

우리나라 어패류중 미량금속 합량 및 안전성 평가

소유섭 · 김정수 · 정소영 · 김미혜[†] · 홍무기

식품의약품안전청 식품평가부 식품오염물질과

Trace Metal Contents in Fishes and Shellfishes and Their Safety Evaluations

You-Sub Sho, Jungsoo Kim, So-Young Chung, Meehye Kim[†] and Moo-Ki Hong

Division of Food Contaminants, Korea Food & Drug Administration, Seoul 122-704, Korea

Abstract

This study was carried out to estimate the contents of trace metals in the fishes and shellfishes available on Korean markets. The samples were digested with acids, then analyzed by ICP (Inductively Coupled Plasma Spectrometer) and AAS (Atomic Absorption Spectrometer) for the contents of lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), copper (Cu), manganese (Mn) and zinc (Zn). The contents of mercury (Hg) were determined using a mercury analyzer. The contents of trace metals [minimum~maximum (mean), mg/kg] in fishes were as follows; Hg: 0.004~0.500 (0.082), Pb: N.D.~1.87 (0.29), Cd: N.D.~0.094 (0.020), As: 0.01~5.45 (0.84), Cu: 0.04~3.74 (0.66), Mn: N.D.~7.56 (0.57), Zn: 0.92~18.33 (6.03). Those contents in shellfishes were as follows (mg/kg); Hg: N.D.~0.221 (0.029), Pb: 0.01~1.51 (0.38), Cd: 0.02~1.93 (0.51), As: 0.18~3.07 (1.08), Cu: 0.04~47.76 (3.81), Mn: 0.13~11.46 (3.25), Zn: 0.44~207.17 (25.24). Our data obtained in this study showed that trace metal contents in both fishes and shellfishes on our markets were similar to those reported by other investigators. The average weekly intakes of lead, cadmium and mercury from fishes and shellfishes takes about 1~13% of PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intakes) that FAO/WHO Joint Food Additive and Contaminants Committee has set to evaluate their safeties.

Key words: trace metals, fish, shellfish, safety evaluation

서 론

식품중 미량금속 오염은 식품의 수확, 가공, 포장과정에서 우발적으로 일어나기도 하지만, 대부분 오염된 물과 토양, 대기, 또는 공업폐수 등의 오염이 심한 지역에서 생산되는 농·수산물 등에서 일어난다(1,2). 미량금속은 농·수산물이나 인간에게 이행되었을 때 자연적 또는 인위적 방법으로 쉽게 분해되지 않고 축적이 된다(2). 우리 체내에 들어온 모든 금속이 그대로 축적되는 것은 아니며, 식품에 의해 섭취된 실제 흡수량은 식품의 종류, 건강상태 등에 따라 달라진다(2). 미량금속은 저농도일지라도 그 독성이 농·수산물이나 인간에게 경제적인 손실과 심각한 위해를 끼칠 우려가 있다(3-5). 국제적으로 오염물질에 대한 모니터링 및 연구가 활발하며 우리나라에서도 토양(6-8), 농·수산물(9-16) 등에 함유된 미량금속 모니터링을 수행해 왔으며, 환경오염에 의해 미량금속이 함유된 식품이 인체에 미치는 영향에 대한 관심도 점차로 증가하고 있다(1-3). 국민영양 조사결과 보고(17)에 의하면 우리나라 국민의 일일 식품 섭취량은 약 1,100 g으로 주요

식품 섭취량은 곡류 308.7 g(28.1%), 채소류 286.2 g(26%), 과일류 146.0 g(13.3%), 어패류 75.1 g(6.8%), 육류 67.7 g(6.1%), 두류 34.7 g(3.2%), 조미료류 29.6 g(2.7%), 서류 21.2 g(1.9%), 음료 및 주류 18.0 g(1.6%), 해조류 6.6 g(0.6%) 순으로 보고되고 있다. 특히, 어패류는 다른 식품군에 비해 비소 등 미량금속 함량이 비교적 높은 식품으로 알려져 있다(2).

