 히스타민 기준 규격은 다랑어류와 Mahi-Mahi 및 관련어류로 한정되어 있고, 기준 농도 50 mg/kg, 최대 검출 농도 500 mg/kg으로 설정되어 있다. 미국 FDA에서는 히스타민 독성을 근거로 하는 action level은 500 mg/kg이나 생선근육에서 히스타민은 균일하게 분포되어 있지 않으므로, 50 mg/kg을 defect action level로 정하여 이 함량이 한 곳에서 검출되면 다른 곳에서 500 mg/kg을 초과할 가능성이 있는 것으로 판단하고 있다. EU는 수산물의 히스타민 관리를 European Union Directive No. 91/493에서 실시하고 있고, 대상 관리 어종은 고등어과, 청어과, 멸치과 및 만새기과 등이었다. EU의 이들 어종에 대한 히스타민 기준 규격은 분석 검체 수를 9건(n=9)으로 실시하되, 평균값으로 100 mg/kg (m=100 mg/kg)을 초과하지 않아야 하나, 2건의 경우 100-200 mg/kg 범위에 있어도 되지만 모든 검체가 200 mg/kg을 초과해선 안된다(M=200 mg/kg)고 규정하고 있다. 뉴질랜드는 수산물의 히

스타민 기준 규격을 어류 및 어류 제품에 한정하고 있고, 그 기준을 200 mg/kg으로 적용하고 있다. 중국은 수산물의 히스타민 관리를 농업부와 위생부에서 실시하고 있고, 농업부의 경우 고등어과, 전갱이과, 기타 적색육 어류에 대하여, 위생부의 경우 고등어와 기타 어류에 대하여 적용하고 있다. 중국의 이들 어종에 대한 히스타민 기준 규격은 농업부의 경우 고등어과와 전갱이과의 어류에 대하여 1,000 mg/kg으로 하고, 기타 적색육 어류에 대하여 300 mg/kg으로 하고 있으며, 위생부의 경우 고등어에 대하여 1,000 mg/kg으로 하고 있고, 기타 어류의 경우 300 mg/kg으로 하고 있다. 따라서, 중국에서는 수산물에 대한 히스타민 기준 규격을 정부부처에 따라 달리 적용하고 있다. 캐나다는 수산물의 히스타민 기준 규격을 발효숙성어류에 대하여 200 mg/kg으로, 어류(고등어과 어류, 만새기과 어류 및 다랑어 등), 냉동 및 통조림 제품에 대하여 100 mg/kg으로 규정하고 있다. CODEX (Alimentarius Commission)는 수산물의 히스타민 기준 규격을 냉동어류(고등어과, 청어과, 만새기과) 및 이를 활용한 통조림과 가공품, 정어리 가공품, 마른 멸치, 다랑어 통조림 및 염장 청어 등에 대하여 한정하고 있고, 이는 품질기준과 위생기준으로 나누어 규정하고 있다. 이들 제품에 대하여 품질 기준은 평균값으로서 100 mg/kg으로 제시하고 있고, 위생기준은 모든 시료가 200 mg/kg 이하가 되어야 한다고 규정하고 있다. 따라서, 본 연구에서 시료로 검토한 적색육 어류 3종 65건의 히스타민 농도는 국내외 기준 규격에 적용하였을 때 모두 이들 범위 내에 있었다.

## 사 사

이 논문은 2016년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(수산식품산업기술개발사업의 해역별 특성을 고려한 전통수산가공식품 개발 및 상품화)

