

## 서울지역 유통 건해산물 중 유해중금속 함량 - 크롬, 비소, 카드뮴, 납, 수은

중부지소

윤용태 · 김동규 · 한은정 · 한기영 · 최병현

### **Contents of Hazardous Heavy Metals (Cr, As, Cd, Pb and Hg) in Dried Marine Products in Seoul**

*Inspection Branch of Chungbu*

**Yong-tae Yoon, Dong-gyu Kim, Eun-jung Han,  
Ki-young Han and Byung-hyun Choi**

#### **Abstract**

This study examined levels of hazardous heavy metals in a total of 91 dried marine products acquired from Seoul. ICP-MS(inductively coupled plasma mass spectrometry) was employed to analyze for contents of trace metals(Cr, As, Cd, and Pb) in samples after microwave digestion. Mercury levels were determined with a mercury analyzer. The recoveries of spiked trace metals(Cr, As, Cd, Pb, and Hg) in dried anchovy samples were 71.1%, 90.5%, 81.2%, 73.4%, and 98.9% respectively. And the overall contents (mean, standard deviation and range value) of heavy metals in the dried marine products were as follows : Cr :  $0.252 \pm 0.358(0.019 \sim 2.276)$  mg/kg, As :  $10.943 \pm 12.309(0.418 \sim 48.521)$  mg/kg, Cd :  $0.302 \pm 0.408(ND \sim 1.791)$  mg/kg, Pb :  $0.211 \pm 0.347(ND \sim 1.819)$  mg/kg, and Hg :  $0.039 \pm 0.051(0.001 \sim 0.349)$  mg/kg.

**Key words** : dried marine products, hazardous heavy metals, ICP-MS

#### **서 론**

인간의 활동이 급증하면서 자원소비는 더 많아지고 산업폐기물이 대량 방출되어 생물권내에서 금속오염도 증가하게 되었다. 이러한 금속오염에

의해서 나타난 대표적인 병이 수은에 의한 미나마타병과 카드뮴에 의한 이타이이타이병이다. 인구 증가와 식생활의 다양화, 고급화로 최근에는 지방질이 많은 육류보다는 양질의 동물성 단백질 공급원으로서 수산물에 대한 수요가 증가하고 있으며

(1, 2, 16), 이에 따라 수산물에 대한 유해중금속오염에 관심이 높아지고 모니터링에 대한 연구가 활발하다(4, 7~16, 22~23). 식물성섭취를 통한 장기간 폭로에 의하여 건강장해와 관계있는 금속으로 납, 비소, 카드뮴, 크롬, 수은 등이 있다(2, 3). 건해산물은 많은 수분을 함유한 어패류나 해조류 등을 건조하여 수분함량을 감소시킴으로써 용질의 상대적 농도를 높여 식품의 수분 활성을 저하시키고 세균의 발육을 억제시킨 제품이며, 건조방법이 간편하고 저장기간이 길기 때문에 오래 전부터 만들어 온 저장품이다(4, 5). 현재 식품공전 식품일 반규격으로서 해산 어패류의 중금속 잔류허용기준은 생물로 기준할 때 총수은 0.5 mg/kg이하, 납 2.0 mg/kg이하로 설정되어 있고 패류의 중금속 잔류허용기준은 생물로 기준할 때 카드뮴 2.0 mg/kg 이하로 설정되어 있으나 건해산물에 대한 중금속 허용기준은 설정되어 있지 않다(6). 따라서 서울 지역에서 유통중인 국내산 및 수입산 건해산물에 대하여 유도결합 플라즈마 질량분석기와 수은분석기를 이용하여 유해중금속함량을 모니터링함으로써 관심이 되고 있는 건해산물의 안전성 확보를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

서울지역에서 유통중인 어패류 10종 72건, 해조류 4종 19건을 수집하여 실험하였다(표 1).

### 2. 시약 및 기기

#### 1) 시약

- Multi-element standard for ICP/MS(10  $\mu\text{g/mL}$ , Agilent, USA)
- $\text{HNO}_3$ (Electronic grade, 동우화인켐, 한국)
- 수은분석용 시약
  - HG-MHT reagent(Nippon Instruments Co., Japan)
  - HG-BHT reagent(Nippon Instruments Co., Japan)
- 초순수(18.2 M $\Omega$ )

#### 2) 기기

- Cutting Mill(SM100 comfort, Retsch GmbH & Co., Germany)

