

국내 시중 유통 자연산 및 양식산 활어의 중금속 함량

목종수·심길보^{1*}·이태식¹·송기철·이가정·김성길²·김지회¹

국립수산과학원 식품안전연구단, ¹양식환경연구소, ²환경연구과

Heavy Metal Contents in Wild and Cultured Fishes from the Korean Coasts

Jong Soo Mok, Kil Bo Shim^{1*}, Tae Seek Lee¹, Ki Cheol Song,
Ka Jeong Lee, Seong Gil Kim² and Ji Hoe Kim¹

*Food and Safety research Center, National Fisheries Research and
Development Institute, Busan 619-705, Korea*

¹*Aquaculture Environment Institute, National Fisheries Research and
Development Institute, Tongyoung 605-943, Korea*

²*Marine Environmental Research Division, National Fisheries Research and
Development Institute, Busan 619-705, Korea*

We determined the contents of heavy metals in the muscle of wild and cultured fishes, collected from fish markets located in the eastern (Pohang), western (Gunsan), and southern (Tongyeong) coasts of Korea, from 2004 to 2005. As the results of monitoring the heavy metal contents in spring season, the wild fishes contained the range of Cd (0.01-0.08 mg/kg), Cr (ND-0.28 mg/kg), Cu (0.06-1.53 mg/kg), Hg (0.02-0.16 mg/kg), Mn (0.04-1.15 mg/kg), Ni (ND-0.09 mg/kg), Pb (0.03-0.41 mg/kg), and Zn (1.84-6.61 mg/kg). While for the cultured fishes, Cd (0.01-0.05 mg/kg), Cr (ND-0.17 mg/kg), Cu (0.05-0.61 mg/kg), Hg (0.02-0.13 mg/kg), Mn (0.03-0.17 mg/kg), Ni (ND-0.08 mg/kg), Pb (0.03-0.33 mg/kg), and Zn (2.06-6.20 mg/kg) were contained. In summer season, the contents of heavy metal in the muscle of the wild fishes were as follows: Cd (ND-0.11 mg/kg), Cr (0.01-0.37 mg/kg), Cu (0.21-1.31 mg/kg), Hg (0.01-0.11 mg/kg), Mn (ND-1.47 mg/kg), Ni (ND-0.26 mg/kg), Pb (0.06-0.48 mg/kg), and Zn (2.94-14.38 mg/kg). In comparison, the contents of heavy metal in the muscle of cultured fishes were Cd (ND-0.05 mg/kg), Cr (0.13-0.33 mg/kg), Cu (0.19-0.56 mg/kg), Hg (0.05-0.26 mg/kg), Mn (ND-0.14 mg/kg), Ni (ND-0.58 mg/kg), Pb (0.07-0.45 mg/kg), and Zn (2.43-7.53 mg/kg). Also the fall and the winter season, the heavy metal contents in the fishes showed almost similar with other season, however, Pb was lower and Zn was higher than both spring and summer season. The wild fishes contained the heavy metals a little more than the cultured fishes. We could not observe clear seasonal variation in the heavy metal contents of the fishes. The levels of Hg and Pb in all samples tested did not exceed the maximum permissible levels in the fishes set by the Korean Food & Drug Agency for safe human consumption.

Key words: Wild fish, Cultured fish, Heavy metal, Live fish, Maximum permissible levels

서 론

우리나라는 일본과 더불어 세계적으로 1인당 수산물 소비량이 많은 국가이며, 최근 국민소득수준의 향상에 따라 건강 증진에 대한 국민의 관심이 급속도로 높아지고 있어 육류보다는 수산물을 통한 단백질 섭취가 늘어나고 있는 추세이다 (Kim et al., 2007). 한국농촌경제연구원 식품수급표 (KREI, 2008)에 의하면 2007년도의 국민 1인당 연간 어패류 식용공급량은 40.62 kg로 연간 육류 식용공급량인 40.87 kg과 비슷하였으며, 이 중에서 어류는 20.97 kg, 패류는 19.65 kg인 것으로 나타났다.

지난 수년간 많은 연구자들은 급속한 산업발전으로 인해 발생한 각종 생활오수, 산업폐수 등이 하천 및 연안 해역 등의

환경오염을 가속화시켜 생물과 인간의 건강에 영향을 준다고 밝히고 있다 (Bryan, 1971; Campbell and Stokes, 1985; Keckes and Miettinen, 1972; Wang, 2002). 특히, 육상에서 연안 수역으로 유입되는 중금속 등 오염물질은 생태계의 먹이사슬을 통하여 농축되며, 최종적으로 오염된 어패류를 섭취하게 되면 인간에게 도달하게 되어 미나마타병 등과 같은 질병에 걸릴 우려가 있다 (Ashraf, 2005; Viana et al., 2005; Wang, 2002). 또한, 수산물은 대부분 연안 해역에 서식하고 있어 이들 중금속 등의 오염물질에 의하여 노출될 우려가 많으므로 국민건강 및 식품안전성 확보 차원에서 반드시 국가차원의 관리가 필요하다.

우리나라 수산물 중의 중금속 함량과 관련된 연구는 경남 연안지역 어패류 중의 중금속 함량에 관한 연구 (Ha et al., 2004), 국내 유통 민물어류와 패류의 중금속 함량 조사 (Kim

*Corresponding author: kilbo1221@nfrdi.go.kr

and Han, 1999), 남해안에서 서식하는 수산물의 중금속 함량 (Sheo et al., 1993), 수산물 기름 담금 통조림 식품의 중금속 함량 (Heu and Kim, 2004), 식품 중의 중금속 함량에 관한 연구 (Kim et al., 2003), 우리나라 일부연안 해산 어류 중의 중금속 함량에 관한 연구 (Sung and Lee, 1993), 유통 갑각류 중 중금속 함량 (Kim et al., 2004), 지역별 해조류의 중금속 함량 (Choi et al., 1998), 한국연안의 굴 및 진주담치의 중금속 함량 (Choi et al., 1992), 한국 연안산 어류의 중금속 함량 (Mok et al., 2009) 등 많은 연구가 이루어졌다.

본 연구에서는 시중 유통 중인 활어의 위생학적 안전성을 확인하기 위하여 횡감용 활어 중 대표적인 어종인 넙치, 조피볼락, 참돔, 돌돔, 농어, 송어, 전어 및 연체류인 오징어 등 총 9종의 자연산 및 양식산 활어에 대하여 중금속 함량을 조사하여 계절별로 비교하였다.

