pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 32, No. 3, pp. 211~216 (2017)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2017.32.3.211

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

경기도내 유통 다소비 생선류의 중금속 및 셀레늄 함량

조윤식* · 김기철 · 김경아 · 강석호 · 정유정 · 곽신혜 · 이필석 · 이운형 · 모아라 · 용금찬 · 윤미혜
경기도보건환경연구원 안산농수산물검사소

A Study on Heavy Metals and Selenium Contents of Seafoods Commonly Consumed in Gyeonggi-Do

Yun-Sik Cho*, Ki-Cheol Kim, Kyung-A Kim, Suk-Ho Kang, You-Jung Jung, Shin-Hye Kwak, Pil-Suk Lee, Woon-Hyung Lee, Ara Moh, Kum-Chan Yong, and Mi-Hye Yoon
GyeongGi-Do Institute of Public Health and Environment Ansan Agro-fishery Products Inspection Center, Ansan, Korea
(Received January 25, 2017/Revised March 12, 2017/Accepted June 8, 2017)

ABSTRACT - A total of 100 seafoods commonly consumed in Gyeonggi-do were investigated to determine the concentration of lead (Pb), total mercury (Hg), methyl mercury (MeHg), cadmium (Cd) and selenium (Se). Concentration of heavy metals and selenium was measured by using mercury analyzer, ICP-MS and GC-ECD. The average content (mg/kg) of heavy metals in the seafood samples was as follows; Pb 0.0915 (0.0021-0.4490), Cd 0.0084 (ND-0.1773), and Hg 0.0412 (0.0013-0.3032). All the levels were below the recommended standards of the MFDS in Pb (0.5 mg/kg), Cd (0.2 mg/kg), Hg (0.5 mg/kg). The methylmercury was detected in the hairtail (0.0677 mg/kg) and cod (0.2941 mg/kg). After the average content of heavy metals in seafood was determined, the exposure assessment for heavy metals was conducted. Relative hazardous levels compared to PTWI were lower than the official standards of the JECFA for Pb (0.97%), Hg (3.42%) Cd (0.45%). In conclusion, the levels presented in this study are presumed to be safe for consumption.

Key words : Total Mercury, Lead, Cadmium, Selenium, Seafoods

바다에 서식하는 수산물에는 인체에 필요한 단백질, 지방, 미네랄 등의 영양성분은 물론 다양한 기능성 물질들이 함유되어 있다. 특히 우리나라는 수산물 소비가 많은 나라이며, 생활수준 향상으로 인해 건강에 대한 관심이 높아져 육류보다는 수산물을 통한 단백질 섭취가 증가하고 있는 추세이다[1]. 하지만 급속한 산업발달과 더불어 연안지역은 여러 가지 산업폐수와 도시하수의 유입으로 중금속 오염에 노출될 가능성도 크게 증가하였다. 이러한 환경에서 오염된 식품의 섭취를 통해 중금속은 체내로 들어오게 되며 한번 들어온 중금속은 쉽게 분해되거나 제거되지 않고 축적된다. 중금속은 직접적인 독성이 강할 뿐만 아니라 만성적으로 내분비계를 교란시키는 작용을 하는 것으로 밝혀지면서 식품 중의 중금속 농도와 섭취량, 생리적인 작용, 허용량에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 국내에서도 식량의 안전성 확보 및 통상 마찰로 인한 분쟁방지를 위해 농산물, 수산물 등을 대상으로 지속적으로 중금속 모니터링을 수행하여 왔다. 국내 수산물의 기준규격은 납, 카드뮴, 수은 등의 위해 중금속 위주로 관리되고 있으며 2006년에는 심해성 어류, 다랑어류 및 새치류에 대한 메틸수은 기준규격을 신설하였다[2-6].

