J. Fd Hyg. Safety 16(4), 315–323 (2001)

서울시내 수산시장에서 유통되고 있는 수산물의 비소(As), 카드뮴(Cd) 및 납(Pb)의 함량

차영섭 · 함희진† · 이재인 · 이정자
서울시 보건환경연구원

Heavy Metals in Fishery Products, Sold at Fish Markets in Seoul

Yeong-seop Cha, Hee-jin Ham†, Jae-in Lee, and Jung-ja Lee
Seoul Health & Environmental Research Institute, Seoul 138-701, Korea

ABSTRACT – This study was concentrated that the contents of heavy metals were estimated from 782 samples of sold fisheries in Seoul(33 species in fishes, 15 in bivalves, 12 in crustaceans and 10 in others) by Atomic Absorption Spectrometer. The contents of As, Cd and Pb [minimum~maximum (mean)] were N.D.~0.162 mg/kg(0.021), 0.001~0.120 mg/kg(0.014) and 0.015~0.499 mg/kg(0.111) in fishes, 0.003~0.311 mg/kg(0.052), N.D.~1.905 mg/kg(0.182) and 0.013~0.462 mg/kg(0.138) in bivalves, N.D.~0.328 mg/kg(0.042), 0.002~1.113 mg/kg(0.079) and 0.006~0.510 mg/kg(0.109) in crustaceans, N.D.~0.181 mg/kg(0.024), 0.001~0.214 mg/kg(0.033) and 0.010~0.877 mg/kg(0.118) in others respectively, bivalves were the highest than others. The average weekly intakes of three metals from sold fisheries took about 1.4~26.4% of PTWI (provisional tolerable weekly intakes) that FAO/WHO Joint Food Additive and Contaminants Committee had set to evaluate their safety.

Key words □ As, Cd, Pb, sold fisheries

인체에 비교적 독성이 강한 As, Cd, Hg, Pb 등은 생물체 본래의 구성성분이 아니고 동식물의 생육과정이나 식품의 가공, 제조 중에 외부에서 오염되어 들어가는 이른바 환경오염성 중금속(environmental heavy metal)이다.[1] 하지만, 우리 체내에 들어온 모든 금속이 그대로 축적되는 것은 아니며, 식품에 의해 섭취된 실제 흡수량은 식품의 종류, 건강상태 등에 따라 달라진다.[2] '98 국민영양 조사결과에 의하면 우리나라 국민의 일일 식품 섭취량은 약 1,100g으로 주요 식품 섭취량은 곡류 26.9%, 채소류 22%, 과실류 15.3%, 낙농제품 6.8%, 육류 5.3%, 어패류 5.1%, 서류 2.8%, 두류 2.4%, 난류 1.7% 그리고 해조류 0.6% 순으로 보고되고 있다.[3] 그러므로 이들 식품이 오염되어 있는 경우에는 국민건강에 큰 영향을 미칠 수 있다.

비소(As)는 의약품, 화장품 및 각종 식품첨가물과 같은 2차 산품 중에서 불순물로서 존재할 수 있는데, 생체 중에 ppb(parts per billion) 수준의 As가 존재한다고 알려져 있으며, 오줌 속의 As는 10ppb 수준이고 육상식물에 비해 해수생물 중의 As 화합물 함량이 현저히 높은 것도 있다고 한다.[4] Cd는 "이따이이따이"병의 원인으로 잘 알려져 있는 중금속으로 특히 카드뮴의 오염은 유전자의 돌연변이 유발원, 발암원 및 생식기의 기능 장애원 등으로 작용하는 경우가 있으므로 중요시되고 있다. Pb의 체내 흡수는 호흡기계에 의한 흡수와 소화기계로의 흡수과정이 있는데, 체내에 흡수된 납은 연부 조직에 침착하기도 하지만 90% 이상은 골격에 축적된다.[5] 수산물은 주요한 단백질 공급원인 반면 납, 카드뮴, 비소 등의 가장 큰 폭로원이 되고 있다. 그래서 수산식품은 다른 식품에 대한 중금속 규제기준에 비교할 때 보다 높은 규제치들을 설정하고 있는데, 이는 수산 식품 중의 천연 함유량을 최대로 제외시키면서 식품의 제조 가공 및 수질오염에 의하여 들어가는 것을 규제하기 위한 것이다.[1]