재료 및 방법

시료

자연산과 양식산 활어의 식품위생학적 안전성 평가를 위하여 2004년 10월부터 2005년 9월까지 동해, 서해 및 남해 연안에서 채취 또는 양식하여 유통되고 있는 대표적 횡감용 활어를 대상으로 실시하였다. 즉, 자연산의 경우 위판장에서 판매되고 있는 것을, 양식산의 경우는 양식활어 도매상에서 구입하여 사용하였다. 그리고 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)와 연체류인 오징어 (*Todarodes pacificus*)는 포항에서, 송어 (*Mugil cephalus*)는 군산에서, 전어 (*Konosirus punctatus*), 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*), 농어 (*Lateolabrax japonicus*), 방어 (*Seriola quinqueradiata*), 참돔 (*Pagrus major*) 및 돌돔 (*Oplegnathus fasciatus*)은 통영에서 직접 구입하여 사용하였고, 분석에 사용된 어류는 한국해산어류도감 (Kim et al., 2001)에 따라 Table 1-4와 같이 분류하여 나타내었다. 그리고 구입한 시료는 초순수로 깨끗이 세척한 후 껍질과 내장을 제거하고, 가식부인 근육만을 채취하여 분석에 사용하였다.

시약 및 표준물질

분해용 시약으로는 질산 (Supra-pure grade, Merck, Germany) 및 과염소산 (Supra-pure grade, Merck, Germany)을 사용하였고, 시험에 사용되는 물은 초순수장치 (Milli-Q Biocel, Millipore, France)로 18 MΩ 이상 수준으로 정제된 초순수를 사용하였다. 모든 초자기구는 5% 질산용액에 24시간 이상 침지시킨 후 초순수로 깨끗이 씻어 건조시켜서 사용하였다. 중금속 분석을 위한 표준물질은 혼합 표준액 (Merck, Germany)을 사용하여 초순수로 희석하여 사용하였다.

중금속 함량 분석

활어의 중금속 함량은 Standard Methods for Marine Environment (MOMAF, 2002)에 따라 측정하였다. 즉, 수은 (Hg)은 Gold-amalgam법으로 Mercury analyzer (AMA-254, Mildestone, USA)를 사용하여 직접 측정하였다. 그리고 그 외 미량금속의 함량은 습식회화법에 따라 시료 약 10 g을 취하여 동결건조 시킨 다음 질산 및 과염소산을 사용하여 분해시

킨 후 용액을 증발시키고 0.2 N 질산용액으로 재용출하여 25 mL로 정용하였다. 카드뮴 (Cd), 구리 (Cu), 크롬 (Cr), 망간 (Mn), 니켈 (Ni) 및 아연 (Zn)은 Inductively Coupled Plasma Spectrometer (P-401, Hitachi, Japan)로, 납 (Pb)은 ICP-MS (Elan 6000, Perkin-Elmer, USA)로 그 함량을 측정하여 생물기준으로 나타내었다.

결과 및 고찰

봄철 자연산과 양식산 활어의 중금속 함량

시중 유통되고 있는 자연산과 양식산 활어의 계절별에 따른 중금속 함량 변화를 조사하기 위하여 봄철(2005년 4월~5월)에 구입한 자연산 7종 21개체 및 양식산 7종 21개체에 대한 중금속 함량을 분석한 결과는 Table 1에 나타내었다. 자연산 활어의 카드뮴 함량은 전어의 경우 0.01~0.04 mg/kg, 송어 0.01~0.05 mg/kg, 조피볼락 0.02~0.05 mg/kg, 농어 0.03~0.05 mg/kg, 참돔 0.02~0.03 mg/kg 및 돌돔 0.03~0.06 mg/kg이었고, 연체류인 오징어는 0.03~0.08 mg/kg인 것으로 나타났다. 자연산 활어의 카드뮴 함량 범위는 0.01~0.08 mg/kg이었으며, 평균 함량은 0.02±0.02~0.05±0.02 mg/kg이었다. 한편, 양식산 활어의 카드뮴 함량 범위는 0.01~0.05 mg/kg이었고, 평균 함량은 0.01±0.01~0.03±0.03 mg/kg으로 자연산보다는 다소 낮은 수준으로 나타났다. 즉, 남해안에서 양식한 조피볼락, 농어, 방어, 참돔 및 돌돔은 각각 0.03~0.05 mg/kg, 0.01~0.02 mg/kg, 0.02~0.04 mg/kg, 0.01~0.04 mg/kg 및 0.02~0.05 mg/kg으로 나타났다. 동해산 양식 넙치는 0.01~0.07 mg/kg, 그리고 서해산 양식 송어는 0.01~0.02 mg/kg으로 나타났다.

우리나라는 어류 중에서 카드뮴 잔류허용기준은 설정하고 있지 않으나, 패류에 대해서는 2.0 mg/kg로 설정되어 있다 (KFDA, 2009). Codex에서도 어류에 대한 카드뮴 기준은 설정하지 않으나, 패류 및 두족류에 대하여 2.0 mg/kg으로 설정하고 있다 (Codex, 2006). 외국의 어류 중에서 카드뮴 잔류허용기준을 살펴보면, 호주의 경우 0.2 mg/kg, 핀란드 0.1 mg/kg, 덴마크 0.05 mg/kg, 네덜란드 0.05 mg/kg 및 홍콩 2.0 mg/kg이고, EU (2005)는 자연함량이 높은 11종 (0.1 mg/kg)에 제외하고 0.05 mg/kg로 정하고 있다. 자연산과 양식산 어류의 카드뮴 함량은 EU 기준 0.05 mg/kg 이하로 검출되었으며, 연체류인 오징어의 경우도 Codex의 두족류 기준 2.0 mg/kg 이하로 안전하였다. 따라서 카드뮴이 자연환경에서 저 농도로 광범위하게 분포하고 있는 것을 감안하면 매우 낮은 농도이다.

또한 본 연구결과는 Mok et al. (2009)의 한국 연안산 어류의 중금속 함량을 조사한 보고의 카드뮴 평균 함량 0.017±0.023 mg/kg과 비슷하거나 다소 높았으나, Sung and Lee (1993)가 우리나라 일부연안 해산어류 중 중금속 함량을 조사한 카드뮴 평균 0.056±0.018 mg/kg 보다는 다소 낮은 함량을 나타내었다. 일반적으로 어류 중의 중금속 함량 축적이 개체 특이성이 있어 크기가 클수록 축적량도 증가하며, 성장기간이 길수록 증가하는 것으로 보고되고 있다 (Yildirim et al., 2009).