납(Pb)은 급성중독보다 장기간 축적에 의한 만성중독이 문제가 되고 있으며 인체에 흡수되면 주로 골격에 축적되고 연부조직에 일부 축적되는 것으로 보고되고 있다. 카드뮴(Cd)은 자연계에 낮은 농도로 존재하지만 환경오염물질로 주목받고 있으며 비타민 D의 활성을 저해하여 뼈가 물러지며 작은 움직임에도 골절을 일으키는 이타이이타이병을 유발하는 중금속이다. 수은(Hg)은 상온에서 액체 상태로 존재하는 유일한 금속으로 물리 · 화학적 특성에 따라 원소수은, 무기수은, 유기수은으로 구분되며, 해양 환경 중에 존재하는 대부분의 수은은 무기 형태이다[7]. 인간이 수은에 노출되는 주요 경로는 식이를 통한 비중이 가장 크며, 그 중에서도 어류 및 어류 가공품을 통한 비중이 가장 크다[8]. 해양 환경 중에 무기수은은 토양과 퇴적물 내

*Correspondence to: Yun-Sik Cho, Ansan Agro-fishery Products Inspection Center, Gyeinggi-Do Institute of Health and Environment, Ansan 15507, Korea
Tel: 82-31-250-5074, Fax: 82-31-438-5871
E-mail: cyun0030@gg.go.kr

미생물의 활동으로 유기형태인 메틸수은으로 전환되기도 한다. 메틸수은은 중추신경계와 심혈관계 등의 주요기관에 손상을 가하는 독성물질로 체내 축적 시 뇌, 간, 신장에 축적되며 신장에서 가장 높은 농도를 나타내는 물질로 알려져 있다[9-11]. 1950년대 일본 미나마타 중독사건은 인간에게서 메틸수은의 중독성이 처음 보고된 건으로 공장에서 배출된 폐수에 의해 오염된 어류의 섭취가 직접적 원인으로 지금까지 알려진 대표적 환경오염 사건이다. 셀레늄(Se)은 신체의 면역체계 유지는 물론 항산화 물질로서의 기능을 하는 필수적인 미네랄 성분으로 소량의 섭취만으로 기능을 발휘하나 장기간 다량 섭취할 경우 간장장애, 신장장애 등 역효과를 나타내므로 적정량 섭취가 중요하다 할 수 있다. 이러한 셀레늄은 수은의 배출과 독성제거의 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 WHO에서는 성인기준으로 50~200 μg/person/day로 규정하고 있다[12].

따라서 본 연구에서는 2016년도 식품안전관리지침 자료를 바탕으로 경기도내에서 유통되는 다소비 생선류를 대상으로 현재 수산물에 공통적으로 기준과 규격이 설정되어 있는 납(Pb), 수은(Hg)과 카드뮴(Cd)을 비롯하여 심해성 어류에만 기준 규격이 설정되어 있는 메틸수은 뿐 만 아니라 셀레늄(Se) 함량까지 분석하여 생선류가 중금속 섭취에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

Materials and Methods

시료

시료는 식품공전 제8. 검체의 채취 및 취급방법에 따라 수거하였으며 2016년 3월부터 11월까지 경기도내에서 판매, 유통되고 있는 고등어 등 9종의 생선류, 총 100건을 대상으로 분석하였다.

시약 및 표준용액

분석에 사용된 표준원액은 납, 카드뮴, 셀레늄(Multi-Element, PerkinElmer, Inc. USA), 수은(Mercury, PerkinElmer, Inc. USA)을 사용하였고, 메틸수은은 염화메틸수은(methylmercury(II) chloride, Sigma- Aldrich Co., Ltd., St. Louis, MO, USA) 0.1164 g을 톨루엔(toluene, Sigma-Aldrich Co.)으로 용해하여 제조하였다. 산분해용 시약으로 염산(hydrochloric acid, Sigma-Aldrich Co.)과 질산(super-pure grade, Merck, Darmstadt, Germany)을 사용하였으며, 실험에 사용한 모든 시약과 용매는 분석용 특급시약 및 GC 분석용 등급을 사용하였으며, 증류수는 저항값을 확인하여(18.2MΩ ± 0.2) 내부점검기준에 의해 이상이 없음을 확인한 후 사용하였다.

시료의 전처리(메틸수은, 총수은)

메틸수은 분석을 위한 전처리 방법은 식품공전 제9. 일반시험법 7.1.2.7에 등재된 메틸수은 시험법을 사용하였다. 균질화한 시료 약 2 g을 취하여 염산 등으로 분해하여 시험용액으로 사용하였다.

총수은은 시료 균질화 후 약 0.1 g을 시험용액으로 사용하였다.

시료의 전처리(납, 카드뮴, 셀레늄)

식품공전 제9. 일반시험법 7.1.2.1에 등재된 마이크로웨이브법에 따라 시료 약 0.5 g을 취하여 질산 등으로 분해하여 시험용액으로 하였다.