지금까지 어패류의 종류별 미량금속 함량에 관한 연구는 미비한 실정이므로 본 연구에서는 어패류 중 미량금속 함량과 섭취량에 대한 안전성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

우리나라 연안에서 어획된 어류 23종, 즉 가자미(flounder), 갈치(atlantic cutlassfish), 갯장어(pike eel), 고등어(mackerel), 꽁치(pacific saury), 넙치(olive flounder), 도루묵(sand fish), 도미(sea bream), 망둥어(goby), 멸치(anchovy), 명태(alaskan pollack), 민어(croaker), 병어

[†]To whom all correspondence should be addressed

Table 1. The operating conditions of ICP and AAS

ICP		AAS	
Classification	Condition	Classification	Condition
Wavelength (nm)	Pb : 220.353 Cd : 214.438 As : 193.696 Cu : 324.754 Mn : 257.610 Zn : 213.856	Wavelength (nm)	Pb : 283.3 Cd : 228.8 As : 193.7 Cu : 324.7 Mn : 280.5 Zn : 213.9
Sample gas flow (L/min)	0.50		
Plasma gas flow (L/min)	11.00		
Auxiliary gas flow (L/min)	0.55		

(butter fish), 삼치(spanish mackerel), 송어(mullet), 양미리(sand lance), 우럭(grouper), 전갱이(horse mackerel), 전어(gizzard shad), 정어리(sardine), 조기(yellow croaker), 쥐치(file fish), 참치(tuna) 등 742건 및 인공양식 또는 자연서식하고 있는 패류 9종, 즉 굴뱅이(whelk), 굴(oyster), 꼬막(bloody clam), 바지락(shortneck clam), 백합(hard clam), 소라고동(top shell), 전복(abalone), 피조개(ark shell), 홍합(mussel) 등 736건의 시료를 어시장 및 수협 등의 어판장이나 인공양식장 등에서 수집하여 분석에 사용하였다.

미량금속 분석

수집한 어류는 소어류(체장 20 cm 미만), 중어류(체장 20~60 cm), 대어류(체장 60 cm 이상)로 구분하여 증류수로 가볍게 씻고 물기를 제거한 후 가식부를 취하고, 패류는 흐르는 물로 깨끗이 닦고 스테인레스 칼로 제작하여 가식부를 취하여 증류수로 가볍게 씻고 물기를 제거하였다. 이 가식부를 균질기(ULTRA-TURRAX T 50, Janke & Kunkel GmbH & Co., Germany)로 갈아 균질화시켜 시료로 사용하거나, 또는 폴리에틸렌 용기에 담아 냉동보관한 후 분석에 사용하였다. 수은은 가열회화금아말감법(combustion gold amalgamation method)(18)에 의거하여 mercury analyzer(Model SP-3A, Nippon Instrument Co., Japan)를 사용하여 분석하였다. 납, 카드뮴, 비소, 구리, 망간, 아연 등은 일정량의 시료를 습식 산분해하여 시험용액을 만들어 Table 1의 조건에 따라 ICP(Model 710, Labtest Equipment Co., Australia) 및 AAS(Model 2380, Perkin Elmer, USA)를 이용하여 측정하였다. 또한 각 금속별 회수율도 시료와 동일한 방법으로 측정하였다.

결과 및 고찰

어패류중 미량금속 함량

각 미량금속별 회수율은 평균 93~99%였으며 비교적 높은 편이었다(Table 2). 우리나라에서 생산된 어류 23종 742건, 패류 9종 736건의 미량금속함량은 각각 Table 3,

Table 2. Recovery of the trace metals in the fishes and shellfishes

Elements	Recovery (%)
Hg	97.0
Pb	94.2
Cd	95.0
As	92.7
Cu	96.0
Mn	96.7
Zn	98.8

Table 4와 같다. 본 연구에서 어류의 수은함량은 평균 약 0.08 mg/kg으로 패류(약 0.03 mg/kg)보다 낮게 나타났다. 갯장어와 도미는 약 0.1 mg/kg으로 가장 높게 나타났다. 쥐치와 참치는 약 0.04 mg/kg으로 가장 낮았다. 패류의 경우 굴뱅이가 0.09 mg/kg으로 가장 높았으나 우리나라의 총수은 규제치(18)인 0.5 mg/kg에 훨씬 못 미치는 것으로 나타났다. 어패류에 대하여 미국(19)에서는 메틸수은으로서 1.0 mg/kg, 일본(20)은 총수은으로서 0.4 mg/kg이 설정되어 있으나 대부분의 국가에서는 규제하고 있지 않다.

어류의 납함량은 약 0.3 mg/kg, 패류는 0.4 mg/kg으로 나타났다. 망둥어, 멸치는 약 0.4 mg/kg으로 가장 높게 나타났고 전어는 0.1 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 국내산 어패류의 납 함량은 다른 나라의 모니터링 결과(21-23)와 유사한 수준으로 나타났다.