본 연구는 시중에 유통되고 있는 수산물을 어류, 이매패류, 갑각류, 두족류등로 분류하고, 국내산, 수입산, 어획, 양식, 해역별로 조사하여 중금속함량의 차이를 파악하며, 이를 통해 시중에 유통되는 수산물의 식품 안전성을 평가하고자 유해 중금속 원소 중에서 As, Cd, Pb를 선정하여 분석하였다.

재료 및 방법

시험 재료

우리나라 연안에서 어획 또는 수입된 총 782건의 수산물 시료를 사용하였는데 어류 33종 256건, 이매패류 15종 312

†Author to whom correspondence should be addressed.

건, 갑각류 12종 91건 그리고 두족류 등이 10종 123건으로 분류되며, 2000년 1월부터 12월까지 서울시 가락동 농수산물 시장과 노량진 수산시장에서 수집하여 분석에 사용하였다.

시험 방법

Nitric acid, hydrochloric acid는 유해금속측정용 시약(Matunoen Chemical Ltd, Japan)을 사용하였고, 증류수는 물을 재 증류하고 탈 이온화한 후 사용하였으며, 각 금속의 표준원액은 농도 1mg/ml의 원자흡광분석용(Wako Pure Chemical Industry Ltd, Japan)을 사용하여 0.5N-HNO_3 용액으로 희석한 후 사용하였다.

수집한 수산물을 증류수로 가볍게 씻고 물기를 제거한 후 식용 가능한 부분만을 분리하고 균질하게 마쇄한 후 시료로 사용하였는데, 시료 5g을 취해서 예비 탄화시킨 후 진한 질산(1+1) 2 ml을 넣고 유기물질을 분해시켜 450°C의 회화로에 넣고 완전히 회화시켰고, 회화가 끝나면 회분을 물로 적시고 염산 2~4 ml를 가하여 건조장치에서 건조한 다음, 회화된 물질을 0.5N-HNO_3으로 용해하여 Toyo 5B 여과지로 여과한 후, 0.5N-HNO_3를 채워 50ml로 정용하였다.[6] 시료 중의 중금속 함량은 시료 생중량으로 산출하였으며, Pb, Cd는 atomic absorption spectrophotometer(SpectrAA 800, Varian Co., Australia)를 사용, graphite A.A.S.법(Atomic Absorption Spectrophotometry)으로 분석하였고, As는 flame vapor A.A.S 법으로 분석하였으며, 그 때의 분석 파장은 Pb는 283.3 mm, Cd는 228.8 nm 그리고 As는 193.7 nm로 하였다. 또한 각 중금속별 회수율은 시료와 동일한 방법으로 분석하였는데, As는 89.2%, Cd 92.1% 그리고 Pb 91.9%의 회수율을 보였다.

결과 및 고찰

어패류 등 총 782건의 수산물 시료를 분석한 결과, As의 평균함량은 0.036 mg/kg(N.D.~0.328 mg/kg), Cd의 평균함량은 0.091 mg/kg(N.D.~1.905 mg/kg), Pb의 평균함량은 0.123 mg/kg(0.006~0.877 mg/kg)이었고 그 결과는 Table 1에 나타내었다.

As의 분석결과

As의 분석결과 불검출율이 2.56%(20/782)이었는데, 이 중 어류는 3.13%, 갑각류 1.10% 그리고 기타 8.94%가 전혀 검출되지 않은 반면, 이매패류는 312건 모두 검출되었다. 어류에서의 As의 평균함량은 0.021 mg/kg(N.D.~0.162 mg/kg)였으며, 숭어와 도다리에서는 0.047 mg/kg로 가장 높았고, 대구(0.003 mg/kg)에서는 가장 낮았다. 지금까지 어류의 As 평균함량은 0.64~0.93 mg/kg으로 보고되어[7,8] 조사결과 이들보다 훨씬 낮은 값으로 나타났다. 어류에서의 As 분포율은 0.010 mg/kg 이하가 33.98%, 0.010~0.050 mg/kg가 57.03% 그리고 0.050 mg/kg 이상은 8.98%로 나타났다.

