

## 수산물가공품의 유해중금속 오염실태 조사

생활보건팀

김여숙 · 윤은선 · 신재민 · 최수정  
이진호 · 김동규 · 이정숙 · 오영희

### Monitoring of Heavy Metals in Fishery Products

*Life & Health Research Team*

**Yeo-sook Kim, Eun-sun Yun, Jea-min Shin,  
Su-jeong Choi, Jin-hyo Lee, Dong-gyu Kim,  
Jeong-sook Lee and Young-hee Oh**

#### Abstract

This study was performed to estimate the heavy metal concentrations(Pb, Cd, Hg, and As) and analyze risks based on 103 samples of fishery products. In this paper, inductively coupled plasma-mass spectrometry(ICP-MS) measurements were used to determine the concentration of lead, cadmium, and arsenic. The concentration of mercury was determined by the mercury analyzer using a Hydra II C. The mean concentration of lead, cadmium, mercury and arsenic in canned foods were 0.015 mg/kg, 0.041 mg/kg, 0.052 mg/kg and 1.739 mg/kg, respectively, which were significantly higher than those of chilled and frozen foods(t-test,  $p < 0.05$ ). The mean concentration of mercury was 0.067 mg/kg, and the concentration was the highest in processed marine fish products. Arsenic was detected in marine fish(1.843 mg/kg) and other fishery products(1.876 mg/kg), but arsenic is generally present in the form of organic arsenic compounds in marine environments and is found to be harmless to humans. The weekly and monthly exposure dose of heavy metals from fishery products is considered to be safe to the human body, within 0.5% of the human exposure safety standards.

**Key words** : heavy metal, lead, cadmium, mercury, arsenic, fishery products

## 서 론

중금속은 지구상에 존재하는 금속 중 비중 4.0 이상의 금속을 의미하며, 이 중 납, 카드뮴, 수은, 비소는 유해금속으로 자체 독성이 있고 체내에 축적성이 강해 장기간 지속적으로 섭취하게 되면 만성질환, 중추신경장애, 돌연변이 등 심각한 영향을 끼칠 우려가 있다(1~2). 1974년 FAO/WHO 합동전문가위원회(JECFA)는 감시대상 오염물질 중 중금속을 우선순위로 다루었으며, 우리나라도 농산물, 수산물 등 식품 중 중금속 규제기준을 설정하여 관리하고 있다. 사람은 대기, 식수, 식품 등 다양한 직·간접적인 경로를 통해 중금속에 노출될 수 있고 일반적으로 식품이 주요 노출원으로 작용하여 건강에 유해한 영향을 미친다. Monte-Carlo simulation 모델을 이용하여 물, 공기, 식품에 의한 우리나라 성인의 납 노출량이 평가된 바 있으며, 그 결과 서울지역은 납 노출량의 90% 이상이 식품에서 유래되었다(3). 식품에 포함된 중금속을 인위적으로 조절하기는 힘들지만 식품의 중금속 오염도를 미리 조사하고 관리하면 유해금속에 의한 위해를 사전에 예방할 수 있다(4).

최근 우리나라 식품소비 형태가 질적으로 급속하게 변하고 있다. 곡류 섭취량은 감소하는 반면 육류, 우유류 등의 소비가 증가하고 있는데, 이는 식생활이 탄수화물 식품에서 양질의 단백질과 지방을 함유한 식품을 중심으로 변하고 있음을 보여준다(5). 또한, 사회 전반적으로 건강에 대한 관심이 고조되고 국민소득이 향상됨에 따라 인체에 유익한 단백질, 불포화지방산 등을 다량 함유하고 있는 수산물 소비량이 지속적으로 증가하고 있다(6). 우리나라 1인당 연간 수산물 소비량은 58.4 kg으로 세계 주요국 중 1위를 차지했으며(7), 수산물은 곡류와 육류에 이은 주요 단백질 공급원으로 전체 단백질 공급량의 14% 정도 차지한다(5). 수산물은 손질이 어려운 원물 형태의 구입은 감소하고 조리가 간편한 가공식품의 구입이 증가하고 있으며, 특히 가구원수가 적고 젊은 세대일수록 수산물가공품의 구입비중이 높아 향후 수산물가공식품의 수요가 증가할 것으로 예측된다(8). 식품공전에 따라 수산물가공품은 수산물을 주원료로 하