본 연구에서 조사된 카드뮴 함량은 어류는 평균 0.02 mg/kg, 패류는 0.5 mg/kg으로 어류보다는 패류의 카드뮴 함량이 더 높게 나타났다. 어류 중에서는 카드뮴 함량이 다른 어종에 비해 멸치나 정어리가 약 0.03~0.04 mg/kg으로 높았고, 망둥어, 전어는 각각 0.006 mg/kg, 0.004 mg/kg으로 낮았다. 패류 중에서는 꼬막이 약 1.03 mg/kg으로 가장 높게 나타났다. 일본(24)의 모니터링 결과와 비교해 볼 때 우리나라의 가자미, 고등어, 꽂치, 넙치, 도미, 병어, 정어리, 쥐치 중 카드뮴 수준은 약간 낮게 나타났고 갈치, 참치, 바지락, 홍합의 경우는 약간 높게 나타났다. 카드뮴에 대한 외국의 모니터링자료를 살펴보면 일본(25)의 경우 비오염 지역에서 패류중의 카드뮴 함량이 최고 1.8 mg/kg까지 보고된 바 있으며, 해산식품은 0.05~

Table 3. The trace metal contents in fishes

(unit : mg/kg)

Fishes	No.	Hg	Pb	Cd	As	Cu	Mn	Zn
Flounder	37	0.086 ¹⁾ (0.009~0.380)	0.28 (0.10~0.81)	0.015 (N.D. ²⁾ ~0.027)	1.68 (0.76~4.01)	0.32 (0.10~0.91)	0.28 (0.05~0.66)	4.80 (1.38~10.87)
Atlantic cutlassfish	41	0.089 (0.009~0.291)	0.36 (N.D.~1.37)	0.020 (N.D.~0.059)	0.70 (0.13~1.79)	0.38 (0.05~1.23)	0.32 (0.03~0.63)	4.35 (1.96~9.52)
Pike eel	36	0.116 (0.030~0.452)	0.33 (N.D.~1.23)	0.020 (N.D.~0.033)	2.13 (1.15~5.45)	0.39 (0.04~2.54)	0.80 (0.08~1.28)	5.35 (2.70~10.09)
Mackerel	46	0.102 (0.024~0.464)	0.37 (N.D.~1.87)	0.018 (N.D.~0.042)	0.90 (0.26~1.89)	0.70 (0.07~1.81)	0.21 (0.02~0.73)	6.33 (2.34~12.84)
Pacific saury	33	0.064 (0.010~0.193)	0.28 (0.07~0.71)	0.024 (0.003~0.053)	0.63 (0.09~2.62)	1.26 (0.51~3.38)	0.32 (0.02~0.78)	6.93 (2.81~15.38)
Olive flounder	36	0.074 (0.013~0.253)	0.30 (0.05~0.89)	0.014 (0.001~0.048)	0.72 (0.01~1.49)	0.72 (0.17~1.40)	0.43 (0.10~0.87)	6.67 (2.49~18.18)
Sand fish	31	0.103 (0.024~0.257)	0.31 (0.04~0.54)	0.021 (0.003~0.060)	0.40 (0.10~0.95)	0.72 (0.16~1.69)	0.46 (0.08~0.87)	5.58 (1.25~9.82)
Sea bream	35	0.110 (0.028~0.227)	0.26 (0.06~0.68)	0.017 (N.D.~0.037)	0.88 (0.26~1.86)	0.61 (0.13~1.75)	0.26 (N.D.~0.81)	3.62 (0.92~7.62)
Goby	4	0.058 (0.023~0.090)	0.42 (0.12~0.85)	0.006 (N.D.~0.014)	0.74 (0.18~1.43)	0.65 (0.18~1.23)	0.55 (0.21~1.13)	9.85 (7.52~14.48)
Anchovy	38	0.093 (0.014~0.498)	0.40 (0.03~0.87)	0.042 (N.D.~0.094)	0.70 (0.15~1.83)	1.19 (0.28~2.81)	4.01 (N.D.~7.56)	11.34 (4.34~18.30)