이매패류에서의 As의 평균함량은 0.052 mg/kg(0.003~0.311 mg/kg)이었으며, 비단조개에서는 0.085 mg/kg으로 가장 높게, 피조개에서는 0.032 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 김 등[9]은 굴 0.31~1.37 mg/kg, 바지락 0.51~1.96 mg/kg, 홍합 0.38~0.98 mg/kg 그리고 소라 1.19～3.13mg/kg의 As 검출을 보고하였다. 백 등[10]은 패류에서 As의 평균함량을 1.22 mg/kg으로 보고하여 본 실험의 결과는 이들보다 낮은 값으로 나타났다. 이매패류에서의 As 함량 분포는 0.010 mg/kg이하 9.29%, 0.010~0.050 mg/kg가 53.53%, 0.050~0.100 mg/kg가 25.32% 그리고 0.100 mg/kg 이상 11.86%를 차지했다.

갑각류에서의 As의 평균함량은 0.042 mg/kg(N.D.~0.328 mg/kg)이었으며, 홍새우가 0.091 mg/kg으로 가장 높은 값을, 중하에서 0.021 mg/kg로 가장 낮은 값을 나타냈다. 갑각류에서의 As 함량 분포는 0.010 mg/kg이하가 13.19%, 0.010~0.050 mg/kg가 63.74% 그리고 0.050 mg/kg 이상 23.07%를 차지했다. 일본에서는, 새우에서 0.25~17.50 mg/kg의 비소함량이 보고되어[11] 본 조사결과보다 높은 값으로 나타났다.

두족류 등 기타수산물에서 As의 평균함량은 0.024 mg/kg(N.D.~0.181 mg/kg)로 나타났고, 한치에서 0.036 mg/kg으로 가장 높았으며, 오징어에서 0.012 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 기타 수산물의 As 함량 분포는 0.010 mg/kg이하 33.33%, 0.010~0.050 mg/kg가 58.54% 그리고 0.050 mg/kg 이상 8.13%를 차지하는 것으로 나타났다. 일본에서는 오징어에서 0.20~15.00 mg/kg의 As가 검출되었다고 보고되어 본 조사 결과와는 차이를 보였다.[11]

어류, 이매패류, 갑각류 그리고 기타 수산물의 As의 함량을 위와 같이 살펴본 결과, 어류가 가장 낮고, 이매패류가 가장 높았으며, 이들 네 그룹의 Duncan's multiple range test에서 어류와 기타 수산물은 상호간에 유의한 차이가 없었으나, 이매패류는 다른 그룹 모두와 유의한 차이를 보였다 ($F(3, 778)=37.64$, $p<0.0001$, Table 1).

국내산과 수입산의 As 함량을 비교해 보면, 어류의 경우 0.021 mg/kg(N.D.~0.162 mg/kg), 0.020 mg/kg(N.D.~0.162 mg/kg), 이매패류의 경우 0.051 mg/kg(0.003~0.311 mg/kg), 0.074 mg/kg (0.006~0.289 mg/kg), 갑각류의 경우 0.043 mg/kg(N.D.~0.328 mg/kg), 0.037 mg/kg(0.005~0.141 mg/kg) 그리고 기타 수산물의 경우 0.021 mg/kg(N.D.~0.083 mg/kg), 0.041 mg/kg(N.D.~0.181 mg/kg)으로서 국내산과 수입산 수산물의 As 함량은 차이가 없었으나, 기타 수산물만 수입산이 유의하게 높은 결

Table 1-1. Heavy metal contents in fishes in Korea (Unit : mg/kg)