## References

- Agustinelli SP and Yeannes MI. 2015a. Sensorial characterization and consumer preference analysis of smoked mackerel (*Scomber japonicus*) fillets. IFRJ 22, 2010-2017. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.13338>.
- Agustinelli SP and Yeannes MI. 2015b. Effect of frozen storage on biochemical changes and fatty acid composition of mackerel (*Scomber japonicus*) muscle. JFR 4, 135-147. <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v4n1p135>.
- Azad Shah AKM, Ogasawara M, Kurihara H and Takahashi K. 2013. Effect of drying on creatine/creatinine ratios and subsequent taste of herring (*Clupea pallasii*) fillet. Food Sci Technol Res Res 19, 691-696. <http://dx.doi.org/10.3136/fstr.19.691>.
- Cho ML. 2016. Contents and risk assessments of heavy metals in mainly consumed seafoods. Ph.D. Thesis, Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea.
- Choi JY, Yang DB, Hong GH, Kim SH, Chung CS, Kim KR and Cho KD. 2012. Potential human risk assessment of PCBs and OCPs in edible fish collected from the offshore of Busan. J Kor Soc Environ Eng 34, 810-820. <http://dx.doi.org/10.4491/KSEE.2012.34.12.810>.
- Etienne M. 2005. Volatile amines as criteria for chemical quality assessment. Seafoodplus. Nantes, France, 1-22. <http://dx.doi.org/10116211787>.
- Gao YX, Zhang H, Yu X, He JL, Shang X and Li X. 2014. Risk and benefit assessment of potential neurodevelopmental effect resulting from consumption of marine fish from a coastal archipelago in China. J Agric Food Chem 62, 5207-5213. <http://dx.doi.org/10.1021/jf500343w>
- Hu JW, Cao MJ, Guo SC, Zhang LJ, Su WJ and Liu GM. 2015. Identification and inhibition of histamine-forming bacteria in blue scad (*Decapterus maruadsi*) and chub mackerel (*Scomber japonicus*). J Food Prot 78, 383-389. <http://dx.doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-296>.
- Inoue S, Kaneda-Hayashi T, Sugiyama H and Ando T. 1971. Studies on phosphoproteins from fish eggs. I. Isolation and characterization of a phosphoprotein from the eggs of Pacific herring. J Biochem 69, 1003-1011.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). 2017. benzo[a]pyren [Internet]. Retrieved from <http://www.iarc.fr/index.php> on Feb 12, 2017.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). 2011. Environmental and occupational cancers [Internet]. Retrieved from [http://www.who.int/foodsafety/areas\\_work/chemical-risks/jecfa/en/](http://www.who.int/foodsafety/areas_work/chemical-risks/jecfa/en/) on Feb 12, 2017.
- Kapute F, Likonwe J and Kang`ombe J. 2012. Quality assessment of fresh lake Malawi tilapia (*Chambo*) collected from selected local and supermarkets in Malawi. Internet J Food Safe 14, 113-121.
- Kim JS. 2016. Development and commercialization of traditional seafood products based on the Korean coastal marine resources. KIMST report on the 1st Project, Seoul, Korea, 33-56.
- Kim JS, Yeum DM, Kang HG, Kim IS, Kong CS, Lee TG and Heu MS. 2002. Fundamentals and Applications for Canned Foods. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, 129-359.
- Kim KH, Kim YJ, Heu MS and Kim JS. 2016. Contamination and risk assessment of lead and cadmium in commonly consumed fishes as affected by habitat. Korean J Fish Aquat Sci 49, 541-555. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2016.0541>.
- Kim HY, Kim JC, Kim SY, Lee JH, Jang YM, Lee MS, Park JS and Lee KH. 2007. Monitoring of heavy in fishes in Korea - As, Cd, Cu, Pb, Mn, Zn, total Hg. Korean J Food Sci Technol 39, 353-359.
- Kim KH. 2014. Concentration and risk assessment of heavy metal in mainly consumed fishes. MS. Thesis, Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea.
- Kim MJ. 2017. Monitoring and risk assessments of biogenic amine in mainly consumed seafoods. MS Thesis, Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea.
- Koral S and Kose S. 2015. Evaluation of biogenic amine development of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) muscle compared to its quality changes at different chilling conditions. J Food Health Sci 3, 150-165. <http://dx.doi.org/10.3153/JFHS15015>.
- Korea Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). 2016. Food Code. Chapter 2. Standard on the common foods, Chapter 6. Standard on the seafoods, Chapter 9. General analytical method [Internet]. Retrieved From <https://foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvlp/foodRvlp.do> on Feb 12, 2017.
- Korea Rural Economic Institute. 2015. Food Balance Sheet [Internet]. Kyomoon Publishing Co., Seoul, Korea. Retrieved from <http://www.krei.re.kr/web/www/23> on Feb 12, 2017.
- Luo X, Yang R, Zhao W, Cheng Z and Jiang X. 2010. Gelling properties of Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) surimi as affected by washing process and high pressure. Int J Food Eng 6, 1-16. <http://dx.doi.org/10.2202/1556-3758.1913>.
- Mok JS, Lee DS and Yoon HD. 2008. Mineral content and nutritional evaluation of fishes from the Korean Coast. Korean J Fish Aquat Sci 41, 315-323. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2008.41.5.315>.
- Mok JS, Shim KB, Lee TS, Song KC, Lee KJ, Kim SG and Kim JH. 2009. Heavy metal contents in wild and cultured fishes from the Korean coasts. Korean J Fish Aquat Sci 42, 561-568. <http://dx.doi.org/10.5657/kfas.2009.42.6.561>.



- Naila A, Flint S, Fletcher G, Bremer P and Meerdink G. 2010. Control of biogenic amines in food-existing and emerging approaches. *J Food Sci* 75, 139-150. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01774.x>.
- Park YH, Chun SJ, Kang JH, Park JW and Kim DS. 1985. Processing of fish meat paste products with dark-fleshed fishes. (1) Processing of meat paste product with sardine. *Bull Korean Fish Soc* 18, 339-351.
- Shin BR, Yang SO and Kim YS. 2014. Trends in the reduction of benzo[a]pyrene in sesame oils. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 19, 5-12.
- Sho YS, Kim JS, Chung SY, Kim MH and Hong MK. 2000. Trace metal contents in fishes and shellfishes and their safety evaluations. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29, 549-554.
- Visciano P, Schirone M, Tofalo R and Suzzi G. 2012. Biogenic amines in raw and processed seafood. *Front Microbiol* 3, 1-10. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2012.00188>.
- Visciano P, Schirone M, Tofalo R and Suzzi G. 2014. Histamine poisoning and control measures in fish and fishery products. *Front Microbiol* 23, 1-3. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2014.00500>.
- Wu TH and Bechtel PJ. 2008. Ammonia, dimethylamine, trimethylamine, and trimethylamine oxide from raw and processed fish by-products. *J Aquat Food Prod Technol* 17, 27-38. <http://dx.doi.org/10.1080/10498850801891140>.
- Zhang B, Deng SG and Lin HM. 2012. Changes in the physicochemical and volatile flavor characteristics of *Scomberomorus niphonius* during chilled and frozen storage. *Food Sci Technol Res* 18, 747-754. <http://dx.doi.org/10.3136/fstr.18.747>.