기기분석(총수은, 메틸수은)

총수은은 균질화한 시료 약 0.1 g을 가열기화 금아말감법의 원리로 분석을 하는 수은분석기(MA-3000, Nippon Instruments Corporation, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였으며, 수은 표준용액을 제조하여 외부검량선과 LOD, LOQ를 확인하였으며, 수은 표준용액을 시료에 첨가하여 회수율을 확인하였다.

메틸수은 분석은 기체크로마토그래피 전자포획검출기(GC-μECD, Agilent Technology GC System 7890N, Agilent, Palo Alto, California, USA)를 사용하여 분석하였다. 시험용액은 메틸수은 분석용 GC 컬럼인 HR-Thermon-HG (15 m × 0.53 mmID, Shinwa Chem., Kyoto, Japan) 컬럼을 사용하였으며, 기기분석 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Analytical condition of Methylmercury by GC system

Parameters	Conditions
Instument	GC (Agilent 7890A)
Column	ULBON HR-Thermon-Hg (0.53 mm ID × 15 m, Shinwa Chem.)
Detector	Micro electron capture detector (μECD)
Inlet temp.	150°C
Oven temp.	140°C
Detector temp.	160°C
Carrier gas	N_2 (3.5 mL/min)
Injection vol.	1 μL (Splitless)

Table 2. Analytical condition of ICP-MS

Parameters	Conditions		
RF Power	1600 Watt		
Aux. gas	1.2 L/min as Argon		
Neb. gas	1.02 L/min as Argon		
Pulse stage voltage	900 V		
Mass	Pb	Cd	Se
(m/z)	207.977	110.904	81.917

Table 3. Recoveries of Heavy metals and Selenium

Compound	Average (Mean ± RSD)		
	Recovery	Detection limits (μg/kg)	Quantification limits (μg/kg)
Total mercury	114.5 ± 4.5	0.0012	0.0041
Lead	99.9 ± 0.6	0.5	1.6
Cadmium	92.8 ± 0.7	0.0004	0.0014
Selenium	99.9 ± 2.8	0.0410	0.1353
Methyl mercury	99.7 ± 5.1	15.7	51.7

기기분석(납, 카드뮴, 셀레늄)

균질화 한 시료 약 0.5 g을 취하여 질산용액 7 mL, 과산화수소 1 mL 첨가 후 마이크로웨이브를 사용하여 분해하였고, ICP-MS (Perkin-Elmer, USA)를 이용하여 측정하였으며 기기조건은 Table 2와 같다.

Result and Discussion

정량 및 검출한계

표준용액을 제조하여 검량선을 각각 작성하여, 직선성의 범위를 확인하였으며 평균 0.999 이상의 상관계수(R^2)값을 나타내었다. 각각의 검출한계와 정량한계는 Table 3과 같다.

회수율

총수은, 납, 카드뮴, 셀레늄은 한국표준과학연구원에서 구입한 표준인증물질(certified reference material, CRM)을 이용하여 3회 반복 측정하였고, 염화메틸수은은 최종농도가 0.5 mg/kg이 되도록 고등어 시료에 첨가하여 측정하였으며, 그 결과는 Table 3과 같다.

생선류 중 중금속(납, 수은, 카드뮴, 메틸수은) 및 셀레늄 함량

본 연구에서 분석된 생선류에 대한 중금속(납, 수은, 카드뮴, 메틸수은) 및 셀레늄 함량은 품목별로 Table 4에 나타내었다.

생선류 총 100건 중 위해중금속으로 관리대상항목인 납, 수은, 카드뮴의 경우는 시료별 차이는 있지만 모두 기준규격 이하로 검출되었고 메틸수은은 수은농도가 높았던 두 가지 시료에서 검출되었다. 셀레늄의 경우 다른 위해금속에 비해서 높은 농도로 존재하는 것으로 나타났다.