어 류(Fishes)	No. of Samples	As	Cd	Pb
가자미(Flounder)*Limanda herzensteini*	14	0.013(N.D.~0.033)	0.018(0.004~0.051)	0.102(0.029~0.183)
갈치(Cutlassfish)*Trichiurus lepturus*	13	0.014(N.D.~0.028)	0.014(0.001~0.059)	0.070(0.023~0.127)
고등어(Common mackerel)*Scomber japonicus*	16	0.035(0.004~0.162)	0.013(0.003~0.027)	0.146(0.037~0.297)
광어(Flatfish)*Paralichthys oivaceus*	3	0.020(0.008~0.035)	0.020(0.007~0.032)	0.083(0.063~0.105)
꽁치(Saury)*Cololabis saira*	13	0.020(0.004~0.034)	0.010(0.003~0.016)	0.113(0.040~0.243)
놀래미(Spotty belly greenling)*Hexagrammos agrammus*	2	0.020(0.011~0.029)	0.022(0.014~0.030)	0.101(0.042~0.160)
농어(Sea bass)*Lateolabrax japonicus*	4	0.016(0.006~0.028)	0.011(0.006~0.018)	0.077(0.039~0.102)
대구(Alaska cod fish)*Gadus macrocepgalus*	2	0.003(N.D.~0.006)	0.007(0.004~0.011)	0.091(0.041~0.140)
도다리(Finespotted flounder)*Pleuronichthys cornutus*	5	0.047(0.009~0.098)	0.011(0.006~0.014)	0.147(0.043~0.499)
도미(Red seabream)*Pagrus major*	12	0.020(0.006~0.038)	0.010(0.003~0.018)	0.108(0.038~0.202)
메기(Cat fish)*Silurus asotus*	2	0.025(0.021~0.028)	0.011(0.011~0.012)	0.102(0.099~0.104)
미꾸라지(Gunther)*Misgurnus mizolepis*	8	0.034(0.004~0.162)	0.022(0.007~0.047)	0.090(0.027~0.119)
민어(Brown croaker)*Miichthys miiuy*	4	0.015(0.010~0.023)	0.006(0.003~0.010)	0.056(0.035~0.088)
뱀장어(Common eel)*Anguilla japonica*	2	0.033(0.032~0.034)	0.023(0.011~0.036)	0.136(0.118~0.155)
병어(Butterfish)*Pampus argenteus*	20	0.016(N.D.~0.050)	0.009(0.001~0.018)	0.089(0.032~0.227)
까치복(Gga-chi-bog)*Fugu xanthopterus*	4	0.013(0.003~0.025)	0.024(0.016~0.044)	0.279(0.121~0.389)
부세(Yellow croaker)*Pseudosciaena crocea*	7	0.029(0.013~0.050)	0.032(0.006~0.106)	0.094(0.015~0.244)
붕어(Gold fish)*Carassius auratus*	3	0.024(0.021~0.027)	0.023(0.011~0.046)	0.117(0.029~0.176)
삼치(Spanish mackerel)*Scomberomorus niphonius*	18	0.010(N.D.~0.032)	0.013(0.006~0.024)	0.140(0.058~0.227)
명태(Alaska pollack)*Theragra chalcogramma*	18	0.014(N.D.~0.052)	0.016(0.005~0.120)	0.092(0.019~0.211)
서대(Red tongue sole)*Cynoglossus joyneri*	4	0.036(0.005~0.098)	0.029(0.010~0.054)	0.098(0.063~0.115)
숭어(Striped mullet)*Mugil cephalus*	9	0.047(0.014~0.162)	0.012(0.004~0.022)	0.111(0.071~0.175)
아귀(Fishing frog)*Lophiomus setigerus*	4	0.015(0.007~0.030)	0.014(0.008~0.028)	0.207(0.105~0.275)
옥돔(Red horsehead)*Branchiostegus japonicus*	4	0.029(0.001~0.074)	0.015(0.008~0.030)	0.063(0.041~0.084)
우럭(Armorclad rockfish)*Sebastes hubbsi*	8	0.015(0.004~0.032)	0.012(0.003~0.029)	0.097(0.048~0.142)
임연수어(Atka mackerel)*Pleurogrammus azonus*	10	0.011(0.001~0.023)	0.013(0.003~0.030)	0.133(0.089~0.232)
장대(Flathead)*Platycephalus indicus*	3	0.012(0.008~0.014)	0.020(0.006~0.043)	0.118(0.095~0.160)
전어(Gizzard shad)*Clupanodon punctatus*	5	0.029(0.010~0.082)	0.014(0.004~0.027)	0.191(0.131~0.282)
감성돔(Black porgy)*Acanthopagrus schlegeli*	2	0.034(0.034~0.035)	0.014(0.012~0.015)	0.100(0.095~0.105)
조기(Redlip croaker)*Pseudosciaena polyactis*	17	0.013(N.D.~0.034)	0.009(0.002~0.036)	0.074(0.027~0.139)
청어(Herring)*Clupea pallasii*	13	0.025(0.004~0.104)	0.015(0.004`0.067)	0.145(0.069~0.239)
학공치(Horn fish)*Hemiramphus sajori*	4	0.022(0.004~0.048)	0.006(0.001~0.012)	0.093(0.057~0.147)
홍어(Skate ray)*Raja kenojei*	3	0.030(0.016~0.039)	0.025(0.009~0.053)	0.090(0.043~0.122)
Subtotal	256	0.021(N.D.~0.162)	0.014(0.001~0.120)	0.111(0.015~0.499)