미국 FDA (1993)는 카드뮴은 환경에서는 저 농도로 광범위하게 분포하고 있으며, 인간의 노출원은 공기, 물, 식품 및

Table 1. Heavy metal contents in muscle of wild and cultured fishes collected from fish market in spring season (2005.4~5)

Scientific name (Korean name)	No ¹⁾	Heavy metal content (mg/ kg, wet base)							
		Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
Wild fish									
<i>Konosirus punctatus</i> (Jeon-eo)	3	0.01~0.04 (0.02±0.02) ²⁾	0.15~0.28 (0.20±0.07)	0.60~0.92 (0.76±0.23)	0.02~0.05 (0.04±0.02)	0.09~1.15 (1.02±0.13)	0.03~0.08 (0.05±0.03)	0.10~0.15 (0.13±0.03)	2.80~6.50 (4.37±1.91)
<i>Mugil cephalus</i> (Sung-eo)	3	0.01~0.05 (0.02±0.02)	0.11~0.15 (0.13±0.02)	0.56~0.76 (0.64±0.11)	0.02~0.10 (0.06±0.04)	0.12~0.21 (0.16±0.05)	ND ³⁾ ~0.01 (0.01)	0.03~0.13 (0.10±0.05)	2.45~2.70 (2.55±0.14)
<i>Sebastes schlegeli</i> (Jo-pi-bol-lak)	3	0.02~0.05 (0.03±0.02)	ND~0.04 (0.02±0.03)	0.24~0.52 (0.38±0.20)	0.06~0.12 (0.08±0.03)	0.07~0.14 (0.10±0.05)	ND~0.09 (0.05±0.07)	0.03~0.41 (0.22±0.26)	2.47~4.35 (3.41±1.33)
<i>Lateolabrax japonicus</i> (Nong-eo)	3	0.03~0.05 (0.04±0.01)	0.16~0.16 (0.16)	0.34~0.35 (0.34±0.01)	0.03~0.06 (0.04±0.02)	0.09~0.13 (0.11±0.03)	0.02~0.08 (0.05±0.04)	0.14~0.25 (0.19±0.08)	4.55~4.75 (4.65±0.14)
<i>Pagrus major</i> (Cham-dom)	3	0.02~0.03 (0.03±0.01)	0.10~0.11 (0.10±0.01)	0.10~1.53 (1.02±0.52)	0.06~0.16 (0.10±0.05)	0.04~0.13 (0.08±0.06)	ND	0.26~0.28 (0.27±0.02)	2.30~2.34 (2.32±0.03)
<i>Oplegnathus fasciatus</i> (Dol-dom)	3	0.03~0.05 (0.04±0.02)	0.08~0.09 (0.09±0.01)	0.06~0.14 (0.10±0.06)	0.02~0.08 (0.05±0.03)	0.07~0.09 (0.08±0.02)	ND	0.09~0.17 (0.13±0.05)	1.84~2.21 (2.03±0.26)
<i>Todarodes pacificus</i> (O-jing-eo)	3	0.03~0.08 (0.05±0.02)	ND~0.13 (0.07±0.09)	1.36~1.50 (1.43±0.10)	0.02~0.07 (0.04±0.03)	0.09~0.12 (0.10±0.02)	ND~0.04 (0.02±0.03)	0.15~0.27 (0.21±0.08)	5.89~6.61 (6.25±0.51)
Cultured fish									
<i>Mugil cephalus</i> (Sung-eo)	3	0.01~0.02 (0.02±0.01)	0.13~0.17 (0.14±0.02)	0.37~0.61 (0.46±0.13)	0.05~0.11 (0.08±0.03)	0.12~0.17 (0.14±0.02)	ND	0.03~0.30 (0.16±0.14)	2.37~3.22 (2.79±0.42)
<i>Sebastes schlegeli</i> (Jo-pi-bol-lak)	3	0.02~0.05 (0.03±0.02)	ND~0.17 (0.09±0.08)	0.17~0.20 (0.18±0.02)	0.03~0.09 (0.06±0.03)	0.09~0.13 (0.11±0.02)	ND~0.01 (0.01)	0.09~0.28 (0.18±0.10)	2.69~3.81 (3.33±0.58)
<i>Lateolabrax japonicus</i> (Nong-eo)	3	0.01~0.02 (0.01±0.01)	0.03~0.12 (0.08±0.06)	0.05~0.12 (0.09±0.05)	0.06~0.13 (0.08±0.04)	0.03~0.06 (0.05±0.02)	ND	0.12~0.19 (0.16±0.05)	2.55~6.20 (4.37±2.58)
<i>Seriola quinqueradiata</i> (Bang-eo)	3	0.02~0.04 (0.03±0.01)	0.08~0.15 (0.11±0.05)	0.21~0.44 (0.33±0.17)	0.03~0.07 (0.05±0.02)	0.06~0.07 (0.07±0.00)	ND~0.15 (0.09±0.06)	0.06~0.31 (0.19±0.18)	2.35~5.94 (4.15±2.54)
<i>Pagrus major</i> (Cham-dom)	3	0.01~0.04 (0.03±0.02)	ND~0.05 (0.02±0.03)	0.11~0.12 (0.11±0.01)	0.04~0.12 (0.09±0.04)	0.10~0.10 (0.10)	0.03~0.04 (0.04±0.01)	0.22~0.33 (0.27±0.08)	2.38~3.03 (2.71±0.46)
<i>Oplegnathus fasciatus</i> (Dol-dom)	3	0.02~0.05 (0.03±0.02)	0.11~0.11 (0.11)	0.25~0.26 (0.26±0.01)	0.02~0.09 (0.06±0.04)	0.05~0.07 (0.06±0.02)	ND~0.08 (0.04±0.06)	0.16~0.29 (0.22±0.09)	2.21~2.27 (2.24±0.04)
<i>Paralichthys olivaceus</i> (Neob-chi)	3	0.01~0.05 (0.03±0.03)	0.10~0.16 (0.13±0.04)	0.05~0.11 (0.08±0.04)	0.04~0.08 (0.06±0.02)	0.10~0.11 (0.11±0.01)	ND	0.22~0.27 (0.25±0.03)	2.06~2.63 (2.34±0.40)

¹⁾No, Number of individuals. ²⁾Mean value±SD. ³⁾ND, Not detected.

담배 등이고 주된 섭취원 식품이라고 하였다. 또한, 카드뮴은 신체 중 주로 신장과 간에 축적되며, 사람의 신체에 흡수된 카드뮴은 서서히 제거되며 생물학적 반감기는 10-30년으로 보고되고 있다 (USFDA, 1993).

크롬은 당, 지질, 단백질 대사에 중요한 역할을 하지만 발암 및 독성작용을 일으키는 요인이 된다 (Chun et al., 2001). 이는 크롬이 2~6가로 다양한 산화가로 존재하나 3가로 산화되는 2가 크롬을 포함하여 4가, 5가 등의 산화형태는 매우 불안정하며, 이들은 산화형태에 따라 작용기작도 큰 차이를 나타내기 때문이다 (Chun et al., 2003).