중금속 항목별 검출 특성

납(Pb), 카드뮴(Cd) 및 수은(Hg)

본 실험에 사용된 생선류에서 납의 함량 (평균 ± 표준오차(최소값-최대값), mg/kg)은 고등어 0.10 ± 0.02(0.0143-0.4489), 갈치 0.07 ± 0.02(0.0384-0.1090), 조기 0.08 ± 0.03 (0.0107-0.2161), 꽁치 0.10 ± 0.03(0.0188-0.4089), 삼치 0.08 ± 0.02(0.0081-0.4490), 대구 0.11 ± 0.07(0.0021-0.3032), 아귀 0.10 ± 0.02(0.0539-0.1036), 임연수 0.10 ± 0.05(0.0242-0.3196), 전어 0.06 ± 0.01(0.0460-0.0816)로 나타났다. 평균

Table 4. Levels of Heavy metals and Selenium in seafoods (unit: mg/kg)

Name	Sample number	Pb Mean ± SE (min-max)	Cd Mean ± SE (min-max)	Hg Mean ± SE (min-max)	MeHg	Se Mean ± SE (min-max)
mackerel	32	0.10 ± 0.02 (0.0143-0.4489)	0.01 ± 0.00 (ND-0.0546)	0.04 ± 0.00 (0.0091-0.1323)	ND	0.75 ± 0.03 (0.3979-1.0227)
hairtail	4	0.07 ± 0.02 (0.0384-0.1090)	0.06 ± 0.03 (0.0196-0.1367)	0.01 ± 0.01 (0.0013-0.0298)	0.07*	0.34 ± 0.04 (0.2166-0.4068)
croaker	8	0.08 ± 0.03 (0.0107-0.2161)	0.00 ± 0.00 (0.0012-0.0059)	0.02 ± 0.00 (0.0107-0.0320)	ND	0.46 ± 0.05 (0.1981-0.5944)
pacific saury	13	0.10 ± 0.03 (0.0188-0.4089)	0.01 ± 0.00 (0.0026-0.0287)	0.05 ± 0.01 (0.0068-0.0885)	ND	0.33 ± 0.02 (0.2030-0.3992)
spanish mackerek	27	0.08 ± 0.02 (0.0081-0.4490)	0.01 ± 0.01 (ND-0.1773)	0.03 ± 0.00 (0.0047-0.0535)	ND	0.53 ± 0.02 (0.3009-0.6673)
cod	4	0.11 ± 0.07 (0.0021-0.3032)	0.01 ± 0.00 (0.0043-0.0183)	0.08 ± 0.07 (0.0021-0.3032)	0.29*	0.36 ± 0.03 (0.3196-0.4438)
monkfish	3	0.10 ± 0.02 (0.0539-0.1036)	0.01 ± 0.00 (0.0030-0.0100)	0.07 ± 0.01 (0.0266-0.0677)	ND	0.29 ± 0.00 (0.2829-0.2966)
atka monkerel	5	0.10 ± 0.05 (0.0242-0.3196)	0.01 ± 0.00 (0.0008-0.0165)	0.05 ± 0.02 (0.0242-0.1085)	ND	0.30 ± 0.04 (0.2299-0.4146)
gizzard	4	0.06 ± 0.01 (0.0460-0.0816)	0.00 ± 0.00 (0.0019-0.0068)	0.02 ± 0.02 (0.0054-0.0367)	ND	0.28 ± 0.28 (0.2437-0.3171)

* MeHg was detected in only two samples (hairtail, cod)

값은 대구, 최대값은 삼치가 가장 높았으며, 전체 평균값은 0.08 mg/kg로 현재 식품공전설정기준(0.5 mg/kg)에 못 미치는 수치였다.

카드뮴의 함량 (평균 ± 표준오차(최소값-최대값), mg/kg)은 고등어 0.01 ± 0.00(ND-0.0546), 갈치 0.06 ± 0.03(0.0196-0.1367), 조기 0.00 ± 0.00(0.0012-0.0059), 꽁치 0.01 ± 0.00(0.0026-0.0287), 삼치 0.01 ± 0.01(ND-0.1773), 대구 0.01 ± 0.00(0.0043-0.0183), 아귀 0.01 ± 0.00(0.0033-0.0100), 임연수 0.01 ± 0.00(0.0008-0.0165), 전어 0.00 ± 0.00(0.0019-0.0068)로 나타났다. 평균값은 갈치, 최대값은 삼치로 나타났으며 전체 평균값은 0.01 mg/kg로 식품공전 설정기준(0.2 mg/kg) 이하의 수치였다.