**Table 1.** Classification of dried marine products

Products		Domestic	Imported	Total
Sea alga	Dry laver	5	-	5
	Sea tangle	4	-	4
	Sea mustard	5	-	5
	Sea lettuce	5	-	5
Fish	Beka squid	5	-	5
	Young walleye pollack	-	6	6
	Dried anchovy	5	4	9
	Slices of dried pollack	-	8	8
	Japanese icefish	5	-	5
	Dried filefish	-	6	6
	Slices of dried cuttlefish	4	8	12
	Dried shrimp	3	8	11
Shellfish	Shellfish meat	2	3	5
	Sea mussel meat	5	-	5
Total		48	43	91

- Microwave Digestion System(MARS5 Version 194A01, CEM, USA)
- ICP-MS(Agilent 7500ce, Agilent, Japan)
- Mercury analyzer(Model SP-3D, Nippon Instruments Co., Japan)
- Water purifier(ELGA Co.,UK.)

### 3. 검량선 작성 및 회수율 시험

ICP-MS용 표준용액은 시료분해 시와 동일한 농도의 산 용액(18% HNO<sub>3</sub>)에 Pb, As, Cd 및 Cr 표준용액은 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0 및 100 µg/kg으로 조제하였고, Hg 표준용액은 0.001% 시스테인용액으로 50, 100 및 200 µg/kg이 되도록 조제하여 검량선을 작성하였으며 R=0.9996 이상으로 양호한 직선성을 보였다. 회수율 실험은 분쇄한 건멸치에 중금속 표준품 일정 농도를 가하여 시험용액에서의 최종농도가 Cr, Cd, Pb는 5 mg/kg, As는 30 mg/kg, Hg은 100 µg/kg이 되도록 하여 시료와 동일한 조건으로 3회 반복 실험한 결과 표2와 같았다(4).

**Table 2.** Recoveries of spiked trace metals in dried anchovy

Elements	Mean(%)	RSD(%)
Cr	71.1	2.4
As	90.5	2.9
Cd	81.2	2.2
Pb	73.4	2.4
Hg	98.9	1.0

### 4. 측정방법

#### 1) Pb, As, Cd 및 Cr

##### (1) 시료의 분해

분쇄한 시료 약 0.5 g을 달아 microwave용 omni vessel에 넣고 질산 9 mL를 가한 후, 1,200 W power에서 15분간 190℃까지 상승시킨 후 20분

간 온도를 유지하며 분해하였다. 분해 후 방냉하고 vessel에 초순수를 가하여 50 mL로 정용하고 여과 후 시험용액으로 사용하였다.

#### (2) 기기분석

Octapole reaction system(ORS)이 부착된 유도 결합 플라즈마 질량분석기(ICP/MS)를 사용하여 측정하였으며, 기기분석 조건은 표 3과 같다(4).

#### 2) Hg

분쇄한 시료 약 50 mg을 정밀하게 달아 mercury analyzer를 사용해 금 아말감법에 의해 측정하였다.

**Table 3.** Operational conditions and data acquisition parameters for ICP/MS

Parameter	Operational Conditions
Rf power	1,500 W
Argon gas flow rate	
Plasma	15.0 L/min
Auxiliary	0.25 L/min
Carrier	0.88 L/min
He gas flow rate	2.1 mL/min
Sampling and skimmer cones	Ni
Acquisition parameters	
Points/mass	3
Intergration time/mass	0.1 sec
Total acquisition time/replicate	7.28
Replicates	3
Total acquisition time/sample	21.84

### 5. 통계처리

데이터는 SPSS(Statistical Package for Social Science, Version 12)를 이용하여 분석한 후, ANOVA(Analysis of variance)를 사용하여 평균값들 간의 유의성을 검정하였으며(p<0.05), 모든 data는 평균±표준편차(최소값~최대값)으로 표현하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 건해조류, 건어패류의 유해중금속함량 유의성 검정

As 함량은 건어류 7.761 mg/kg와 건패류 4.790 mg/kg는 차이가 없었으나, 건해조류 24.566 mg/kg와는 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). Cd 함량은 건어류 0.204 mg/kg와 건패류 0.335 mg/kg는 차이가 없었으나, 건해조류 0.604 mg/kg와는 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). Pb 함량은 건패류, 건어류, 건해조류의 순이었으나 유의적수준의 차이를 보이지 않았다( $p < 0.05$ )(표 4).

### 2. 시중 유통 건해산물의 유해중금속별 함량

서울시내 유통 14종 91건의 건해산물의 유해중금속함량은 표 5과 같다.