여 가공한 것으로 정의하고, 중금속으로 오염된 원료를 사용하거나 제조·가공·포장 등 식품의 생산과정 중 중금속에 노출될 위험이 있다(9). 따라서 본 연구에서는 2016년 서울시 대형마트에서 유통되는 수산물가공품 중 수요가 많은 통조림식품과 냉동 및 냉장식품을 중심으로 납, 카드뮴, 수은, 비소 함량을 조사한 것에 의의를 두고, 서울시민의 수산물가공품 섭취로 인한 중금속 노출량과 그 위해도를 평가하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

2016년 서울 대형마트에서 유통되는 통조림식품 및 냉장·냉동식품 중 연어 34건, 참치 10건, 고등어 9건, 꽂치 11건, 새우 13건, 패류 15건, 알류 11건(수산물가공품 7품목 103건)을 대상으로 실험하였다. 실험 전처리는 검체 손질 실무해설서를 기준으로 제품을 포장단위로 손질하고 균질화하여 실험에 사용하였으며(10), 표 1과 같이 분류하였다.

**Table 1.** Classification of samples by ways of preserving food

	No. of samples	Fishery products	
Canned foods	10	Migratory fish	Salmon
	10		Tuna
	9	Marine fish	Mackerel
			Saury
	15	Other fishery products	Shellfish
55	Subtotal		
Chilled or Frozen foods	24	Migratory fish	Salmon
	13	Other fishery products	Shrimp
			Roe
11			
48	Subtotal		
Total	103		

## 2. 실험방법

### 1) 납, 카드뮴, 비소

유해물질시험법 중 마이크로웨이브법에 따라 납, 카드뮴, 비소 분석에 사용되는 시험용액을 조제하였고, 수분함량에 따라 시료 일정량(1.5~3 g)을 마이크로웨이브 분해용기에 넣고 질산 10 mL를 가하여 예비 분해하였다. 이 용기를 밀폐하여 Microwave Digestion System(MARS5 Version 194A06 CEM, North Carolina, USA)에서 1,600W 전력으로 10분 동안 190℃까지 상승시키고 30분간 유지한 후, 자연 냉각하여 탈기하였다. 산분해가 끝난 시료는 농축한 후, 초순수를 가하여 최종 25mL로 희석하여 시험용액으로 사용하였다. 납, 카드뮴, 비소는 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer(Agilent 7700x, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였으며, 기기분석 조건은 표 2와 같다. 정량분석에는 다원소 표준원액(Agilent Technologies, 10 mg/L)을 희석하여 조제한 표준용액을 이용하였다. 납과 카드뮴은 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 20 ug/L, 비소는 10, 20, 50, 100, 150, 250 ug/L 농도에서 검량선을 작성하였다.

**Table 2.** The operating conditions of ICP-MS

Parameter	Operating conditions
Rf power	1550 W
Argon gas flow rate	
Plasma	14.98 L/min
Auxiliary	0.90 L/min
Carrier	1.03 L/min
He gas flow rate	0.21 mL/min
Acquisition parameters	Spectrum
Peak pattern	3 point
Integration time/mass	0.99 sec
Replicate	3
Sweeps/replicate	100
Mass Pb/Cd/As	208/111/75

### 2) 수은

수분함량에 따라 균질화한 시료 일정량(0.05~0.1 mg)을 가열기화금아말감법으로 측정하였으며, 수은 표준원액(Agilent Technologies, 10 mg/L)을 희석하여 0.25, 2, 5, 10, 20 ng으로 검량선을 작성하였다. Teledyne Leeman Labs사의 Hydra II C을 이용하여 시료의 전처리 과정없이 직접적으로 열분해하여 수은을 분석하였으며, 기기 분석 조건은 표 3과 같다.