자연산 활어의 크롬 함량은 전어가 0.15~0.28 mg/kg, 송어 0.11~0.15 mg/kg, 조피볼락 불검출~0.04 mg/kg, 농어 0.16 mg/kg, 참돔 0.10~0.11 mg/kg 및 돌돔 0.08~0.09 mg/kg이었고, 연체류인 오징어는 불검출~0.13 mg/kg인 것으로 나타났다. 한편, 양식산 활어의 크롬 함량은 자연산과 비슷한 수준으로 나타나, 양식산 송어, 조피볼락, 농어, 방어, 참돔, 돌돔 및 넙치는 각각 0.13~0.17 mg/kg, 불검출~0.17 mg/kg, 0.03~0.12 mg/kg, 0.08~0.15 mg/kg, 불검출~0.05 mg/kg, 0.11 mg/kg 및 0.10~0.16 mg/kg으로 나타났다.

구리는 인체에 필수적인 요소이지만 과다 복용은 건강에

악영향을 끼칠 수도 있다 (Cesur, 2007). 자연산 활어의 구리 함량은 0.06~1.53 mg/kg이었으며, 평균 함량은 0.10±0.06~1.43±0.10 mg/kg이었다. 한편 양식산 활어의 구리 함량은 0.05~0.61 mg/kg이었고, 평균 함량은 0.08±0.04~0.46±0.13 mg/kg으로 자연산보다는 다소 낮은 수준으로 나타났다.

어류 중에 축적되는 수은은 대부분 메틸수은 형태로 무기수은에 비하여 축적도와 독성이 비교적 높은 것으로 알려져 있다 (Jun et al., 2007). 이에 우리나라는 심해어류, 다량어류 및 새치류에 한하여 메틸수은 1.0 mg/kg으로, 이를 제외한 어류에 대하여는 총 수은 0.5 mg/kg으로 잔류허용기준을 설정하고 있다 (KFDA, 2009).

외국의 기준을 살펴보면, 호주는 상어, 다량어 및 가오리류 등을 제외한 어류에 대한 총 수은 0.5 mg/kg, 캐나다 상어, 다량어 및 새치류 제외한 어류에 대하여 총 수은 0.5 mg/kg, EU는 다량어류를 제외한 어류에 대하여 메틸수은 0.5 mg/kg, 일본은 심해어류, 다량어 및 새치류를 제외한 어류에서 총 수은 0.4 mg/kg, 메틸수은 0.3 mg/kg, 미국은 메틸수은 1.0 mg/kg 이하로 규정하고 있다 (EU, 2005; Jun et al., 2007; Kim et al., 2007). 본 연구에서 수은의 평균함량은 자연산 활어에서는 0.04±0.02~0.10±0.05 mg/kg이며, 양식산 활어에서는 0.05±

0.02~0.09±0.04 mg/kg로 우리나라 및 외국의 기준치를 초과하는 시료는 전혀 없었다.

망간 함량은 자연산 활어가 0.04~1.15 mg/kg 이었으며, 양식산 활어는 0.03~0.17 mg/kg으로 확인되었다. 또한 니켈 함량은 자연산이 불검출~0.09 mg/kg, 양식산이 불검출~0.08 mg/kg 이었다.

납 중독은 가장 빈번히 환경적인 건강 위해로 발생하며, 빈혈, 신장부종, 면역계감소, 저체중아 출산, 난산 및 조산, 혈액 및 소변에 납농도 증가 등이 일반적으로 알려져 있는 증상이다 (Ati-Hellal et al., 2007; Gulser and Erdogan, 2008; Shahtaheri et al., 2007). 우리나라에서는 어류의 납 허용기준치를 2007년 12월 이전에는 2.0 mg/kg으로 규정하였으나 2007년 12월 이후에 0.5 mg/kg이하로 규정하고 있으며 (KFDA, 2009), Codex(2006)에서는 어류에 대해서만 0.3 mg/kg, EU (2005)에서는 자연 함량이 높은 9종 (0.4 mg/kg)을 제외하고 0.2 mg/kg으로 규정하고 있다. 납 함량은 자연산 활어가 0.03~0.41 mg/kg, 양식산 활어가 0.03~0.33 mg/kg으로 우리나라의 기준치를 초과하는 시료는 없었다. Mok et al. (2009)은 연안산 어류의 평균 납 함량이 0.001~0.266 mg/kg이라고 보고하였으며, Kim et al. (2007)은 어류의 납 평균 함량이 불검출~0.323 mg/kg이라고 보고하여 본 연구의 결과는 이들 보고와 비슷한

경향을 나타내었다.

아연 함량은 자연산 활어가 1.84~6.61 mg/kg, 양식산 활어가 2.06~6.20 mg/kg으로 나타났다. 아연은 많은 대사활성에 작용하는 필수요소이며, 결핍시 식욕부진, 성장장애, 피부 부스럼, 면역 결핍 등의 원인이 된다 (Mok et al., 2009).

여름철 자연산과 양식산 활어의 중금속 함량

여름철 (2005년 8월~9월)에 구입한 자연산 활어 6종 18개체 및 양식산 활어 6종 18개체에 대한 중금속 함량을 분석한 결과를 Table 2에 나타내었다.

여름철 자연산과 양식산 활어의 카드뮴 함량은 각각 불검출~0.11 mg/kg 및 불검출~0.05 mg/kg이며, 크롬 함량은 각각 0.01~0.37 mg/kg 및 0.13~0.33 mg/kg 이었다. 구리 함량은 자연산 활어가 0.21~1.31 mg/kg, 양식산 활어가 0.19~0.56 mg/kg 이었으며, 수은 함량은 자연산과 양식산 활어가 각각 0.01~0.11 mg/kg 및 0.05~0.26 mg/kg 으로 우리나라의 기준치를 초과하는 시료는 없었다.

또한, 망간 및 니켈의 함량은 자연산 활어가 각각 불검출~1.47 mg/kg 및 불검출~0.26 mg/kg 이었으며, 양식산 활어가 각각 불검출~0.14 mg/kg 및 불검출~0.58 mg/kg 이었다. 납 함량은 자연산 활어가 0.06~0.48 mg/kg, 양식산 활어가

Table 2. Heavy metal contents in muscle of wild and cultured fishes collected from fish market in summer season (2005.8~9)