Alaskan pollack	35	0.088 (0.004~0.342)	0.29 (0.06~0.91)	0.016 (0.001~0.029)	0.76 (0.18~1.73)	0.69 (0.21~3.74)	0.20 (N.D.~0.73)	4.39 (2.64~8.61)
Croaker	36	0.093 (0.038~0.198)	0.21 (0.03~0.54)	0.016 (0.001~0.036)	0.62 (0.11~1.56)	0.61 (0.20~1.34)	0.33 (0.14~0.80)	3.71 (1.72~8.03)
Butter fish	38	0.069 (0.020~0.142)	0.28 (0.04~0.86)	0.019 (0.003~0.043)	0.69 (0.15~1.77)	0.42 (0.07~1.08)	0.43 (0.15~1.44)	5.37 (1.78~11.95)
Spanish mackerel	42	0.083 (0.019~0.304)	0.28 (0.03~1.47)	0.013 (N.D.~0.036)	0.78 (0.13~1.82)	0.65 (0.13~1.98)	0.38 (0.05~0.92)	5.27 (1.82~10.06)
Mullet	39	0.056 (0.013~0.186)	0.29 (N.D.~0.77)	0.013 (0.002~0.035)	0.72 (0.11~1.72)	0.52 (0.14~0.94)	0.33 (N.D.~0.88)	5.57 (1.80~10.94)
Sand lance	34	0.062 (0.013~0.157)	0.27 (0.05~0.63)	0.022 (N.D.~0.048)	0.61 (0.15~1.32)	0.49 (0.14~0.92)	0.63 (0.29~1.17)	12.57 (6.24~18.33)
Grouper	34	0.097 (0.024~0.201)	0.21 (0.07~0.62)	0.015 (0.002~0.059)	0.73 (0.10~1.89)	0.78 (0.26~1.69)	0.35 (0.12~0.80)	6.49 (2.61~13.68)
Horse mackerel	34	0.077 (0.012~0.183)	0.25 (0.08~0.63)	0.019 (0.002~0.044)	0.78 (0.28~1.54)	0.81 (0.30~1.59)	0.39 (0.11~1.01)	5.56 (1.90~10.25)
Gizzard shad	2	0.038 (0.030~0.046)	0.12 (0.09~0.14)	0.004 (0.001~0.006)	0.51 (0.29~0.73)	0.87 (0.78~0.96)	0.82 (0.46~1.17)	9.36 (5.13~13.56)
Sardine	30	0.046 (0.013~0.185)	0.30 (0.14~0.72)	0.032 (0.003~0.048)	0.68 (0.27~1.25)	1.42 (0.47~2.76)	0.46 (0.09~0.98)	9.08 (3.32~13.80)
Yellow croaker	40	0.091 (0.013~0.500)	0.34 (0.07~1.71)	0.020 (0.001~0.088)	0.77 (0.18~1.68)	0.53 (0.11~1.71)	0.35 (0.09~0.97)	3.60 (1.16~8.34)
File fish	37	0.038 (0.010~0.147)	0.26 (N.D.~0.83)	0.020 (0.003~0.036)	0.80 (0.27~1.63)	0.34 (0.12~0.56)	0.37 (0.10~0.82)	4.68 (2.03~12.68)
Tuna	4	0.038 (0.034~0.046)	0.20 (0.19~0.21)	0.023 (0.019~0.027)	1.39 (1.34~1.48)	0.34 (0.30~0.35)	0.26 (0.11~0.47)	4.82 (4.62~5.18)
Total	742	0.082 (0.004~0.500)	0.29 (N.D.~1.87)	0.020 (N.D.~0.094)	0.84 (0.01~5.45)	0.66 (0.04~3.74)	0.57 (N.D.~7.56)	6.03 (0.92~18.33)

¹⁾The values are means (min~max).²⁾N.D. : not detected.

Table 4. The trace metal contents in shellfishes

(unit : mg/kg)