수은의 경우 (평균 ± 표준오차(최소값-최대값), mg/kg)는 고등어 0.04 ± 0.00(0.0091-0.1323), 갈치 0.01 ± 0.01(0.0013-0.0298), 조기 0.02 ± 0.00(0.0107-0.0320), 꽁치 0.05 ± 0.01(0.0068-0.0885), 삼치 0.03 ± 0.00(0.0047-0.0535), 대구 0.08 ± 0.07(0.0021-0.3032), 아귀 0.07 ± 0.01(0.0266-0.0677), 임연수 0.05 ± 0.02(0.0242-0.1085), 전어 0.02 ± 0.02(0.0054-0.0367)로 나타났다. 평균값, 최대값 모두 대구가 가장 높았으며, 전체평균값은 0.04 mg/kg로 식품공전 설정기준(0.5 mg/kg)에 이하로 나타났다.

이러한 조사결과는 국내 권 등[14]의 유통 수산물에 대한 연구결과에 Pb 0.01 mg/kg, Cd 0.01 mg/kg, Hg 0.07 mg/kg로 보고되었고, 목 등[1]의 연안산 어류에 대한 연구결과에서 Pb 0.04 mg/kg, Cd 0.02 mg/kg, Hg 0.01 mg/kg 으로 나타났으며, 김 등[28]의 유통어류에 대한 연구에서 Pb 0.02 mg/kg, Cd 0.02 mg/kg, Hg 0.07 mg/kg로 나타나 전체적으로 유사한 수치를 나타내었으나, 각 검출농도의 분포범위는 다양하여 어류의 크기, 부위 등의 개체특성과 상관성이 있을 것으로 판단된다.

셀레늄(Se)

셀레늄의 함량 (평균 ± 표준오차(최소값-최대값), mg/kg)은 고등어 0.75 ± 0.03(0.3979-1.0227), 갈치 0.34 ± 0.04(0.2166-0.4068), 조기 0.46 ± 0.05, 꽁치 0.33 ± 0.02(0.2030-0.3992), 삼치 0.53 ± 0.02(0.3009-0.6673), 대구 0.36 ± 0.03(0.3196-0.4438), 아귀 0.29 ± 0.00(0.2829-0.2966), 임연수 0.30 ± 0.04(0.2299-0.4146), 전어 0.28 ± 0.28(0.2437-0.3171)로 위해금속으로 기준규격항목인 Pb, Cd, Hg에 비해 모든 시료에서 높은 농도로 나타났다.

셀레늄(Se)과 수은(Hg)의 몰비율

셀레늄은 수은과 반응하여 독성을 낮춰주는 물질로 셀레늄이 많이 함유된 식품에서는 수은 중독이 잘 발생하지 않는 것으로 알려져 있다. 과거에는 수은 자체의 독성이 문제시 되었지만 최근 연구[27]에서는 수은이 체내에서 셀레늄 결핍을 일으키는 것에 주목하고 있으며 셀레늄은 수은과 결합 친화력이 강하여 두 물질이 결합하여 비활성 화합물인 mercury selenide를 생성함으로 인해서 독성을 감소시키게 된다. 따라서 수은과 셀레늄의 몰비율이 수은 단독의 총 함량보다 위해성 평가에 있어서 중요한 요소라 할 수 있다. 조사대상 생선류에 대한 셀레늄(Se)과 수은(Hg)의 몰수 비교 결과는 Fig. 1과 같으며, 고등어 등 9품목에서 모두 셀레늄이 수은보다 최소 10배 이상 많은 것으로 나타났다.

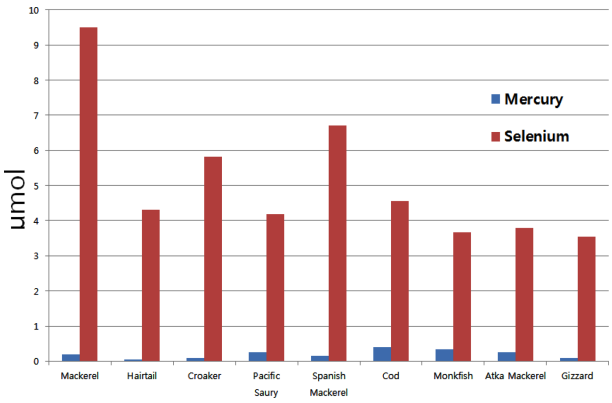

Fig. 1. The mole ratio of Mercury and Selenium.