**Table 3.** The operating conditions of Mercury Analyzer

Parameter	Operating condition
Drying temp	300℃
Drying time	210 sec
Decomposition temp	800℃
Decomposition time	180 sec
Amalgam Heating temp	600℃
Amalgam Heating time	30 sec
Catalyst temp	600℃
Catalyst time	60 sec

### 3) 실험방법 평가

시험방법의 유효성 검증을 위하여 검출한계, 정량한계, 회수율을 이용하여 평가하였다. 납, 카드뮴, 수은, 비소의 표준원액을 단계별로 희석하여 검량선을 작성하였고, 시료와 동일한 조건으로 공시험을 5회 반복 실험하여 각 금속원소의 검출한계(DL, detection limit)와 정량한계(QL, quantitative limit)를 계산하였다.

$$DL = \frac{3.3\sigma}{S}, \quad QL = \frac{10\sigma}{S}$$

$\sigma$  : the standard deviation of the blank

$S$  : the slope of the calibration curve

회수율은 한국표준과학연구원의 인증표준물질을 활용하였으며, 분석물질과 매질이 유사한 굴 조직 분말(CRM 108-04-001)을 시료와 동일한 전처리 및 측정조건에서 5회 반복 실험하여 분석하였다.

### 3. 통계처리

SPSS 통계프로그램(version 20.0)을 이용하여 수산물가공품의 중금속 평균, 표준편차, 범위를 산출하였다. 또한, 수산물가공품의 보관방법 및 종류에 따른 중금속 함량의 유의성은 독립표본 t-test, one-way ANOVA-test로 분석하였으며, 사후검정은 Duncan's multiple range test( $p < 0.05$ )으로 집단 간 유의수준을 판단하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 중금속 함량

중금속의 표준원액을 희석하여 ICP-MS와 수은

분석기로 측정된 검량선의 상관계수( $r^2$ )는 모두 0.999이상이었으며, 분석대상 금속원소의 검출한계와 정량한계는 표 4와 같다. 납, 카드뮴, 수은, 비소의 정량한계는 0.0443  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 0.0041  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 0.0411  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 0.0476  $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 나타났으며, 각 금속원소의 정량한계 이하는 검출되지 않은 것으로 분석하였다. 각 금속원소의 평균 회수율은 납 97.5%, 카드뮴 93.9%, 수은 106.3%, 비소 102.6%로 나타났고, 상대표준편차(RSD, Relative Standard Deviation)는 0.3~3.3%로 본 실험의 유효성을 제시하였다.

우리나라에서 규정하고 있는 수산물의 중금속 기준과 본 연구에서 적용한 수산물가공품의 중금속 기준은 표 5와 같다. 식품공전에 따라 수산물가

**Table 4.** Validation of instrumental analysis by ICP-MS

	Base on the blank		Base on the Certified Reference Material			
	DL ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	QL ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Certified* ( $\text{mg}/\text{kg}$ )	Measured ( $\text{mg}/\text{kg}$ )	RSD (%)	Recovery (%)
Pb	0.0146	0.0443	1.52 ± 0.11	1.560 ± 0.05	3.3	97.5
Cd	0.0014	0.0041	7.40 ± 0.22	6.95 ± 0.11	1.7	93.9
Hg	0.0136	0.0411	0.1842 ± 0.0061	0.1938 ± 0.0023	1.3	106.3
As	0.0157	0.0476	13.17	13.51 ± 0.04	0.3	102.6

\* KRISS(Korea Research Institute of Standards and Science) CRM(Oyster Tissue Power)

**Table 5.** National standards of heavy metal in fishery products

(unit :  $\text{mg}/\text{kg}$ )