Cr 평균함량은  $0.252 \pm 0.358$  (0.019~2.276) mg/kg이며 건조갯살에서  $1.051 \pm 0.742$  (0.457~2.276) mg/kg으로 가장 높았고 다시마에서 가장 적게 함유한 것으로 조사 되었다. 김 등(10)은 피조개에서  $0.116$  (0.092~0.159) mg/kg으로 보고하였으며, 김 등(4)은  $0.137 \pm 0.211$  (ND~1.067) mg/kg, 황 등(7)은  $0.05 \pm 0.05$  mg/kg, 김 등(9)은  $0.153$  (ND~1.067) mg/kg, 하 등(8)은 패류 중의  $0.551$  mg

/kg으로 보고하였다.

As 평균함량은  $10.943 \pm 12.309$  (0.418~48.521) mg/kg이며 다시마에서 가장 높았고 쥐포에서 가장 적게 함유하였다. 김 등(15)은 서해안 일부지역에서 잡히는 건조된 보리새우의 비소함량을 21.59 mg/kg으로 보고 하였으며, 김 등(4)은  $6.079 \pm 2.881$  (1.313~13.016) mg/kg, 황 등(7)은  $0.2 \pm 0.22$  mg/kg, 소 등(11)은 어류 중의  $0.84$  (0.01~5.45) mg/kg, 패류중의  $1.08$  (0.18~3.07) mg/kg, 성 등(16)은  $1.308 \pm 1.744$  (0.050~9.37) mg/kg 으로 보고하였다. 어패류 중 비소의 규제치는 오스트레일리아, 뉴질랜드에서 무기비소로서 1.0 mg/kg 등으로 허용기준을 정하고 있는데(17), 본 조사 결과 해조류, 건새우에서 20.372 ~ 34.773 mg/kg으로 높게 측정되었으나 식품중에 함유된 비소는 대부분이 독성이 강한 무기비소가 아니라 유기비소 형태로 알려져 있으며(11, 18, 19), 김 등(15)은 게나 새우류는 다른 수산물에 비하여 비소가 특히 고농도로 축적되지만 이들은 거의 모두가 인체내에서 arsenobetaine과 같은 수용성 물질로 변하여 거의 배설되므로 게나 새우류에 오염된 비소에 의한 인체독성은 발생 예가 상대적으로 훨씬 적기 때문에 다른 수산물에 비해서는 비소 독성이 큰 문제가 되지는 않는다고 보고하였다. 본 조사는 건해산물에 대한 비소 함량에 대한 분석결과이며 생육

**Table 4.** Analysis of variance procedure in dried marine products

(unit : mg/kg)

	No. of Samples	As	Cd	Pb
		a <sup>1)</sup>	a	a
Dried fish	62	$7.761 \pm 11.548$ <sup>2)</sup> (0.418~48.521)	$0.204 \pm 0.381$ (ND~1.791)	$0.203 \pm 0.360$ (ND~1.819)
		a	a	a
Dried shellfish	10	$4.790 \pm 2.884$ (1.516~8.001)	$0.335 \pm 0.234$ (0.084~0.706)	$0.385 \pm 0.490$ (0.068~1.736)
		b	b	a
Dried sea alga	19	$24.566 \pm 7.046$ (14.363~36.031)	$0.604 \pm 0.431$ (0.114~1.782)	$0.146 \pm 0.141$ (ND~0.473)

<sup>1)</sup> a, b : Values with different superscript letters are significantly different( $P < 0.05$ ).

<sup>2)</sup> Mean $\pm$ SD(Standard Deviation). Number in parenthesis are range.

기준에 대해서는 분석결과환산을 고려할 필요가 있다. 그러나 일반인의 비소 섭취는 대부분이 식품 섭취에 의하여 이루지고(20, 21) 비소는 장기간 폭로에 의하여 건강장해를 가져올 가능성이 있는 금속으로 알려져 있으므로(2) 앞으로도 건해산물 중 비소 함량에 대한 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.

Cd 평균함량은 0.302±0.408(ND~1.791) mg/kg이며 꼴뚜기에서 1.266±0.387(0.859~1.791) mg/kg으로 가장 높았고 명태채에서 0.005±0.006(ND~0.015) mg/kg으로 가장 적게 함유한 것으로

조사되었다. 김 등(4)은 0.108±0.127(0.008~0.555) mg/kg, 하 등(8)은 패류중의 0.2223 mg/kg, 김 등(9)은 패류중의 평균함량 0.153(ND~4.450) mg/kg, 김 등(13)은 어류, 갑각류, 연체류에서 0.01~0.06 mg/kg, 성 등(16)은 0.056±0.018(0.009~0.092) mg/kg 으로 보고하였으며 김 등(10)은 피조개에서 0.559(0.152~0.955) mg/kg, 황 등(7)은 0.34±0.07 mg/kg, 소 등(11)은 어류중에 0.020(ND~0.094) mg/kg, 패류중에 0.51(0.02~1.93) mg/kg, 서 등(12)은 수산물 평균으로 소라