납, 수은 및 카드뮴의 위해성 평가

고등어 등 9품목 총 100건을 대상으로 위해금속을 측정한 결과 각각의 평균함량은 Pb 0.08 mg/kg, Cd 0.01 mg/kg, Hg 0.04 mg/kg으로 나타났다.

상기결과를 바탕으로 위해도 평가를 위한 노출량 산출을 위하여 2013년 국민건강영양조사[13] 원시자료를 통계패키지로 분석하여 국민평균체중을 산출하였으며, 다소비 생선류의 일일평균섭취량은 2016년도 식품안전관리지침을 따랐다. 본 연구결과와 위에서 산출된 분석대상 어류의 일일평균섭취량과 JECFA에서 제시한 PTWI 및 PTMI 대비 위해도(%)를 산출하여 노출수준의 위해정도는 Table 5, 6과 같이 나타났다. JECFA에서 설정한 납과 총수은의 PTWI는 25 μg/kg b.w./week, 4 μg/kg b.w./week로 섭취빈도가 높은 고등어와 대구에서 PTWI %가 높은 것으로 나타났으며, PTMI가 25 μg/kg b.w./month인 카드뮴도 섭취빈도가 높은 고등어와 대구에서 PTMI %가 높은 것으로 나타났다.

조사대상 생선류 9종의 섭취량을 통해 산출한 납의 주간추정노출량은 0.2421 μg/kg b.w./week이며 JECFA에서 제시하는 납의 PTWI 대비 0.97%, 총수은의 주간추정노출량은 0.1366 μg/kg b.w./week로 총수은 PTWI 대비 3.42%로 나타났으며, 카드뮴의 월간추정노출량은 0.1126 μg/kg b.w./month로 카드뮴의 PTMI 대비 0.45%로 나타났다.

셀레늄의 경우 생선류 9종의 주간추정노출량은 1.1448 μg/kg b.w./week로 평균체중을 바탕으로 섭취량 환산 시 일일총섭취량은 약 9.27 μg으로 최소권장량 50 μg에 미치는 못

Table 5. The estimated intake of Pb, Hg, Se, Cd

Name	Daily food intake (g/man/day)	Weekly food intake (g/man/week)	Monthly food intake (g/man/month)	Estimated weekly intake[1] of (μg/kg b.w[2]./week)				Estimated monthly intake[4] of (μg/kg b.w./month)
				Pb	Hg	Se	se (μg)[3]	Cd
mackerel	4.81	33.67	144.3	0.0605	0.0265	0.4488	25.4	0.0211
hairtail	1.20	8.4	36	0.0103	0.0096	0.0509	2.9	0.0270
croaker	3.79	26.53	113.7	0.0395	0.0108	0.2153	12.2	0.0074
pacific saury	1.41	9.87	42.3	0.0183	0.0095	0.0572	3.2	0.0102
spanish mackerek	0.35	2.45	10.5	0.0036	0.0011	0.0230	1.3	0.0024
cod	6.77	47.39	203.1	0.0943	0.0701	0.3017	17.1	0.0405
monkfish	0.91	6.37	27.3	0.0112	0.0073	0.0325	1.8	0.0027
atka monkerel	0.25	1.75	7.5	0.0031	0.0014	0.0094	0.5	0.0010
gizzard	0.17	1.19	5.1	0.0013	0.0003	0.0060	0.3	0.0003
Total	3.799	137.53	589.8	0.2421	0.1366	1.1448	64.9	0.1126

1) [Mean content in each food × daily food intake × 7]/56.73(b.w.)
2) b.w.: body weight (56.73 kg)
3) [Estimated weekly intake of SE] × 56.73 kg
4) [Mean content in each food × daily food intake × 30]/56.73(b.w.)