	Standards				Recalibration <sup>1)</sup>			
	Pb	Cd	Hg	As	Pb	Cd	Hg	As
Fish	≤0.5	≤0.1 <sup>2)</sup> ≤0.2 <sup>3)</sup>	≤0.5 <sup>4)</sup>	-	≤0.16~0.58	≤0.03~0.12 <sup>2)</sup> ≤0.27~0.40 <sup>3)</sup>	≤0.16~0.50	-
Shellfish	≤2.0	≤2.0	≤0.5	-	≤0.84~1.55	≤0.84~1.54	≤0.21~0.38	-
Crustacea	≤1.0	≤1.0	-	-	≤1.00~1.25	≤0.87~1.00	-	-
Roe	≤0.5	≤1.0	≤0.5	-	≤0.47~0.55	≤0.89~1.00	≤0.43~0.50	-

1) For examples, the criteria calculation for canned tuna is as follows:

$$(90\% \times 0.5\text{ppm}) + (9\% \times 0.1\text{ppm}) + (1\% \times 2.0\text{ppm}) = 0.48\text{ppm}$$

2) Fresh water and migratory fishes

3) Marine fishes

4) Deep sea fishes, tunas, and billfishes are excluded.

공품의 중금속 기준은 가공식품에 포함된 원료의 중금속 기준 범위 내에서 적용할 수 있으며, 수산물가공품의 원료함량에 따라 중금속 기준을 재산정하여 적용하였다(9). 예를 들어, 원료배합비율이 참치 90%, 식용유지류 9%, 식염 1%인 참치통조림의 납 기준은 각 원료기준을 원료함량에 따라 재산정하여 해당 제품의 중금속기준으로 적용하였다. 그 결과 수산물가공품의 원료배합비율과 해당 원료의 중금속 기준에 따라 최소 30%에서 최대 200%까지 수산물의 중금속 기준과 차이가 나타났다.

수산물가공품의 가공방법 및 종류에 따른 중금속 함량은 표 6과 같다. 납 평균 검출량은 0.010 mg/kg으로 분석원소 중 가장 낮은 농도와 그 분포를 보였다. 통조림식품에서 납 농도가 냉장 및 냉동식품보다 유의적으로 높게 나타났으며(t-test,  $p < 0.05$ ), 평균 검출률은 97.1%로 일부 냉장 및

냉동식품에서는 납이 검출되지 않았다. 수산물 분류에 따르면 기타 수산물가공품의 납 평균농도는 0.021 mg/kg으로 유의적인 수준에서 가장 높았으며(ANOVA-test,  $p < 0.05$ ), 회유어류와 해양어류는 각각 0.002 mg/kg, 0.004 mg/kg으로 나타났다. 2016년 식품의약품안전처에서 조사한 전체 수산물의 납 평균오염도  $0.082 \pm 0.186$  mg/kg보다 낮게 나타났으며(11), 이는 납 검출률이 비교적 높은 피낭류, 극피류, 연체류가 실험에 포함되지 않았고 수산물가공품 제조과정에 다른 원료가 첨가되어 납의 농도가 비교적 낮게 평가된 것으로 판단된다. 하지만 서울 강북지역에서 유통되는 수산물의 납 평균 검출량( $0.006 \pm 0.053$  mg/kg)보다 다소 높게 나타났는데(12), 이는 생물형태에 비해 납 함량이 비교적 높은 통조림 식품이 원인인 것으로 판단된다. 과거 식품형태별 연구결과에