Shellfishes	No.	Hg	Pb	Cd	As	Cu	Mn	Zn
Whelk	72	0.092 ¹⁾ (0.011~0.221)	0.33 (0.01~0.96)	0.45 (0.03~1.41)	2.06 (0.09~3.07)	6.00 (0.41~25.02)	2.31 (0.35~7.32)	20.92 (6.08~61.93)
Oyster	84	0.020 (0.001~0.059)	0.45 (0.06~1.51)	0.64 (0.02~1.71)	0.82 (0.31~1.57)	13.35 (2.68~47.76)	6.27 (1.92~10.35)	84.28 (23.62~207.17)
Bloody clam	88	0.015 (N.D. ²⁾ ~0.152)	0.34 (0.08~1.05)	1.03 (0.11~1.93)	0.72 (0.21~1.50)	0.99 (0.04~4.60)	5.32 (0.58~11.46)	13.91 (0.44~60.08)
Shortneck clam	80	0.018 (0.001~0.058)	0.48 (0.07~1.14)	0.16 (0.02~0.49)	1.15 (0.51~2.14)	1.50 (0.40~5.01)	3.97 (1.15~7.23)	10.24 (3.71~16.87)
Hard clam	68	0.028 (0.004~0.090)	0.52 (0.10~1.47)	0.23 (0.06~0.68)	0.63 (0.18~1.09)	1.46 (0.29~3.22)	3.51 (0.47~9.52)	13.45 (3.36~43.03)
Top shell	88	0.059 (0.002~0.206)	0.37 (0.05~1.22)	0.67 (0.02~1.93)	1.90 (0.64~3.97)	6.55 (0.21~54.16)	1.27 (0.21~4.81)	28.32 (3.01~126.09)
Abalone	64	0.013 (N.D.~0.048)	0.36 (0.07~0.79)	0.60 (0.03~1.89)	1.30 (0.36~2.16)	3.38 (1.03~7.01)	0.83 (0.13~2.84)	21.81 (2.25~63.86)
Ark shell	96	0.014 (N.D.~0.046)	0.33 (0.04~1.51)	0.57 (0.09~1.75)	0.69 (0.20~1.29)	0.68 (0.16~2.79)	3.21 (0.39~10.19)	16.25 (4.48~52.66)
Mussel	96	0.014 (0.001~0.075)	0.32 (0.02~1.51)	0.19 (0.02~0.37)	0.67 (0.50~3.97)	0.94 (0.05~4.35)	2.13 (0.10~4.45)	16.54 (2.26~54.40)
Total	736	0.029 (N.D.~0.221)	0.38 (0.01~1.51)	0.51 (0.02~1.93)	1.08 (0.18~3.07)	3.81 (0.04~47.76)	3.25 (0.13~11.46)	25.24 (0.44~207.17)

¹⁾The values are means (min~max).²⁾N.D. : not detected.

3.66 mg/kg, 패류의 장기중에는 30~50 mg/kg이 함유된 경우도 있다고 보고하였다(26). 따라서 국내산 어패류의 카드뮴 함량은 오염된 것이 아닌 것으로 사료된다.

어류, 패류중 비소 함량은 각각 약 0.8 mg/kg, 1.1 mg/kg으로 나타났다. FAO/WHO에서는 식품을 통한 비소 섭취량에 대한 안전성 평가는 독성이 강한 무기비소에 대해서만 체중 kg당 15 µg으로 정해져 있으며(27), 일반적으로 식품중에 함유된 비소 함량은 낮으며 또한 대부분이 유기비소 형태인 것으로 알려져 있다(2,4). 현재로서는 우리나라 식품별 유기비소, 무기비소 함량에 대한 자료가 부족하여 무기비소 섭취량에 대한 안전성 평가를 할 수 없으나 어패류중 총비소 함량을 외국 모니터링 자료(23, 28)와 비교할 때 그 수치가 비슷하므로 우리나라 어패류 섭취를 통한 비소의 섭취량으로 인해 사람에게 위해를 줄 정도는 아닌 것으로 판단된다. 어류중 갯장어의 총비소 함량이 약 2.1 mg/kg으로 가장 높았으며 가자미는 약 1.7 mg/kg으로 비교적 높았다. 패류중에서는 굴뱅이가 약 2.1 mg/kg으로 가장 높았고 소라고동은 약 1.9 mg/kg으로 비교적 높았으며 백합은 약 0.63 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 국내 어패류의 비소 함량은 일본(26)의 모니터링 결과에 비해 다소 낮게 나타났다. 어패류중 비소를 규제하고 있는 나라(29)는 호주·뉴질랜드(무기비소로서 1 mg/kg) 등이며 대부분의 나라들은 규제치가 아직 설정되어 있지 않다.

구리는 모든 생물에 널리 분포되어 있으며 해산물인 굴, 조개, 연체동물에 특히 많이 함유되어 있다(30). 본 연

구에서 어류의 구리 함량은 약 0.7 mg/kg, 패류는 약 3.8 mg/kg으로 나타났다. 국내 어패류의 구리 함량은 일본의 모니터링 결과(24)와 비교해 가자미, 갯장어, 도미, 병어, 홍합은 다소 높게 나타났으며, 콩치, 바지락은 다소 낮게 나타났다. 국내산 어패류중 구리 함량은 오염된 것이 아닌 자연함량 수준으로 사료된다.