**Table 5.** Contents of heavy metals in dried marine products

(unit : mg/kg)

Products	No. of samples	Cr	As	Cd	Pb	Hg
Dry laver	5	0.165±0.051 <sup>1)</sup> (0.098~0.221)	23.441±5.443 (15.955~29.246)	0.914±0.593 (0.280~1.782)	0.150±0.041 (0.100~0.212)	0.008±0.004 (0.005~0.014)
Beka squid	5	0.082±0.024 (0.048~0.112)	4.886±0.948 (3.221~5.581)	1.266±0.387 (0.859~1.791)	0.025±0.050 (ND2)~0.114)	0.053±0.038 (0.018~0.115)
Young walleye pollack	6	0.190±0.147 (0.038~0.427)	8.081±3.617 (1.648~11.492)	0.022±0.018 (0.005~0.049)	0.144±0.175 (ND~0.466)	0.079±0.040 (0.027~0.146)
Sea tangle	4	0.050±0.026 (0.034~0.089)	34.773±1.436 (32.746~36.031)	0.160±0.043 (0.114~0.218)	0.099±0.199 (ND~0.397)	0.015±0.001 (0.014~0.016)
Dried anchovy	9	0.193±0.239 (0.070~0.828)	3.470±2.534 (1.510~9.340)	0.094±0.041 (0.036~0.180)	0.061±0.059 (ND~0.130)	0.014±0.007 (0.008~0.030)
Slices of dried pollack	8	0.219±0.169 (0.040~0.503)	5.149±0.811 (3.950~6.333)	0.005±0.006 (ND~0.015)	0.234±0.281 (ND~0.822)	0.048±0.037 (0.001~0.103)
Sea mustard	5	0.247±0.172 (0.059~0.402)	20.372±5.199 (14.770~27.646)	0.704±0.246 (0.472~1.082)	0.093±0.107 (ND~0.247)	0.021±0.010 (0.014~0.038)
Japanese icefish	5	0.151±0.099 (0.038~0.308)	1.567±0.371 (1.261~2.198)	0.059±0.027 (0.023~0.095)	0.033±0.055 (ND~0.128)	0.013±0.007 (0.001~0.018)
Dried shrimp	11	0.181±0.085 (0.117~0.413)	27.437±16.014 (9.469~48.521)	0.100±0.080 (0.012~0.256)	0.523±0.701 (ND~1.819)	0.022±0.019 (0.001~0.060)
Shellfish meat	5	1.051±0.742 (0.457~2.276)	2.131±0.881 (1.516~3.689)	0.132±0.063 (0.084~0.240)	0.569±0.657 (0.148~1.736)	0.087±0.147 (0.013~0.349)
Dried filefish	6	0.118±0.076 (0.037~0.219)	0.596±0.211 (0.418~1.003)	0.014±0.007 (0.008~0.025)	0.216±0.165 (ND~0.467)	0.014±0.011 (0.002~0.030)
Slices of dried cuttlefish	12	0.097±0.069 (0.019~0.272)	1.882±0.920 (1.048~4.538)	0.321±0.342 (0.044~0.905)	0.161±0.199 (ND~0.550)	0.098±0.046 (0.005~0.138)
Sea lettuce	5	0.926±0.677 (0.282~1.982)	21.718±5.225 (14.363~28.599)	0.550±0.298 (0.298~0.927)	0.233±0.179 (0.041~0.473)	0.009±0.009 (0.004~0.025)
Sea mussel meat	5	0.217±0.062 (0.159~0.287)	7.449±0.512 (6.789~8.001)	0.538±0.128 (0.377~0.706)	0.201±0.154 (0.068~0.412)	0.019±0.005 (0.010~0.023)
Total	91	0.252±0.358 (0.019~2.276)	10.943±12.309 (0.418~48.521)	0.302±0.408 (ND~1.791)	0.211±0.347 (ND~1.819)	0.039±0.051 (0.001~0.349)

<sup>1)</sup> Mean±SD(Standard Deviation). Number in parenthesis are range.

<sup>2)</sup> Not detected.