Scientific name (Korean name)	No ¹⁾	Heavy metal content (mg/ kg, wet base)							
		Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
Wild fish									
<i>Konosirus punctatus</i> (Jeon-eo)	3	0.02~0.07 (0.05±0.03) ²⁾	0.33~0.36 (0.34±0.02)	0.89~1.31 (1.10±0.30)	0.01~0.01 (0.01)	1.21~1.47 (1.34±0.18)	ND ³⁾ ~0.13 (0.06±0.09)	0.10~0.41 (0.26±0.21)	8.68~9.27 (8.98±0.41)
<i>Sebastes schlegeli</i> (Jo-pi-bol-lak)	3	0.05~0.05 (0.05)	0.09~0.17 (0.13±0.05)	0.21~0.26 (0.24±0.04)	0.08~0.11 (0.10±0.02)	ND~0.03 (0.02±0.02)	0.20~0.26 (0.23±0.04)	0.08~0.45 (0.27±0.26)	3.33~4.03 (3.68±0.50)
<i>Lateolabrax japonicus</i> (Nong-eo)	3	0.01~0.03 (0.02±0.01)	0.19~0.21 (0.20±0.02)	0.30~0.37 (0.34±0.05)	0.05~0.10 (0.07±0.03)	ND~0.05 (0.03±0.04)	0.09~0.10 (0.10±0.01)	0.10~0.48 (0.29±0.27)	4.91~5.71 (5.31±0.57)
<i>Seriola quinqueradiata</i> (Bang-eo)	3	0.03~0.04 (0.03±0.01)	0.01~0.37 (0.19±0.25)	0.37~0.46 (0.41±0.06)	0.02~0.04 (0.03±0.02)	ND~0.03 (0.01±0.02)	0.14~0.18 (0.16±0.03)	0.13~0.15 (0.14±0.02)	2.94~4.62 (3.78±1.19)
<i>Pagrus major</i> (Cham-dom)	3	ND~0.04 (0.02±0.03)	0.24~0.30 (0.27±0.04)	0.23~0.50 (0.36±0.19)	0.04~0.05 (0.04±0.01)	ND~0.06 (0.03±0.04)	ND	0.06~0.42 (0.24±0.25)	3.40~3.85 (3.63±0.32)
<i>Todarodes pacificus</i> (O-jing-eo)	3	0.05~0.11 (0.08±0.04)	0.27~0.32 (0.29±0.03)	0.64~0.86 (0.75±0.16)	0.06~0.09 (0.08±0.02)	0.08~0.11 (0.09±0.02)	ND~0.10 (0.05±0.07)	0.28~0.42 (0.35±0.10)	13.92~14.38 (14.15±0.32)
Cultured fish									
<i>Sebastes schlegeli</i> (Jo-pi-bol-lak)	3	ND~0.04 (0.02±0.03)	0.13~0.19 (0.16±0.04)	0.23~0.24 (0.24±0.01)	0.05~0.08 (0.06±0.02)	ND~0.01 (0.01±0.01)	0.22~0.23 (0.23±0.01)	0.40~0.45 (0.42±0.30)	3.02~3.72 (3.37±0.49)
<i>Lateolabrax japonicus</i> (Nong-eo, Seabass)	3	ND	0.19~0.24 (0.22±0.04)	0.23~0.31 (0.27±0.06)	0.08~0.13 (0.10±0.03)	ND	ND~0.01 (0.01±0.01)	0.09~0.19 (0.14±0.07)	3.13~5.43 (4.28±1.63)
<i>Seriola quinqueradiata</i> (Bang-eo)	3	0.04~0.05 (0.05±0.01)	0.15~0.26 (0.21±0.08)	0.40~0.56 (0.48±0.11)	0.06~0.07 (0.06±0.01)	ND	0.16~0.20 (0.18±0.03)	0.37~0.45 (0.41±0.05)	2.56~3.43 (3.00±0.62)
<i>Pagrus major</i> (Cham-dom)	3	ND~0.04 (0.02±0.03)	0.26~0.33 (0.30±0.05)	0.29~0.32 (0.31±0.02)	0.12~0.26 (0.19±0.09)	0.01~0.02 (0.01±0.01)	0.12~0.14 (0.13±0.01)	0.07~0.11 (0.09±0.03)	2.62~3.46 (3.04±0.59)
<i>Oplegnathus fasciatus</i> (Dol-dom)	3	ND~0.02 (0.01±0.02)	0.24~0.25 (0.25±0.01)	0.19~0.23 (0.21±0.03)	0.14~0.20 (0.17±0.04)	ND	ND~0.17 (0.08±0.12)	0.14~0.15 (0.15±0.01)	2.46~3.41 (2.94±0.67)
<i>Paralichthys olivaceus</i> (Neob-chi)	3	ND~0.03 (0.02±0.02)	0.19~0.32 (0.26±0.09)	0.24~0.41 (0.33±0.12)	0.06~0.06 (0.06)	0.09~0.14 (0.11±0.03)	0.09~0.58 (0.34±0.34)	0.15~0.39 (0.27±0.17)	2.43~7.53 (4.98±3.61)

¹⁾No, Number of individuals. ²⁾Mean value±SD. ³⁾ND, Not detected.

Table 3. Heavy metal contents in muscle of wild and cultured fishes collected from fish market in fall season (2004.10~11)