어류의 망간 함량은 불검출~7.56 mg/kg(평균 0.6 mg/kg), 패류는 0.13~11.46 mg/kg(평균 3.3 mg/kg)의 분포를 보였다. 국내 어패류의 망간 함량은 일본의 모니터링 결과(24)와 비교해 볼 때, 갈치, 병어, 바지락, 홍합은 다소 높게 나타났으며 고등어, 콩치, 도미, 정어리는 다소 낮게 나타났다.

본 연구에서 어류의 아연 함량은 0.92~18.33 mg/kg(평균 6.03 mg/kg), 패류는 0.44~207.17 mg/kg(평균 25.24 mg/kg)의 분포를 보였다. 특히 패류중 아연 함량은 종류에 따라 매우 큰 차이를 보였다. 국내 어류의 아연 함량을 일본의 모니터링 결과(24)와 비교해 보면, 바지락은 다소 낮게 나타났으며 고등어, 병어는 다소 높게 나타났다. 본 연구에서 보인 어패류중 아연 함량은 다른 연구자들의 보고(23,31)와 비슷하게 나타났다.

미량금속 안전성 평가

식품을 통해 섭취되는 미량금속 등 오염물질에 대한 안전성 평가는 실제 식품을 통해 섭취하는 각 미량금속의 주간섭취량(일주일 동안 식품을 통하여 섭취하는 미량금속의 양)을 잠정주간섭취허용량(PTWI: Provisional

Tolerable Weekly Intake)(27)과 비교하여 평가하였다. FAO/WHO 합동 식품첨가물 및 오염물질 전문가 위원회에서는 수은, 납, 카드뮴이 1972년에 식품오염물질로 제기되면서부터 이들 금속이 인체내에 축적되는 독성 때문에 PTWI를 산출하여 그 오염도를 비교하도록 권장하고 있다. 따라서 본 연구에서 수행한 식품의 미량금속 함량 모니터링 결과와 1997년 국민영양조사 결과보고서(17)의 일일 식품 섭취량 자료를 토대로 우리나라 국민의 미량금속 섭취량을 각 미량금속의 PTWI와 비교하여 안전성을 평가하였다.

각 금속별 주간섭취량을 FAO/WHO의 PTWI와 비교한 것이 Fig. 1에 나타나 있다. 우리나라 국민의 수은 주간섭취량은 체중 kg당 어류 0.57 µg, 패류 0.04 µg이며 이는 PTWI(5 µg/kg b.w./week)의 약 11%, 1%에 각각 해당된다. 납 주간섭취량은 체중 kg당 어류 2.06 µg, 패류 0.65 µg으로 이는 PTWI(25 µg/kg b.w./week)의 약 8%, 3%를 각각 차지한다. 또한 카드뮴 주간섭취량은 체중 kg당 어류 0.14 µg, 패류 0.87 µg이며 이는 각각 PTWI(7 µg/kg b.w./week)의 약 2%, 13%를 차지한다. 비소 주간섭취량은 체중 kg당 어류 4.25 µg, 패류 1.84 µg으로 이는 각각 PTWI(15 µg/kg b.w./week)의 약 28%, 12%에 해당된다. 그러나 이 PTWI는 무기비소에 제한된 것으로 실제 우리나라 국민의 무기비소섭취량 비율은 총비소섭취량보다 더 낮다. 우리나라 국민이 어패류를 통해 일주일에 섭취하는 수은, 납, 카드뮴 등의 함량은 PTWI의 1~13%에 해당되고 있으며(32), 이는 다른 나라와 비교해 볼 때 안전 수준으로 판단된다.

우리나라 국민이 섭취하는 어류, 패류의 구리 주간섭취량은 PTWI(3,500 µg/kg b.w./week)의 약 0.1%, 0.2%를 차지하며 아연 주간섭취량은 PTWI(7,000 µg/kg b.w./week)의 약 5.4%, 4.2%를 차지하고 있다. 망간의 경우는 어류, 패류를 통한 주간섭취량이 각각 약 4.3 µg, 5.5 µg으로 1989년도 미국 NRC(National Research Council)에서 제시한(33) 안전하고 적절한 망간 섭취 범위인 1일 2~5

mg(주간 14~35 mg)과 비교시 각각 약 0.03%, 0.04%에 해당된다. 구리, 아연, 망간 등은 우리 체내에서 없어서는 안될 필수 무기질 성분으로서 현재 우리나라 국민의 섭취수준이 적절하거나 오히려 부족한 상태이므로 과잉섭취에 의한 위해(危害)염려는 거의 없는 것으로 사료된다.