0.38, 톳 0.149, 바지락 0.081, 청각 0.044, 꽃새우 0.041, 민꽃게 0.028 mg/kg 으로 보고하였다. 외국의 규제치를 보면 오스트레일리아 2.0~5.5 mg/kg, 독일 5.0 mg/kg, 홍콩 2.0 mg/kg, 뉴질랜드 1.0 mg/kg 스위스 0.1 mg/kg 이하 등으로 허용 기준을 정하고 있다(17). 우리나라에서 패류의 중금속 잔류허용기준은 생물로 기준할 때 카드뮴 2.0 mg/kg 이하이며(6), 본 조사에서는 이 규제치를 초과하는 건해산물은 없는 것으로 나타났다. 일반 환경중의 카드뮴 농도는 상당히 낮지만, 먹이사슬을 통한 생물학적 농축(bioconcentration)으로 사람의 체내 카드뮴농도가 증가한다. 황 등(14)은 긴맛조개에 있어서 저질 중금속 농도에 대한 해당 중금속의 체내농도비로서 카드뮴의 평균농축계수가 육질부 19.96 총연질부 18.77 으로서 생물학적 반감기가 17~30년으로 알려진 인간에게서와 같이 긴맛조개에 있어서도 체내축적이 매우 크다고 보고 하였고, 김 등(22)은 카드뮴은 소화관에서 흡수가 어려운 금속의 하나이지만, 일단 흡수된 카드뮴은 체내에 축적되어 배설되지 않는 특징이 있다고 보고하였다. 카드뮴의 표적장기는 폐, 신장, 간이며 일본에서는 공해병인 이타이이타이병의 원인으로 알려졌다. 카드뮴은 체내잔류기간이 길고 농축계수가 높기 때문에 지속적인 모니터링이 필요하다.

Pb 평균함량은 0.211±0.347(ND~1.819) mg/kg 이며 건조갯살에서 0.569±0.657(0.148~1.736) mg/kg으로 가장 높았고 건꼴뚜기에서 가장 적게 함유한 것으로 조사되었다. 김 등(4)은 0.143±0.199(0.020~1.319) mg/kg, 황 등(7)은 0.17±0.33 mg/kg, 김 등(9)은 패류중의 평균함량 0.060(ND~0.700) mg/kg, 김 등(10)은 피조개에서 0.149(0.089~0.228) mg/kg, 서 등(12)은 수산물 종류별 평균으로 소라 0.045, 청각 0.043, 바지락 0.034 mg/kg 으로 보고하였으며, 하 등(8)은 패류중의 0.6738 mg/kg, 어류중의 0.4358 mg/kg, 소 등(11)은 어류 중에 0.29(ND~1.87)mg/kg, 패류 중에 0.38(0.01~1.51) mg/kg, 김 등(13)은 어류 중 납 함량 0.47(0.01~1.34) mg/kg, 연체류 중 납 함량 0.32(0.19~0.58) mg/kg, 황 등(14)은 긴맛조개에 있어서 육질부 및 총연질부내 평균농도

각각 0.304~0.920 mg/kg, 0.761~1.377 mg/kg, 성 등(16)은 어류에서의 0.308±0.082(0.108~0.018) mg/kg 으로 보고하였다. FAO에서 보고된 외국의 어패류 및 수산제품의 납의 규제치(17)는 호주 1.5~5.0 mg/kg, 캐나다 0.5~10 mg/kg, 폴란드 2.0 mg/kg, 홍콩 0.6 mg/kg, 이태리 2.0 mg/kg, 네덜란드 0.5~2.0 mg/kg, 스웨덴 1.0~2.0 mg/kg 등으로 허용기준을 정하고 있으며, 본 조사에서는 우리나라의 해산 어패류의 중금속 잔류허용 기준인(9) 생물로 기준할 때 2.0 mg/kg을 초과하는 건해산물은 없는 것으로 나타났다.