Scientific name (Korean name)	No ¹⁾	Heavy metal content (mg/ kg, wet base)							
		Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
Wild fish									
<i>Konosirus punctatus</i> (Jeon-eo)	6	0.01~0.02 (0.01±0.01) ²⁾	0.25~0.43 (0.33±0.09)	0.84~1.24 (1.08±0.21)	0.01~0.01 (0.01)	0.79~1.46 (1.13±0.33)	0.24~0.51 (0.39±0.14)	0.02~0.05 (0.03±0.02)	11.90~13.61 (12.72±0.86)
<i>Mugil cephalus</i> (Sung-eo)	3	ND ³⁾	0.24~0.39 (0.31±0.08)	0.41~0.64 (0.53±0.12)	0.01~0.05 (0.03±0.02)	0.15~0.24 (0.19±0.05)	0.22~0.40 (0.30±0.09)	0.02~0.02 (0.02)	8.49~9.73 (9.12±0.62)
<i>Sebastes schlegeli</i> (Jo-pi-bol-lak)	3	ND~0.05 (0.02±0.03)	0.18~0.28 (0.23±0.05)	0.05~0.17 (0.09±0.06)	0.06~0.18 (0.11±0.06)	ND~0.14 (0.08±0.07)	ND~0.40 (0.19±0.20)	0.19~0.49 (0.36±0.15)	6.46~15.57 (12.39±5.14)
<i>Lateolabrax japonicus</i> (Nong-eo)	3	ND~0.02 (0.01±0.01)	0.03~0.09 (0.05±0.04)	0.23~0.55 (0.39±0.16)	0.03~0.10 (0.06±0.04)	0.15~0.27 (0.20±0.06)	0.03~0.28 (0.18±0.14)	0.02~0.02 (0.02)	8.66~13.02 (10.64±2.21)
<i>Seriola quinqueradiata</i> (Bang-eo)	3	0.01~0.04 (0.02±0.02)	0.04~0.27 (0.19±0.13)	0.09~0.57 (0.35±0.24)	0.02~0.08 (0.05±0.03)	0.01~0.09 (0.04±0.05)	0.08~0.26 (0.17±0.09)	0.01~0.04 (0.03±0.02)	9.95~20.16 (13.51±5.77)
<i>Pagrus major</i> (Cham-dom)	3	ND~0.03 (0.01±0.01)	0.14~0.37 (0.23±0.12)	0.13~0.27 (0.22±0.08)	0.03~0.09 (0.05±0.03)	ND~0.10 (0.06±0.05)	0.04~0.20 (0.14±0.09)	0.01~0.10 (0.07±0.04)	6.38~7.34 (6.81±0.49)
<i>Oplegnathus fasciatus</i> (Dol-dom)	3	ND	0.19~0.27 (0.23±0.04)	0.30~0.48 (0.41±0.09)	0.01~0.06 (0.03±0.03)	ND~0.18 (0.12±0.10)	0.25~0.33 (0.29±0.04)	0.01~0.02 (0.02±0.02)	7.53~11.81 (9.40±2.19)
<i>Todarodes pacificus</i> (O-jing-eo)	4	0.06~0.11 (0.09±0.03)	0.39~3.28 (1.38±1.64)	2.35~3.90 (3.14±0.78)	0.05~0.09 (0.07±0.02)	0.23~0.38 (0.31±0.08)	0.19~0.91 (0.49±0.38)	0.03~0.07 (0.06±0.02)	19.17~23.03 (21.55±2.08)
Cultured fish									
<i>Mugil cephalus</i> (Sung-eo)	3	ND~0.04 (0.02±0.02)	0.01~0.39 (0.21±0.19)	0.36~1.55 (0.77±0.68)	0.01~0.03 (0.02±0.01)	0.07~0.14 (0.10±0.03)	0.04~0.25 (0.15±0.10)	0.02~0.02 (0.02)	6.37~11.35 (8.98±2.50)
<i>Sebastes schlegeli</i> (Jo-pi-bol-lak)	3	ND~0.05 (0.03±0.02)	0.14~0.27 (0.22±0.07)	0.04~0.27 (0.18±0.12)	0.06~0.14 (0.10±0.04)	0.08~0.09 (0.09±0.01)	0.17~0.35 (0.28±0.09)	0.01~0.02 (0.01±0.01)	11.11~15.77 (13.75±2.39)
<i>Lateolabrax japonicus</i> (Nong-eo)	3	ND	ND~0.40 (0.26±0.23)	0.10~0.25 (0.17±0.07)	0.10~0.18 (0.13±0.05)	0.14~0.20 (0.17±0.03)	ND~0.33 (0.20±0.18)	0.04~0.24 (0.12±0.10)	10.90~13.35 (11.81±1.35)
<i>Seriola quinqueradiata</i> (Bang-eo)	3	ND	0.37~0.45 (0.41±0.04)	0.85~1.10 (0.97±0.13)	0.01~0.02 (0.02±0.01)	ND~0.15 (0.10±0.08)	0.14~0.28 (0.22±0.07)	0.03~0.08 (0.06±0.03)	10.63~13.51 (12.26±1.48)
<i>Pagrus major</i> (Cham-dom)	3	ND~0.04 (0.02±0.02)	ND~0.46 (0.20±0.24)	0.06~1.94 (0.79±1.01)	0.04~0.08 (0.06±0.02)	0.03~0.62 (0.23±0.33)	0.09~0.29 (0.22±0.11)	0.01~0.05 (0.03±0.02)	6.86~27.31 (15.24±10.72)
<i>Oplegnathus fasciatus</i> (Dol-dom)	3	ND~0.05 (0.02±0.03)	0.06~0.22 (0.15±0.08)	0.28~0.38 (0.32±0.05)	0.02~0.03 (0.03±0.01)	0.09~0.13 (0.11±0.02)	0.08~0.46 (0.28±0.19)	0.01~0.02 (0.02±0.01)	7.25~8.94 (8.25±0.89)
<i>Paralichthys olivaceus</i> (Neob-chi)	3	ND~0.04 (0.02±0.02)	0.29~0.51 (0.37±0.12)	0.04~0.59 (0.28±0.28)	0.05~0.10 (0.07±0.03)	0.04~0.16 (0.12±0.07)	0.19~0.47 (0.33±0.14)	0.02~0.08 (0.05±0.03)	9.58~11.47 (10.76±1.02)

¹⁾No, Number of individuals. ²⁾Mean value±SD. ³⁾ND, Not detected.

0.07~0.45 mg/kg으로 우리나라의 허용기준치를 초과하는 시료는 없었다. 아연 함량은 자연산 활어가 2.94~14.38 mg/kg이었으며, 양식산 활어가 2.43~7.53 mg/kg이었다.

가을철 자연산과 양식산 활어의 중금속 함량

가을철 (2004년 10월~11월)에 구입한 자연산 활어 8종 28개체 및 양식산 활어 7종 21개체에 대한 중금속 함량을 조사한 결과를 Table 3에 나타내었다.

자연산 활어의 카드뮴 함량은 불검출~0.11 mg/kg 이었으며, 양식산 활어의 카드뮴 함량은 불검출~0.05 mg/kg으로 나타났다. 자연산과 양식산 활어의 크롬 함량은 각각 0.03~3.28 mg/kg 및 불검출~0.51 mg/kg 으로 나타났으며, 구리 함량은 각각 0.05~3.90 mg/kg 및 0.04~1.94 mg/kg으로 나타났다. 자연산과 양식산 활어의 수은 함량은 모두 0.01~0.18 mg/kg으로 나타나 우리나라의 기준치를 초과하는 시료는 존재하지 않았다.

또한, 자연산 및 양식산 활어의 망간 함량은 각각 불검출~1.46 mg/kg 및 불검출~0.62 mg/kg, 니켈 함량은 각각 불검출~0.91 mg/kg 및 불검출~0.47 mg/kg으로 나타났다. 자연산과 양식산 활어의 납 함량은 각각 0.01~0.49 mg/kg과 0.01~0.24 mg/kg으로 우리나라의 허용기준치를 초과하는 시료는 존재하지 않았다. 자연산과 양식산 활어의 아연 함량은 각각 6.38~23.03 mg/kg과 6.37~27.31 mg/kg으로 나타났다.

겨울철 자연산과 양식산 활어의 중금속 함량

겨울철 (2005년 1월~2월)에 구입한 자연산 활어 7종 21개체 및 양식산 활어 7종 21개체에 대한 중금속 함량을 조사한 결과를 Table 4에 나타내었다.