**Table 6.** Heavy metal contents in fishery products

(unit : mg/kg)					
Group	N <sup>2)</sup>	Pb	Cd	Hg	As
Total	103	0.010 ± 0.024 (N.D.~0.193)	0.027 ± 0.060 (N.D.~0.453)	0.037 ± 0.044 (0.002~0.265)	1.369 ± 1.933 (0.071~14.410)
Preservation method					
Canned foods	55	0.015 ± 0.032 <sup>1)</sup> (0.000~0.193)	0.041 ± 0.075 (N.D.~0.453)	0.052 ± 0.047 (0.006~0.265)	1.739 ± 1.566 (0.071~7.653)
Chilled or Frozen foods	48	0.004 ± 0.005 (N.D. <sup>3)</sup> ~0.029)	0.011 ± 0.0312 (N.D.~0.178)	0.020 ± 0.033 (0.002~0.212)	0.946 ± 2.225 (0.127~14.410)
Fishery Products					
Migratory fish	34	0.002 ± 0.003 <sup>a</sup> (0.000~0.020)	0.001 ± 0.001 <sup>a</sup> (ND~0.008)	0.019 ± 0.012 <sup>a</sup> (0.007~0.065)	0.370 ± 0.355 <sup>a</sup> (0.079~1.749)
Marine fish	30	0.004 ± 0.003 <sup>a</sup> (0.000~0.016)	0.023 ± 0.016 <sup>a</sup> (0.003~0.058)	0.067 ± 0.053 <sup>a</sup> (0.017~0.265)	1.843 ± 0.678 <sup>b</sup> (0.394~3.252)
Other fishery products <sup>4)</sup>	39	0.021 ± 0.037 <sup>b</sup> (N.D.~0.193)	0.054 ± 0.091 <sup>b</sup> (0.000~0.453)	0.030 ± 0.043 <sup>b</sup> (0.002~0.212)	1.876 ± 2.870 <sup>b</sup> (0.071~14.410)
<i>F-value(p)</i> <sup>5)</sup>		7.229(0.001)	8.140(0.001)	12.300(0.000)	7.664(0.001)

1) Mean ± Standard Deviation(minimum~maximum)

2) Number of samples

3) Not Detected

4) Including shellfish, shrimp, roe

5) Duncan's test shows that are significantly different at from each other( $p < 0.05$ ).

The same letters(a-b) in the same column are not significantly different at  $p < 0.05$ .

따르면 수산물 중 통조림식품에서 검출된 납의 평균농도가 생물보다 2배 정도 높게 나타났다(13).

카드뮴의 평균 검출률은 94.2%이며, 평균 검출량은 0.027 mg/kg으로 나타났다. 통조림식품과 냉장 및 냉동식품의 카드뮴 오염도는 각각 0.041 mg/kg, 0.011 mg/kg으로 분석되었으며, 통조림식품의 카드뮴 농도가 유의적으로 높게 나타났다(t-test,  $p < 0.05$ ). 기타 수산물가공품, 해양어류, 회유어류 순으로 카드뮴이 높게 검출되었으며, 기타 수산물가공품 중 패류가 중금속 기준대비 중금속 농도의 백분위수 범위가 0.29~39.63%로 가장 높았고, 갑각류 0.04~17.88%, 어란류는 0.12~0.98% 범위였다. 식품의약품안전처 보고서에서 수산물 중 카드뮴 오염도와 비교하면 회유어류( $0.002 \pm 0.001$  mg/kg)는 그 값이 유사한 수준이었으나, 해양어류( $0.007 \pm 0.014$  mg/kg)는 본 실험결과보다 낮게 평가되었다(14). 이는 평가대상 식품의 품목별 시료비중과 수산물가공품 처리 공정에서 기인한 것으로 판단되며 향후 수산물가공품의 품목과 시료건수를 확대하여 이에 대한 추가적인 연구가 필요하고 판단된다.

수산물가공품 7품목 103건(표 1) 중 수은의 검출률은 100%이며, 통조림식품에서 수은 오염도가 냉장 및 냉동식품보다 유의적으로 높게 나타났다(t-test,  $p < 0.05$ ). 수은 검출량은 해양어류가 0.067 mg/kg으로 유의적인 수준에서 가장 높았으며(ANOVA-test,  $p < 0.05$ ), 기타 수산물가공품 0.030 mg/kg, 회유어류 0.019 mg/kg 순으로 나타났다. 식품안전처에서 조사한 수산물의 수은 평균 오염도  $0.048 \pm 0.148$  mg/kg보다 낮은 수준으로 이는 제품의 원료함량에 기인한 것으로 판단된다(15). 또한, 이 등이 연구한 국내산 어류와 수입산 어류의 수은함량은 각각  $0.041 \pm 0.063$  mg/kg와  $0.033 \pm 0.053$  mg/kg으로 수산물가공품의 평균 수은함량과 비슷한 수준으로 나타났다(12).