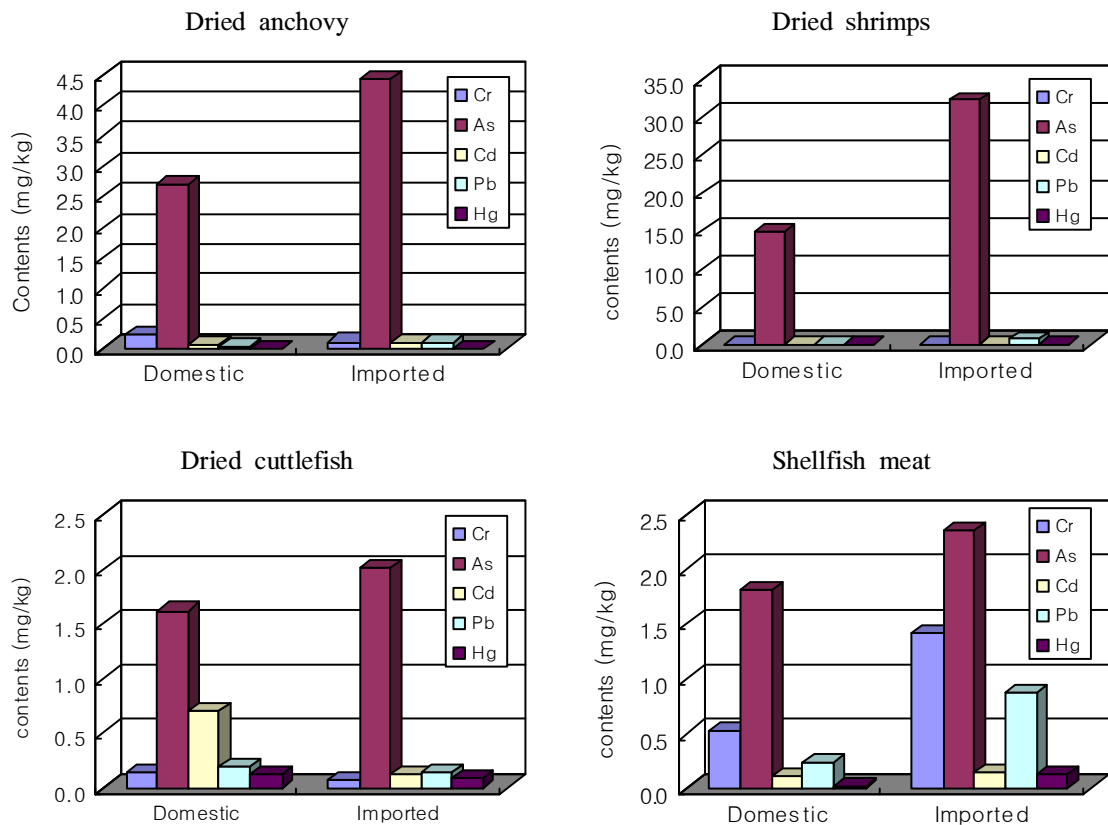
Hg 평균함량은 0.039±0.051(0.01~0.349) mg/kg이며 김 등(4)은 0.037±0.028(ND~0.117) mg/kg, 황 등(7)은 0.08±0.01mg/kg, 하 등(8)은 패류중의 0.0117 mg/kg, 어류 중의 0.0622 mg/kg, 김 등(9)은 패류중의 평균함량 0.007(ND~0.092)mg/kg, 김 등(10)은 피조개에서 0.007(0.004~0.008) mg/kg 으로 보고하였으며, 소 등(11)은 어류 중 0.082(0.004~0.500) mg/kg, 김 등(13)은 어류에서 0.076(0.010~0.439) mg/kg, 성 등(16)은 0.067±0.067(0.010~0.162) mg/kg 으로 보고하였다. 오징어채, 건조갯살, 건노가리에서는 순서대로 0.098±0.046(0.005~0.138) mg/kg, 0.087±0.147(0.013~0.349) mg/kg, 0.079±0.040(0.027~0.146) mg/kg, 이며 김, 건꼴뚜기, 다시마, 건멸치, 명태포, 미역, 방어포, 건새우, 쥐포, 파래, 건홍합에서는 0.008~0.053 mg/kg이었으며 서 등(12)은 수산물 평균으로 민꽃게 0.092, 바지락 0.081, 꽃새우 0.066, 톳 0.033, 소라 0.033, 청각 0.021 mg/kg 으로 보고하였다. FAO 보고서에서 어패류의 수는 규제치(17)는 호주 0.5~1.0 mg/kg, 캐나다, 뉴질랜드, 스위스 등이 0.5 mg/kg 이하, 서독, 미국 1.0 mg/kg 이하, 이태리 0.7 mg/kg 이하, 일본 0.4 mg/kg 이하, 스웨덴 2.0 mg/kg 이하 등이다. 본 조사에서 건해산물의 Hg 평균함량은 우리나라 해산 어패류의 중금속 잔류허용기준인 생물로 기준할 때 총수는 0.5 mg/kg이하를 초과하지 않았다.