요 약

국내에서 생산된 232종 1478건 어패류에 대해 수은 함량은 Mercury Analyzer로, 납, 카드뮴, 비소, 구리, 망간, 아연 등은 습식분해 후 ICP 및 AAS로 분석하였다. 본 연구 결과, 어류중 미량금속 함량[최소~최대(평균), mg/kg]은 수은 0.004~0.500(0.082), 납 불검출~1.87(0.29), 카드뮴 불검출~0.094(0.020), 비소 0.01~5.45(0.84), 구리 0.04~3.74(0.66), 망간 불검출~7.56(0.57), 아연 0.92~18.33(6.03) mg/kg으로 나타났다. 또한 패류중 미량금속 함량(mg/kg)은 수은 불검출~0.221(0.029), 납 0.01~1.51(0.38), 카드뮴 0.02~1.93(0.508), 비소 0.18~3.07(1.08), 구리 0.04~47.76(3.81), 망간 0.13~11.46(3.25), 아연 0.44~207.17(25.24) mg/kg이었다. 본 연구에서 얻어진 분석치들은 국내외 다른 연구자들의 분석치와 비슷한 것으로 나타났으며, 이는 우리나라 어패류중 미량금속 함량은 자연함유량 수준인 것으로 나타났다. 또한 우리나라 국민이 어패류를 통해 섭취하는 납, 수은, 카드뮴 등의 미량금속 주간섭취량은 FAO/WHO에서 미량금속 안전성 평가를 위해 정한 PTWI의 1~13%를 차지하고 있다.

문 헌

1. Tanaka, T., Aoki, Y., Tamase, K., Umoto, F., Ohbayashi, H., Imou, M. and Sasaki, M.: Improved methods for determination of total mercury and its application to vegetables and fruit in markets. *J. Food Hyg. Soc. Japan*, **33**, 359-364 (1992)
2. Reilly, C.: *Metal contamination of food*. Applied science publish Ltd., London (1991)
3. WHO: *Mercury*. Environmental Health Criteria No. 86, WHO, Geneva, p.9 (1989)
4. WHO: *Arsenic*. Environmental Health Criteria No. 18, WHO, Geneva, p.43-50 (1989)
5. WHO: *Lead*. Environmental Health Criteria No. 3, WHO, Geneva, p.44-54 (1977)
6. Rhu, H.I., Suh, Y.S., Jun, S.H., Lee, M.H., Yu, S.J., Hur, S.N. and Kim, S.Y.: A study on the natural contents of heavy metals in paddy soil and brown rice in Korea. *The Report of National Institute of Environmental Research, Korea*, **10**, 155-163 (1988)
7. Rhu, H.I., Kim, I.K., Kim, H.Y. and Jun, S.H.: Survey on the contamination of the hazardous substances in the agricultural land and the agricultural products. *The Report of National Institute of Environmental Research, Korea*, **8**, 231-240 (1986)
8. Suh, Y.S., Mun, H.H., Kim, I.K., Kim, H.Y., Jun, S.H. and Ji, D.H.: A study on the natural contents of heavy metals

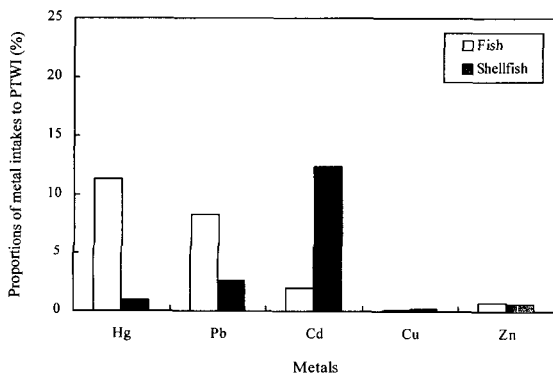


Fig. 1. Proportions of metal intakes to provisional tolerable weekly intakes (PTWI).