비소는 모든 시료에서 검출되었으며, 평균 검출량은 1.369 mg/kg으로 나타났다. 통조림식품에서 비소 오염도가 냉장 및 냉동식품보다 유의적으로 높게 나타났으나(t-test,  $p < 0.05$ ), 비소 최고 농도인 14.410 mg/kg은 냉동새우식품에서 검출되었다. 해양어류와 기타 수산물가공품의 평균 검출량

은 각각 1.843 mg/kg, 1.876 mg/kg으로 회유어류 0.370 mg/kg보다 유의적으로 높게 나타났다(ANOVA-test,  $p < 0.05$ ). 식품의약품안전처의 비소 위해평가 결과에 따르면 우리나라 식품 중 수산물에서 총 비소 함량이 높았으며, 수산물에서 최소 0.003 mg/kg에서 최대 90.926 mg/kg의 총 비소가 검출되었다(16). 식품 중 비소는 생물의 대사과정에서 자연적으로 발생되며 대부분 식품 중 비소 농도는 1 mg/kg wet weight 이하이지만, 심해어류와 조개류는 100 mg/kg 이상의 비소를 함유하기도 한다. 일반적으로 해양환경에서 비소는 인체에 무해한 유기비소 화합물의 형태로 존재하며 체내에서 쉽게 배설되고, 건강상 문제를 야기할 가능성은 매우 희박한 것으로 밝혀지고 있다(17~19).

## 2. 위해평가

본 연구에서는 위해평가지침서를 기초하여 수산물가공품으로부터 노출되는 납, 카드뮴, 수은, 비소의 노출량을 산정하고, 인체노출안전기준으로 잠정주간섭취한계량(PTWI, Provisional Tolerable Weekly Intake)과 잠정월간섭취한계량(PTMI, Provisional Tolerable Monthly Intake)을 비교하여 상대 위해성을 평가하였다(20~21). 2015년 국민영양통계에 따르면 우리나라 1일 총 식품섭취량은 1,610.25 g이며, 식품군별 어패류 섭취량 96.35 g 중 고등어 6.09 g, 꽂치 0.81 g, 연어 0.44 g 등 1일 섭취량을 시료 품목에 따라 적용하였다(5). 평가대상 집단의 체중은 국민건강보험공단에서 제공하는 2015년 평균체중 65.06kg을 활용하였다(22). 납, 수은, 비소는 PTWI, 카드뮴은 인체에서 반감기가 긴 특성을 반영하여 PTMI를 인체노출안전기준으로 적용하여 본 연구에서 조사된 회유어류, 해양어류, 기타 수산물가공품을 통해 섭취되는 1일 노출량을 표 7과 같이 비교하였다.

수산물가공품 중 납, 카드뮴, 수은에 의한 주간 노출량은  $0.002 \mu\text{g/kg b.w./week}$  이하로 나타났으며, 회유어류에 의한 납, 카드뮴, 수은 노출량은 모두 소수 셋째자리 미만의 값으로 상대 위해도가 매우 미비한 수준이었다. 중금속 중 해양어류의 수산물가공품에 의한 비소 주간 노출량이 0.073로

**Table 7. Total weekly intakes and PTWI of heavy metals in fishery products**

		Pb	Cd	Hg	As
Migratory fish	Total weekly intake <sup>1)</sup>	< 0.000	< 0.000	< 0.000	0.003
	PTWI/PTMI <sup>2)</sup>	0.001	< 0.000	0.004	0.017
Marine fish	Total weekly intake <sup>1)</sup>	0.002	< 0.000	0.002	0.073
	PTWI/PTMI <sup>2)</sup>	0.007	0.009	0.041	0.488
Other fishery products	Total weekly intake <sup>1)</sup>	0.002	0.001	< 0.000	0.032
	PTWI/PTMI <sup>2)</sup>	0.007	0.013	0.012	0.210
Total	Total weekly intake <sup>1)</sup>	0.001	< 0.000	0.001	0.034
	PTWI/PTMI <sup>2)</sup>	0.005	0.007	0.018	0.227