Table 6. The estimated intake of Pb, Hg, Cd compared with standards by JECFA

Name	Estimated weekly intake of (μg/kg b.w./week)		Estimated monthly intake of (μg/kg b.w./month)	% of PTWI[1] in		% of PTMI[1] in
	Pb	Hg	Cd	Pb	Hg	Cd[2]
mackerel	0.0605	0.0265	0.0211	0.24	0.66	0.08
hairtail	0.0103	0.0096	0.0270	0.04	0.24	0.11
croaker	0.0395	0.0108	0.0074	0.16	0.27	0.03
pacific saury	0.0183	0.0095	0.0102	0.07	0.24	0.04
spanish mackerek	0.0036	0.0011	0.0024	0.01	0.03	0.01
cod	0.0943	0.0701	0.0405	0.38	1.75	0.16
monkfish	0.0112	0.0073	0.0027	0.04	0.18	0.01
atka monkerel	0.0031	0.0014	0.0010	0.01	0.04	0.00
gizzard	0.0013	0.0003	0.0003	0.01	0.01	0.00
Total	0.2421	0.1366	0.1126	0.97	3.42	0.45

1) The percentage of the PTWI set by JECFA
2) The percentage of the PTMI set by JECFA

하는 수준으로 나타났다.

또한 유해 중금속으로 관리대상항목인 납, 수은, 카드뮴의 경우 모두 기준규격 이하로 검출되었으며, 크기가 큰 어종인 갈치, 대구, 삼치에서 항목별로 높은 농도를 나타내었다. 메틸수은은 식품의약품안전처 연구보고서에 따르면 심해성 어류의 경우에 수은함량대비 약 40%로 보고있지만, 본 연구대상인 다소비 생선류에서는 100건의 시료 중 수은 농도가 높았던 대구와 갈치에서 각각 0.066 mg/kg, 0.2941 mg/kg로 검출되어 총수은 대비 85.7%, 97.0%를 차지하는 것으로 조사되었으며, 7개 시료에서 정량한계 미만으로 확인되었다. 특히 셀레늄과 수은의 몰비율 비교시에도 셀레늄이 10배 이상 많은 것으로 나타나 다소비 생선류 중 중금속의 노출량은 아직 안전한 수준인 것으로 볼 수 있으나, 정확한 노출량 및 안전성을 평가하기 위해서는 전체 식품군에서 유해 중금속 노출에 주로 기여하는 식품군도 함께 고려되어야 하며, 세분화된 어종별 일일 섭취량 및 지역별 섭취빈도 등 다양하고 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

또한 셀레늄의 경우 섭취량 평가 실시 결과 본 연구대상 어종으로부터의 섭취량은 권장량에 미치지 못하는 것으로 나타났으며, 전체 식단에서 생선류가 차지하는 비율을 고려하는 등 올바른 식단을 통한 음식물 섭취도 필요하다 할 수 있다.

국문요약

본 연구에서는 경기도 내 유통되고 있는 다소비 생선류 100건을 대상으로 납, 수은(메틸수은 포함), 카드뮴의 오염도 및 셀레늄의 함량을 알아보았다. 금아말감법의 수은분석기, ICP-MS, GC-ECD를 사용하여 측정하였으며 각 항목별 평균함량은 Pb 0.0915(0.0021-0.4490) mg/kg, Cd 0.0084(ND-0.1773) mg/kg, Hg 0.0412(0.0013-0.3032) mg/kg으로 모두 기준규격 이하로 나타났다. 셀레늄은 수은과 결합하여 수은의 독성을 감소시키는 것으로 알려져 있는데 본 연구에서 조사된 생선류에서는 셀레늄의 평균함량이 0.4044(0.1981-1.0227) mg/kg이었다. 규격 외 항목인 메틸수은은 100건 중 갈치와 대구 2개 시료에서 각각 0.0677 mg/kg, 0.2941 mg/kg로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 다소비 생선류를 통한 납, 수은 및 카드뮴의 총 섭취량은 JECFA에서 설정한 PTWI 및 PTMI의 0.97%, 3.42% 및 0.45%로 조사되었다. 따라서 도내에서 유통되는 생선류의 섭취는 납, 수은, 카드뮴 등의 위해에서 안전하다고 판단된다.