겨울철 자연산과 양식산 활어의 카드뮴 함량은 각각 불검출~0.12 mg/kg, 불검출~0.05 mg/kg으로 나타났다. 자연산과 양식산의 크롬 함량은 각각 0.01~0.42 mg/kg 및 불검출~0.37

Table 4. Heavy metal contents in muscle of wild and cultured fishes collected from fish market in winter season (2005.1~2)

Scientific name (Korean name)	No ¹⁾	Heavy metal content (mg/ kg, wet base)							
		Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
Wild fish									
<i>Konosirus punctatus</i> (Jeon-eo)	3	0.01~0.02 (0.01±0.01) ²⁾	0.20~0.42 (0.29±0.12)	0.85~1.56 (1.27±0.37)	0.01~0.04 (0.02±0.02)	0.75~1.25 (0.98±0.25)	0.04~0.08 (0.06±0.02)	0.01~0.03 (0.02±0.01)	12.05~16.70 (14.08±2.38)
<i>Sebastes schlegeli</i> (Jo-pi-bol-lak)	3	ND~0.05 (0.03±0.02)	0.06~0.21 (0.12±0.08)	0.11~0.17 (0.14±0.03)	0.05~0.14 (0.08±0.05)	0.13~0.17 (0.15±0.02)	ND~0.09 (0.05±0.05)	0.02~0.37 (0.14±0.20)	9.56~12.27 (11.32±1.53)
<i>Lateolabrax japonicus</i> (Nong-eo)	3	ND ³⁾	0.17~0.26 (0.21±0.06)	0.38~0.40 (0.39±0.01)	0.06~0.15 (0.10±0.05)	0.15~0.17 (0.16±0.02)	0.02~0.18 (0.10±0.11)	0.02~0.03 (0.03±0.01)	11.17~15.34 (13.26±2.95)
<i>Seriola quinqueradiata</i> (Bang-eo)	3	ND~0.06 (0.03±0.02)	0.05~0.17 (0.11±0.06)	0.33~0.63 (0.48±0.15)	0.07~0.17 (0.11±0.05)	0.12~0.16 (0.15±0.02)	0.11~0.19 (0.15±0.04)	0.03~0.05 (0.04±0.01)	8.96~15.61 (11.32±3.72)
<i>Pagrus major</i> (Cham-dom)	3	ND~0.02 (0.01±0.01)	0.02~0.27 (0.12±0.13)	0.20~1.34 (0.66±0.60)	0.17~0.28 (0.22±0.06)	0.11~0.37 (0.21±0.14)	0.12~0.31 (0.24±0.11)	0.02~0.31 (0.18±0.15)	8.69~9.32 (8.95±0.33)
<i>Oplegnathus fasciatus</i> (Dol-dom)	3	ND~0.07 (0.03±0.03)	0.08~0.17 (0.11±0.05)	0.21~1.12 (0.55±0.49)	0.06~0.11 (0.08±0.03)	0.07~0.13 (0.11±0.03)	ND~0.03 (0.01±0.02)	0.03~0.07 (0.04±0.02)	8.48~13.49 (10.86±2.51)
<i>Todarodes pacificus</i> (O-jing-eo)	3	0.09~0.12 (0.10±0.02)	0.01~0.26 (0.11±0.13)	0.16~1.62 (0.99±0.75)	0.05~0.09 (0.07±0.02)	0.12~0.27 (0.19±0.08)	0.01~0.14 (0.08±0.06)	0.01~0.05 (0.03±0.02)	12.03~16.04 (14.44±2.12)
Cultured fish									
<i>Mugil cephalus</i> (Sung-eo)	3	ND~0.04 (0.02±0.02)	ND~0.11 (0.06±0.06)	0.20~0.36 (0.30±0.08)	0.01~0.03 (0.02±0.01)	0.06~0.15 (0.12±0.05)	ND~0.16 (0.11±0.09)	0.02~0.05 (0.04±0.02)	4.84~8.58 (6.94±1.91)
<i>Sebastes schlegeli</i> (Jo-pi-bol-lak)	3	ND~0.03 (0.02±0.01)	0.09~0.15 (0.13±0.03)	0.09~0.25 (0.17±0.08)	0.07~0.15 (0.10±0.04)	0.15~0.18 (0.16±0.02)	ND~0.21 (0.13±0.12)	0.07~0.31 (0.17±0.12)	2.87~7.48 (5.75±2.51)
<i>Lateolabrax japonicus</i> (Nong-eo)	3	0.03~0.04 (0.03±0.01)	ND~0.28 (0.13±0.21)	0.14~0.49 (0.32±0.17)	0.15~0.25 (0.20±0.05)	0.14~0.18 (0.17±0.02)	0.08~0.18 (0.13±0.03)	0.03~0.04 (0.03±0.01)	10.97~17.99 (13.49±3.90)
<i>Seriola quinqueradiata</i> (Bang-eo)	3	ND~0.05 (0.03±0.02)	0.14~0.20 (0.17±0.03)	0.58~1.11 (0.84±0.26)	0.08~0.18 (0.12±0.05)	0.18~0.19 (0.19±0.00)	ND~0.12 (0.04±0.07)	0.04~0.12 (0.09±0.04)	2.83~7.48 (4.44±2.63)
<i>Pagrus major</i> (Cham-dom)	3	ND~0.04 (0.02±0.02)	0.05~0.37 (0.22±0.16)	0.25~0.40 (0.33±0.07)	0.12~0.18 (0.15±0.03)	0.10~0.24 (0.18±0.07)	ND~0.20 (0.10±0.10)	0.02~0.09 (0.05±0.04)	9.30~12.51 (10.39±1.84)
<i>Oplegnathus fasciatus</i> (Dol-dom)	3	ND~0.03 (0.02±0.01)	ND~0.15 (0.09±0.08)	0.18~0.38 (0.30±0.11)	0.05~0.09 (0.07±0.02)	0.15~0.18 (0.17±0.02)	0.16~0.18 (0.17±0.01)	0.05~0.12 (0.09±0.03)	10.14~10.92 (10.63±0.43)
<i>Paralichthys olivaceus</i> (Neob-chi)	3	ND~0.04 (0.02±0.02)	0.15~0.21 (0.19±0.03)	0.07~0.20 (0.14±0.07)	0.06~0.10 (0.07±0.02)	0.17~0.28 (0.22±0.05)	0.10~0.14 (0.12±0.02)	0.02~0.07 (0.05±0.03)	9.15~12.40 (10.97±1.66)

¹⁾No, Number of individuals. ²⁾Mean value±SD. ³⁾ND, Not detected.

mg/kg, 구리 함량은 각각 0.11~1.62 mg/kg 및 0.07~1.11 mg/kg 으로 나타났다. 자연산과 양식산 활어의 수은 함량은 0.01~0.28 mg/kg과 0.01~0.25 mg/kg으로 우리나라의 기준치를 초과하지 않았으며, 다른 계절에 채취한 시료와 비슷한 함량을 나타내었다.