\* Values less than the third decimal place are expressed as < 0.000

1) Total weekly intake[ $\mu\text{g}/\text{kg}$  b.w./week] = heavy metal contaminant in *i* fishery product[mg/kg]  $\times$  daily intakes of *i* foods[g/day]  $\times$  7 day  $\div$  body weight[kg]

① daily intakes of *i* foods : salmon 0.44 g, tuna 0.77 g, mackerel 6.09 g, saury 0.81g, shrimp 2.17 g, roe 0.20 g, whelk 0.32g, oyster 0.65g

② body weight : average body weight 65.06 kg

(2015 National Health Screening Statistical Yearbook)

2) Relative risk\_PTWI(%) = daily intake[ $\mu\text{g}/\text{kg}$  b.w./day]  $\times$  7day  $\div$  PTWI[ $\mu\text{g}/\text{kg}$  b.w./week]  $\times$  100

- Pb 25  $\mu\text{g}/\text{kg}$  b.w./week, Hg 4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  b.w./week, As 15  $\mu\text{g}/\text{kg}$  b.w./week

3) Relative risk\_PTMI(%) = daily intake[ $\mu\text{g}/\text{kg}$  b.w./day]  $\times$  30day  $\div$  PTWI[ $\mu\text{g}/\text{kg}$  b.w./month]  $\times$  100

- Cd 25  $\mu\text{g}/\text{kg}$  b.w./month

가장 높았으나, PTWI와 비교하여 0.488%로 인체에 안전한 수준으로 판단된다. 납, 카드뮴, 수은, 비소의 상대 위험도는 각각 0.001~0.007%, < 0.000~0.013%, 0.004~0.041%, 0.017~0.488%로 수산물가공품을 통하여 섭취되는 중금속 양은 매우 낮았다. 과거 우리나라 10개 지역에서 유통되는 어류(원물형태)에 대한 위험도 조사결과에 따르면 카드뮴, 수은, 납의 상대 위험도가 각각 0.9%, 1.6%, 0.9%로 표 7과 비교하여 다소 높게 나타났다(23). 이는 PTWI 산출시 본 연구에서는 가공식품을 어종별 섭취량으로 구분하여 적용한 반면, 김 등은 평균 어류 섭취량을 적용하여 산출했기 때문이다. 하지만 현재 유통되고 있는 수산물가공품의 종류가 매우 다양해지고, 식습관의 특이성을 고려한다면 일부 품목에 대한 조사와 원물형태로 유통되는 수산물에 대한 조사결과로 전체 수산물가공품의 안전성 평가는 매우 제한적이다. 향후 수산물가공품의 품목과 시료건수를 확대하여

다각적인 방향에서 수산물가공품에 포함된 중금속 함유량을 조사하고, 이에 대한 안전성 평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

## 결론

본 연구에서는 2016년 서울 대형마트에서 유통되는 통조림식품 및 냉장·냉동식품 중 수산물가공품 7품목 103건을 대상으로 납, 카드뮴, 수은, 비소 오염도를 조사하였다. 수산물가공품의 중금속 기준은 각 제품의 원료 함량과 그 원료의 중금속 기준에 따라 재산정하였고, 수산물의 중금속 기준과 비교하면 최소 30%에서 최대 200%까지 차이가 나타났다. 통조림식품의 납, 카드뮴, 비소, 수은의 평균 함량은 각각 0.015 mg/kg, 0.041 mg/kg, 0.052 mg/kg, 1.739 mg/kg로 냉장 및 냉동식품보다 유의적으로 높게 나타났다(t-test,