수입산과 국내산을 비교해보면, 건멸치에서 국내산은 Cr, As, Cd, Pb, Hg 평균함량이 각각 0.250 mg/kg, 2.715 mg/kg, 0.077 mg/kg, 0.038 mg/kg, 0.010 mg/kg, 수입산이 0.122 mg/kg, 4.414

mg/kg, 0.114 mg/kg, 0.091 mg/kg, 0.019 mg/kg, 건새우에서 국내산은 Cr, As, Cd, Pb, Hg 평균 함량이 각각 0.140 mg/kg, 14.788 mg/kg, 0.025 mg/kg, 0.053 mg/kg, 0.035 mg/kg, 수입산이 0.197 mg/kg, 32.181 mg/kg, 0.128 mg/kg, 0.700 mg/kg, 0.017 mg/kg, 오징어채에서 국내산은 Cr, As, Cd, Pb, Hg 평균함량이 각각 0.146 mg/kg, 1.622 mg/kg, 0.702 mg/kg, 0.204 mg/kg, 0.122 mg/kg, 수입산이 0.073 mg/kg, 2.013 mg/kg, 0.130 mg/kg, 0.139 mg/kg, 0.086 mg/kg, 건조갯살에서 국내산은 Cr, As, Cd, Pb, Hg 평균함량이 각각 0.521 mg/kg, 1.806 mg/kg, 0.111 mg/kg, 0.244 mg/kg, 0.018 mg/kg, 수입산이 1.405 mg/kg, 2.348 mg/kg, 0.147 mg/kg, 0.786 mg/kg, 0.132 mg/kg 로 조사되어 오징어채 중에서 Cr, Cd, Pb, Hg 함량과 멸치 중에서 Cr 함량 이외에는 수입산 건해산물의 중

금속함량이 높았다(그림 1).

성 등(16)은 어종의 성숙도에 따른 중금속 함량은 조기의 경우 Hg 함량은 성어에서  $0.055 \pm 0.015$  mg/kg 으로 치어의  $0.030 \pm 0.009$  mg/kg 에 비해 훨씬 높아서 조기의 연령에 따른 Hg 함량은 높은 양의 상관관계를 나타내고 Pb 함량은 연령이 많아질수록 감소하는 역상관관계를 보인다고 보고한바 있다. 긴맛조개에서 생체크기와 중금속 농도간의 상호관계와 관련하여 황 등(23)은 Pb, Cr, Ni, Cu, Zn 등의 중금속들이 건조중량이 증가함에 따라 체내 중금속 함량이 감소하는 경향을 나타내었음을 보고 하였으며 정확한 오염수준의 비교평가를 위해서는 보다 동등한 크기의 생체시료를 선별하여 오염평가에 이용함이 요구됨을 제시하였다. 또한 성 등 (16)은 어종별 중금속함량차이는 시료의 채취시기 및 오염원에서 방출되는 중금속량의



**Fig. 1.** Contents of trace metals in dried anchovy, dried shrimps, dried cuttlefish and shellfish meat.

변화 또는 수중생태계에서의 생물학적 활성도 변화 등의 차이로 추측된다고 하였고, 같은 어종이라도 채취시점, 지역 등의 다양성으로 인하여 그 함량의 차이는 다소 있을 것으로 추측된다고 하였다. 어류, 조개류 및 해조류 등을 건조시키는 방법으로 천일건조법, 열풍건조법, 진공건조법, 배건법, 동결건조법, 냉풍건조법 그리고 자연동건법 등이 있으며 식품중의 유해중금속함량은 식품 가공시 오염 등으로 차이가 있을 수 있다(2, 5). 건해산물 중 유해중금속함량은 어종의 성숙도, 채취시점, 지역에 따라 다르며 건조가공과정에 영향을 받을 수 있고, 또 비소, 카드뮴, 크롬, 납 등은 음식물로서 장기간 폭로에 의해 사람의 건강에 영향을 준다고 알려져 있으므로 앞으로도 지속적인 유해중금속함량 모니터링이 필요하다.

## 결 론

서울지역에서 유통중인 건해산물 중 김, 꼴뚜기, 노가리, 다시마, 멸치, 명태채, 미역, 뱀어포, 건새우, 조갯살, 쥐포, 오징어채, 파래, 홍합 등 14종 91건을 수집하여 ICP-MS와 Mercury analyzer를 이용하여 납, 비소, 카드뮴, 크롬, 수은의 함량을 측정하였다.