The values arae means(min~max) N.D. : not detected

과를 보였다($p<0.003$, Table 2).

시료가 어획되거나 양식된 해역에 따라 동해산, 서해산, 남동해산 그리고 남서해산으로 구분하여 As의 함량을 살펴본 결과, 어류의 As 함량에서는 0.019 mg/kg, 0.017 mg/kg, 0.021 mg/kg 그리고 0.028 mg/kg로 나타났으며, 남서해산의 어류가 타 해역에 비해 유의하게 높은 결과를 보였고, 동해산과 남동해산 어류는 차이가 없는 것으로 나타났으며($F(4, 251)=1.17$, $p<0.32$), 이매패류의 경우 0.094 mg/kg, 0.055 mg/kg, 0.052 mg/kg 그리고 0.047 mg/kg의 결과를 보여 동해산 이매패류에서만 유의하게 높은 결과를 나타내었다($F(4, 307)=2.04$, $p<0.088$). 또한, 기타 수산물의 경우 0.020 mg/kg, 0.017 mg/kg, 0.021 mg/kg 그리고 0.024 mg/kg의 결과를 보여 해역간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며($F(4, 117)=2.94$, $p<0.023$), 갑각류의 경우도 0.043 mg/kg, 0.065 mg/kg, 0.039 mg/kg 그리고 0.037 mg/kg의 결과로 나타나 해역별로 유의한 차이가 없었다(Table 3).

한편, 비소 화합물 중 무기비소는 축적독성을 나타내며, 아비산(As_2O_3)은 가장 강력한 독성을 가진 것으로 보고되고 있으나[12)13)], 해산물에 함유되어 있는 비소는 거의가 유기형이며, 당해 생물에 자연적으로 섭취되어 그 생물에 필요한 무

Table 1-2. Heavy metal contents in bivalves, crustaceans and others in Korea (Unit : mg/kg)