- in soil. *The Report of National Institute of Environmental Research, Korea*, 4, 189-198 (1982)
9. Ko, I.S., Ro, C.B., Song, C., Kwon, H.H., Kim, K.S., Chung, K.H. and Joo, C.B. : Investigation on harmful trace elements in food. *The Report of National Institute of Health, Korea*, 9, 389-406 (1972)
 10. Ko, I.S., Ro, C.B., Song, C., Kwon, H.H., Kim, K.S., Yun, K.B. and Yoo, B.C. : Investigation on harmful trace elements in food. *The Report of National Institute of Health, Korea*, 10, 437-453 (1973)
 11. Lee, J.K., Won, K.P., Lee, T.S., Kim, H.H., Kim, O.H. and Song, C. : Study on trace elements in rice. *The Report of National Institute of Health, Korea*, 16, 435-439 (1979)
 12. Kim, K.S., Lee, J.O., Sho, Y.S., Seo, S.C., Chung, S.Y., Yoo, S.Y., Song, K.H., Son, Y.W., Lee, H.B. and Kwon, W.C. : Study in the trace metal contents in food. *The Report of National Institute of Health, Korea*, 30, 365-377 (1992)
 13. Kim, C.Y. : Studies on the contents of mercury, cadmium, lead and copper in edible seaweeds in Korea. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 50, 88-96 (1992)
 14. Kim, C.Y. and Won, J.H. : Concentration of mercury, cadmium, lead and copper in the seawater and in seaweeds from Suyeong bay in Busan. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 7, 169-178 (1974)
 15. Kwon, W.C., Won, K.P., Kim, J.W., Sho, Y.S., Lee, H.D., Park, K.S., Lee, J.O., Seong, D.W., Seo, J.S., Kim, M.H., Lee, K.J. and Baik, D.W. : Study on the contents of trace elements in food (On the trace element contents of fish in Korean coastal waters). *The Report of National Institute of Health, Korea*, 26, 447-460 (1989)
 16. Kim, K.S., Lee, J.O., Sho, Y.S., Seo, S.C., Kang, H.K., Seo, J.S., Kim, M.H., Kwon, Y.B. and Baik, D.W. : Study on the trace element contents in food (On the trace element contents of shellfish in Korean coastal waters). *The Report of National Institute of Health, Korea*, 27, 388-397 (1990)
 17. Ministry of Health and Welfare (Korea) : '95 National Nutrition Survey Report (1997)
 18. Korea Food and Drug Administration : 1999 Food Code (1999)
 19. U.S. Food and Drug Administration : *Industry activities staff booklet, Action levels for poisonous or deleterious substances in human food and animal feed* (1998)
 20. Food Hygienic Society of Japan : The standards on foods and food additives. *J. Food Hyg. Soc. Japan*, 36, 107-199 (1995)
 21. Joint UNEP/FAO/WHO : *Food contamination monitoring programme. Summary of 1984-1985 Monitoring data*. WHO, Geneva (1988)
 22. National Food Authority (Australia) : *The 1992 Australian market basket survey; a total diet survey of pesticides and contaminants* (1992)
 23. Dabeka, R.W. and McKenzie, A.D. : Total diet study of lead and cadmium in food composites : preliminary investigations. *J. AOAC Int.*, 75, 386-394 (1992)
 24. Ikebe, K., Nishimune, T. and Tanaka, R. : Contents of 17 metal elements in food determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry in fish and shellfishes. *J. Food Hyg. Soc. Japan*, 32, 336-350 (1991)
 25. Ministry of Health and Welfare (Japan) : Notification. *Food Sanitation Research*, 32, 72-85 (1982)
 26. The Pharmaceutical Society of Japan : *Standard Methods of Analysis for Hygienic Chemists-With Commentary*. Kumwon Press, Tokyo, Japan, p.23-93, 319-403 (1983)
 27. FAO : *Summary of evaluations performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*. ILSI, Geneva (1994)
 28. The Pharmaceutical Society of Japan : *Standard Methods of Analysis for Hygienic Chemists-With Commentary*. Kumwon Press, Tokyo, Japan (1995)
 29. FAO : *Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products*. FAO Fisheries Circular No. 764 (1983)
 30. Ichigawa, Y. : Contents of iron, zinc, and copper. *Food Sanitation Research*, 33, 75-83 (1983)
 31. Dabeka, R.W., McKenzie, A.D., Lacroix, G.M.A., Cleroux, C., Bowe, S., Graham, R.A. and Conacher, H.B.S. : Survey of arsenic in total diet food composites and estimation of the dietary intake of arsenic by Canadian adults and children. *J. AOAC Int.*, 76, 14-25 (1993)
 32. UNEP/FAO/WHO : *Assessment of dietary intakes of chemical contaminants*. UNEP, Nairobi (1992)
 33. National Research Council : *Recommended Dietary Allowances*. 10th ed., National Academic Press (1989)

(2000년 2월 11일 접수)