또한, 자연산과 양식산 활어의 납 함량은 각각 0.01~0.37 mg/kg과 0.02~0.31 mg/kg 이었으며, 우리나라 어류종의 납 허용기준치를 초과하는 시료는 존재하지 않았다. 자연산과 양식산 활어의 아연 함량은 8.48~16.70 mg/kg과 2.83~17.99 mg/kg으로 나타났다.

이상의 결과를 종합하면, 시중 유통중인 자연산과 양식산 활어의 총 수은 함량은 우리나라 허용기준치 0.5 mg/kg 이하로 매우 안전한 수준이었으며, 계절에 따른 중금속 함량 변화는 거의 없었으나, 자연산이 양식산 보다 다소 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 한편, 납 함량은 우리나라 허용기준치 0.5 mg/kg 이하를 초과하는 시료는 없으나, 여름철에 몇몇 어

종에서 다소 높게 나타나는 것으로 미루어볼 때, 특정 금속에 대한 어종별 특이성을 조사할 필요가 있을 것으로 사료된다. 그러나 대체로 자연산 활어가 양식산 활어에 비하여 중금속 함량이 다소 높았으나, 계절에 따른 뚜렷한 상관성을 확인할 수 없었다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 (RP-2009-FS-014)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

Ashraf W. 2005. Accumulation of heavy metals in kidney and heart tissues of Epinephelus Microdon fish from the Arabian Gulf. Environ Monit Assess 101, 311-316.

- Ati-Hellal ME, Hellal F, Dachraoui M and Hedhili A. 2007. Plackette-Burman designs in the pretreatment of macroalgae for Pb, Cr and Al determination by GF-AAS. *Comptes Rendus Chimie* 10, 839-849.
- Bryan GW. 1971. The effects of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms. *Proc Roy Soc London* 177, 389-410.
- Campbell PGC and Stokes PM. 1985. Acidification and toxicity of metals to aquatic biota. *Can J Fish Aquat Sci* 42, 2034-2049.
- Cesur H. 2007. Selective solid-phase extraction of Cu (II) using freshly precipitated lead diethyldithiocarbamate and its spectrophotometric determination. *Chemical Papers* 61, 342-347.
- Choi HG, Park JS and Lee PY. 1992. Study on the heavy metal concentration in mussels and oysters from the Korea costal waters. *Bull Korean Fish Soc* 25, 485-494.
- Choi SN, Lee SU, Chung KH and Ko WB. 1998. A study of heavy metals contents of the seaweeds at various area in Korea. *Korean J Soc Food Sci* 14, 25-32.
- Chun OK, Kim YC and Han SH. 2001. A study on the contents of heavy metals in the commercial processed foods. *J Fd Hyg Safety* 16, 308-314.
- Codex Alimentarius Commission. 2006. Draft report of the 38th session of the codex committee on food additives and contaminants. ALINORM 06/29/41, Hague, Netherlands.
- EU (European Union). 2005. Commission Regulation (EC) No 78/2005 as regards heavy metals, http://europa.eu/index_en.htm.
- Gulser F and Erdogan E. 2008. The effects of heavy metal pollution on enzyme activities and basal soil respiration of roadside soils. *Environ Monit Assess* 15, 127-133.
- Ha GJ, Song JY and Hah DS. 2004. Study on the heavy metal contents in fishes and shellfishes of Gyeongsangnam-do costal area-Part 1. *J Fd Hyg Safety* 19, 132-139.
- Heu MS and Kim JS. 2004. Heavy metal contents of canned seafoods packed in oil. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47, 307-314.
- Jun JY, Xu XM and Jeong IH. 2007. Heavy metal contents of fish collected from the Korean coast of the East Sea (DongHae). *J Kor Fish Soc* 40, 362-366.
- Keckes S and Miettinen JK. 1972. Mercury as a marine pollutant. In: *Marine pollution and sea life*. Ruivo M, ed. FAO, Fishing News (Books) Ltda., London, U.K., pp. 276-289.
- Kim HY, Kim JC, Kim SY, Lee JH, Jang YH, Lee MS, Park JS and Lee KH. 2007. Monitoring of heavy metals in fishes in Korea. *Kor J Food Sci Technol* 39, 353-359.
- Kim MH, Kim JS, Sho YS, Chung SY and Lee JO. 2003. The study on heavy metal contents in various foods. *Korean. J Food Sci Technol* 35, 561-567.
- Kim MH, Lee YD, Park HJ, Kim EJ and Lee JO. 2004. *Korean. J Food Sci Technol* 36, 375-378.
- Kim YC and Han SH. 1999. A study on heavy metal content of the fresh water fish, and the shellfish in Korea. *J Fd Hyg Safety* 14, 305-318.
- Kim YU, Myoung JG, Kim YS, Han KH, Kang CB and Kim JG. 2001. *The Marine Fishes of Korea*. Hanguel, Busan, Korea. 1-382.
- KFDA (Korea Food & Drug Administration). 2009. *Food Code*. Korea Food & Drug Administration, Seoul, Korea.
- KREI (Korea Rual Economic Institute). 2008. 2007 Foodstuff supply, Korea Rual Economic Institute, http://krei.re.kr/kor/statistics/basic_farming.php.
- Mok JS, Shim KB, Cho MR, Lee TS and Kim JH. 2009. Content of heavy metals in fishes from the Korea coasts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38, 517-524.
- MOMAF (Ministry of Maritime Affairs & Fisheries). 2002. *Standard Methods for Marine Environmental*. Seoul, Korea. 1-330.
- Shahtaheri SJ, Khadem M, Golbabaie F, Rahimi-Froushan A, Ganjali MR and Norouzi P. 2007. Solid phase extraction for evaluation of occupational exposure to Pb (II) using XAD-4 sorbent prior to atomic absorption spectroscopy. *Int J Occup Saf Ergon* 13, 137-145.
- Sheo HJ, Hong SW and Choi JW. 1993. Study on the contents of heavy metals of fishery products in south coast of Korea. *J Korean Soc Food Nutr* 22, 85-90.
- Sung DW and Lee YW. 1993. A study on the content of heavy metals of marine fish in Korea costal water. *Kor J Food Hyg* 8, 231-240.
- USFDA (United States Food and Drug Administration). 1993. *Guidance Document for Cadmium in Shellfish*. 1-44.
- Viana F, Huertas R and Danulat E. 2005. Heavy metal levels in fish from coastal waters of Uruguay.

Environ Contam Toxicol 48, 530-537.

Wang WX. 2002. Interactions of trace metals and different marine food chains. Mar Ecol Prog Ser 243, 295-309.

Yildirim Y, Gonulalan Z, Narin I and Soylak M. 2009. Evaluation of trace heavy metal levels of some fish species sold at retail in Kayseri, Turkey.

Environ Monit Asses 149, 223-228.

2009년 9월 22일 접수
2009년 11월 13일 수정
2009년 12월 18일 수리