$p < 0.05$ ). 수산물가공품 중 기타 수산물가공품의 납, 카드뮴, 비소의 평균 농도가 0.021 mg/kg, 0.054 mg/kg, 1.876 mg/kg로 가장 높게 검출되었고, 수은의 평균농도는 해양어류가공품이 0.067 mg/kg로 가장 높게 평가되었다. 비소는 해양어류(1.843 mg/kg) 및 기타 수산물가공품(1.876 mg/kg)이 비교적 높게 검출되었으나, 일반적으로 해양환경에서 비소는 유기비소 화합물의 형태로 존재하며 이는 인체에 무해한 것으로 밝혀지고 있다. 수산물가공품의 중금속으로 의한 주간 또는 월간 노출량은 인체노출안전기준과 비교하여 모두 0.5% 이내로 안전한 수준이었다. 하지만 현재 유통되고 있는 수산물가공품의 종류가 매우 다양해지고, 식습관의 특이성을 고려하여 향후 수산물가공품의 품목과 시료건수를 확대하여 다각적인 측면에서 중금속 함유량을 조사하고, 이에 대한 안전성 평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. Conor, R : Metal contamination of food. 3rd ed., Blackwell Science Ltd., Australia, 1991.
2. Joes, MC : Food toxicology. Part B: Contamination and Additives, Marcel Dekker, Inc. New York, 1988.
3. 이서래, 이미경 : 국내식품의 중금속 오염과 위해성 분석, 한국식품위생안전성학회지, 16(4): 324~332, 2001.
4. 가공식품 중 중금속 함유량 실태 조사, 식품의약품안전평가원, 2010.
5. 국민영양통계, 보건복지부, 2015.
6. 가공식품산업 경쟁력 조사, 산업통상자원부, 2016.
7. FAO(Food and Agriculture Organization of the United Nations), The State of World Fisheries and Aquaculture, 2016.
8. 식품소비행태조사 기초분석보고서, 한국농촌경제연구원, 2016.
9. 식품공전, 식품의약품안전처, 2017.
10. 수산물 중 중금속 검사를 위한 검체 손질 실무해설서, 식품의약품안전처, 2014.
11. 납 위해평가, 식품의약품안전처, 2016.
12. 이집호, 함희진, 김성단, 김수진, 유영아, 이은순, 김희선, 유인실 : 강북지역 유통 수산물의 중금속 함량 및 위해성 평가, 서울특별시 보건환경연구원보, 52:134~143, 2016.
13. 김미혜, 김정수, 소유섭, 정소영, 이종욱 : 여러 가지 식품 중 중금속 함량에 관한 연구, 한국식품과학회지, 35(4):561~567, 2003.
14. 카드뮴 위해평가, 식품의약품안전처, 2016.
15. 수은 및 메틸수은 위해평가, 식품의약품안전처, 2016.
16. 비소 위해평가, 식품의약품안전처, 2016.
17. Arsenic. World Health Organization, WHO, 1981.
18. Martin Rose, John Lewis, Nicola Langford, Malcolm Baxter, Simona Origgi, Matthew Barber, Helen MacBin, Kara Thomas : Arsenic in seaweed-Forms, concentration and dietary exposure, Food and Chemical Toxicology 45:1263~1267, 2007.
19. Chayayos Arkasuwan, Atitaya Siripinyanond, Juwadee Shiowatana : Inductively coupled plasma mass spectrometry with a continuous-flow dialysis simulated gastrointestinal disestion for study of arsenic bioaccessibility in shrimp, International Journal of Mass Spectrometry 307:61~65, 2011.
20. 위해평가 지침서, 식품의약품안전평가원, 2011.
21. Evaluation of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives : <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/>
22. 건강검진통계연보, 국민건강보험공단, 2015.
23. 김희연, 김진철, 김서영, 이진하, 장영미, 이명숙, 박종석, 이광호 : 유통 중인 어류의 중금속 모니터링, 한국식품과학회지, 39(4):353~359, 2007.