References

1. Mok JS, Shim KB, Cho MR, Lee TS, Kim JH. Contents of Heavy Metals in Fishes from the Korean Coasts. *J. Korean Soc Food Sci Nutr.,* **38**, 517-524 (2009).
2. FAO. CAC (Codex Alimentarius Commission). Guideline levels for methylmercury in fish. CAC/GL 7-1991 FAO Rome, Italy. (1991).
3. Food and Drug Administration. Fish, shellfish, crustaceans and other aquatic animals-fresh, frozen or processed-methyl mercury (CPG 7108.07). Available from: http://www.fda.gov/ora/com-pliance_ref/cpg/cpgfod/cpg540-600.html. Accessed Nov. 04, (2007).
4. Japanese Society of Food Sanitation. Standard method of analysis in food safety regulation. 2270-2271 (2003).
5. Commission Regulation (EC) No 1881 Setting maximum levels for certain contaminant in foods-tuff. Official Journal of the European Communities. Available from: http://www.fsai.ie/uploadedF-iles/Regulation_EC_(2006).
6. Ministry of FOOD and Drug Safety: Korean Food Code Index 2006-55. Korea, 29 (2015).
7. Yoo HY, Jung JJ, Choi EJ, Kang ST. Heavy Metal Contents of Vegetables from Korean Markets. *KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.,* **42**, 502-507 (2010).
8. Minisrty of Food and Drug Safety: Risk profile of methylmercury. Korea. pp. 15 (2010).
9. Ekno S, Susa M, Ninomiya T, Imamura K, Kitamura T. Minamata disease revisited: An update on the acute and chronic manifestations of methylmercury poisoning. *J. Neurol. Sci.,* **262**, 131-144 (2007).
10. Mercury Poisoned. Com. Symptoms of mercury chronic poisoning. Available from:http: //www.mercurypoisoned.com/symptoms.html. Accessed Mar. 01, (2008).
11. Clarkson TW, Magos L, Myers GJ. The toxicology of mercury current exposures and clinical manifestations. New Engl. *J. Med.* **349**, 1731-1737 (2003).
12. Yumiko Y, Michiaiki Y, Haruka I. Selenium content in seafood in Japan. *US National Library of Medicine National institutes of Health.* **5**, (2013).
13. Korea Centers for Disease Control and Prevention: The sixth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES). Korea. (2013).
14. Kwon HD, Kim BJ, Park SH, Lee JY, Park SH, Park MJ, Lee MO. The Annual of Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment **20**, 44-52 (2010).
15. MFDS. Food Code I. Korea Food and Drug Administration. Seoul, Korea. (2008).
16. Craig P, George E, Jenkins R. Organometallic compounds in the environment. John Wiley & Sons Ltd., 32-38 (2003).
17. Mason RP, Reinfelder JR, Morel FM. Bioac-cumulation of mercury and methylmercury. *Water Air Soil Poll.,* **80**, 1573-2932 (1995).
18. Jensen S, Jernelov A. Biological methylati-on of mercury in aquatic organisms. *Nature.,* **223**, 753-754 (1969).
19. WHO. Dietary exposure assessment of chemicals in food. pp. 16-44. In: Principles and Methods for the Risk Assessement of Chemicals in Food. World Health Organization, Geneva. Switzerland (2008).
20. JECFA. summary report of the 72nd meeting of JECFA (JECFA/72/SC). Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (2010).
21. The International Council for Harmonisation(ICH).: Validation of analytical procedures : text and methodology Q2(R1). pp. 1-13 (2005).
22. Ministry of Oceans & Fisheries.: Statistical Yearbook of Oceans & Fisheries. Korea, 295-303 (2015).
23. Yoo HY, Jung JJ, Chol EJ, Kang ST. Heavy Metal Contents of Vegetables from Korean Markets. *KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.,* **42**, 502-507 (2010).
24. The Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan. The Report of survey for mercury in fishes. Available from: http://www.maff.go.jp/fisheat/press040817.htm. Accessed Mar. **27**, 2004 (2003).
25. Food and Drug Administration. Mercury levels in seafood species. Available from: http://vm.cfsan.fda.gov/-frf/sea-mehg.html. Accessed Mar. **22**, 2004. (2004).
26. Park JS, Jung SY, Son YJ, Choi SJ, Kim MS, Kim JG, Park SH, Lee SM, Chae YZ, Kim MY. Monitoring of Total Mercury, Methyl- mercury and Ethylmercury in Fish and Fishery Products Sold in Seoul (2011).
27. Maria P, Davide B, Agar M. Mercury and Selenium Content in Selected Seafood. *Journal of Food Composition and Seafood.,* **14**, 461-167 (2001).
28. Kim HY, Kim JC, Kim SY, Lee JH, Jang YM, Lee MS, Park JS, Lee KH. Monitoring of Heavy Metals in Fisfes in Korea. *KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.,* **39**, 353-359 (2007).