1. 건 멸치에 중금속 표준용액을 일정 농도를 가하고 측정된 중금속별 회수율은 크롬 71.1%, 비소 90.5%, 카드뮴 81.2%, 납 73.4% 그리고 수은 98.9% 이었다.
2. 중금속별 평균함량은 Cr 0.252±0.358(0.019~2.276) mg/kg, As 10.943±12.309(0.418~48.521) mg/kg, Cd 0.302±0.408(ND~1.791) mg/kg, Pb 0.211±0.347(ND~1.819) mg/kg, Hg 0.039±0.051(0.01~0.349) mg/kg이었다.
3. 건어류에서의 As, Cd 함량이 7.761±11.548(0.418~48.521) mg/kg, 0.204±0.381(ND~1.791) mg/kg, 건패류에서의 As, Cd 함량이 4.790±2.884(1.516~8.001)mg/kg, 0.335±

0.234(0.084~0.706)mg/kg, 건해조류에서의 As, Cd 함량이 24.566±7.046(14.363~36.031) mg/kg, 0.604±0.431(0.114~1.782) mg/kg으로 조사되어, 건해조류에서의 As, Cd 함량이 건패류, 건어류에 비해 높은 것으로 나타났다(p<0.05).

## 참고문헌

1. 梁在穆 등 7인 : 水産學概論. 集賢社, p7~13, 2003.
2. 정문호, 이영환 : 금속과 사람. 신평출판사, p25~46, 1993.
3. Stokinger HE : Am. Industr. Hygiene Assoc. J., 30, 195, 1969.
4. 김동규, 한기영, 최병현 : 서울지역 유통 수산 건제품 중 중금속 함량. 서울시 보건환경연구원보, 42:212~217, 2006.
5. 이성갑, 김동수 : 수산식품가공이용학. 광문각, p175~213, 1999.
6. KFDA(Korea Food and Drug Administration) : Food Code, Moonyoung press, p45~46, 2000.
7. 황영옥, 박석기 : 서울에 유통중인 해산 어류의 부위별 중금속 분석. Analytical Science & Technology, 19(4):342~351, 2006.
8. 하강자, 송주영, 하대식 : 경상남도 연안지역 어패류 중의 중금속 함량에 관한 연구 제1보. J. of Fd. Hyg. Safety, 19(3):132~139, 2004.
9. 김연천, 한선희 : 국내유통 민물어류와 연안산 패류의 중금속 함량에 관한 조사. J. of Fd. Hyg. Safety, 14(3):305~318, 1999.
10. 김지희, 임치원, 김평중, 박정흠 : 우리나라 남해안산 패류의 중금속 함량. J. of Fd. Hyg. Safety, 18(3):125~132, 2003.
11. 소유섭, 김정수, 정소영, 김미혜, 홍무기 : 우리나라 어패류중 미량금속 함량 및 안전성 평가. J. of Korean Soc. Food Sci. Nutr., 29(4):549~554, 2000.



12. 서화중, 홍성운, 최종환 : 남해안에서 서식하는 수산물의 중금속 함량에 관한 연구. J. of Korean Soc. Food Sci. Nutr., 22(1):85~90, 1993.
13. 김미혜, 김정수, 소유섭, 정소영, 이종욱 : 여러 가지 식품 중 중금속 함량에 관한 연구. Korean J. of Food Sci. Technol., 35(4):561~567, 2003.
14. 황갑수, 신형선, 김강주, 여성구, 김진삼 : 서해 중부연안 갯벌에서의 저질 및 패류(Solen Strictus Gould)중 중금속 분포특성, Kor. J. of Env. Hlth. Soc., 27(4):25~34, 2001.
15. 김애정, 김선여, 이완주, 박미정 : 서해안 지역 수산물의 비소함량에 관한 연구. J. of Fd. Hyg. Safety, 13(3):201~205, 1998.
16. 성덕화, 이용욱 : 우리나라 일부연안 해산 어류 중의 중금속 함량에 관한 연구. Kor. J. of Food Hygiene, 8(4):231~240, 1993.
17. FAO : Compilation of legal limits for hazadous substances in fish and fishery product. FAO Fisheries Circular No. 764, 1983.
18. WHO : Arsenic. Environmental Health Criteria No. 18, WHO, Geneva, p43~50, 1989.
19. Reilly C : Metal contamination of food. Applied science publish Ltd., London, 1991.
20. Venugopal B, et al. : Metal Toxicity in Mammals. Vol.2, p.207. Plenum Press, New York, 1978.
21. Lee DHK : Metallic Contaminants and Human Health. Academic Press, New York, 1972.
22. 김대선 : 생체에 대한 미량금속의 특성 및 환경역학적 연구. 건국대학교 박사학위논문, 1990.
23. 황갑수, 신형선, 김강주, 여성구, 김진삼 : 서해안 갯벌에 서식하는 Solen strictus Gould 중의 중금속오염 및 그 특성. 한국물환경학회지, 17(2):191~200, 2001.