Classification	No. of Samples	As	Cd	Pb
이매패류(Bivalves)				
골뱅이(Whelk)*Buccimon striatissimum*	9	0.052(0.005~0.152)	0.040(0.003~0.120)	0.146(0.045~0.229)
굴(Oyster)*Crassostrea gigas*	31	0.039(0.006~0.182)	0.341(0.014~0.973)	0.132(0.077~0.233)
꼬막(Ark shell)*Tegillarca granosa*	28	0.052(0.004~0.311)	0.772(0.009~1.905)	0.128(0.058~0.306)
개조개(Shortnecked clam)*Saxidomus purpuratus*	31	0.048(0.003~0.155)	0.027(0.001~0.149)	0.143(0.057~0.319)
동죽(Surf clam)*Mactra veneriformis*	15	0.060(0.016~0.311)	0.068(0.006~0.141)	0.131(0.072~0.233)
맛(Gould)*Solen strictus*	16	0.065(0.009~0.211)	0.128(0.005~1.383)	0.177(0.029~0.383)
모시조개(Shortnecked clam)*Tapes japonica*	27	0.052(0.003~0.052)	0.051(0.0100~.174)	0.130(0.033~0.285)
바지락(Shortnecked clam)*Tapes philippinarum*	29	0.048(0.007~0.186)	0.087(0.009~0.599)	0.134(0.064~0.320)
백합(Shortnecked clam)*Meretrix lusoria*	19	0.062(0.003~0.289)	0.079(N.D.~0.168)	0.147(0.041~0.462)
비단조개(Pink butterfly shell)*Peronidia venulosa*	4	0.085(0.028~0.110)	0.299(0.010~0.406)	0.139(0.122~0.155)
소라(Turban shell)*Batillus cornutus*	34	0.074(0.004~0.219)	0.093(0.001~1.437)	0.134(0.013~0.434)
재첩(Marsh clam)*Corbucula fluminea*	9	0.065(0.006~0.101)	0.140(0.019~0.366)	0.159(0.049~0.336)
키조개(Pen shell)*Pectinata japonica*	8	0.054(0.017~0.184)	0.109(0.025~0.275)	0.128(0.069~0.226)
피조개(Ark shell)*Scapharca broughtonii*	17	0.032(0.007~0.136)	0.165(0.021~0.569)	0.141(0.054~0.447)
홍합(Mussel)*Mytilus coruscus*	35	0.037(0.008~0.113)	0.158(N.D.~0.693)	0.131(0.057~0.246)
Subtotal	312	0.052(0.003~0.311)	0.182(N.D.~1.905)	0.138(0.013~0.462)
갑각류(Crustaceans)				
가재(Crayfish)*Cambaroides similis*	2	0.023(0.021~0.025)	0.812(0.510~1.113)	0.129(0.084~0.174)
꽃게(Blue crab)*Portunus trituberculatus*	16	0.025(0.009~0.053)	0.133(0.018~0.681)	0.126(0.061~0.229)
대하(Fleshy shrimp)*Penaeus trituberculatus*	9	0.041(0.009~0.163)	0.053(0.013~0.147)	0.091(0.036~0.146)
민물새우(Oriental river prawn)*Macrobrachium niphonese*	3	0.027(0.010~0.036)	0.094(0.009~0.263)	0.066(0.049~0.089)
방게(Ashiharagani)*Helice tridens tridens*	6	0.076(0.010~0.135)	0.052(0.023~0.076)	0.146(0.075~0.241)
백새우(Japanese paste shrimp)*Acetes japonicus*	15	0.035(0.008~0.081)	0.018(0.002~0.031)	0.095(0.031~0.166)
보리새우(Banded shrimp)*Penaeus japonicus*	7	0.032(0.013~0.077)	0.015(0.002~0.036)	0.101(0.040~0.274)
생새우(Flexed shrimp)*Heptacarpus geniculatus*	3	0.027(0.011~0.041)	0.323(0.271~0.423)	0.066(0.038~0.084)
돌게(Shore crab)*Pachygrapsus crassipes*	6	0.068(0.036~0.163)	0.040(0.013~0.169)	0.094(0.054~0.202)
얼룩새우(Grass shrimp)*Penaeus monodon*	4	0.034(0.005~0.055)	0.025(0.006~0.055)	0.086(0.026~0.198)
중하(Shiba shrimp)*Metapenaeus joyneri*	9	0.021(N.D.~0.053)	0.024(0.011~0.043)	0.102(0.006~0.209)
홍새우(Hiodoshiebi)*Acanthephyra purpurea*	11	0.091(0.010~0.328)	0.019(0.006~0.040)	0.146(0.062~0.510)
Subtotal	91	0.042(N.D.~0.328)	0.079(0.002~1.113)	0.109(0.006~0.510)
기타(Others)				
<두족류(Cephalopoda)>				
갑오징어(Cuttle fish)*Sepia esculenta*	14	0.019(N.D.~0.047)	0.039(0.007~0.152)	0.124(0.045~0.233)
꼴뚜기(Beka squid)*Loligo beka*	8	0.014(N.D.~0.035)	0.076(0.015~0.184)	0.105(0.053~0.145)
낙지(Poulp squid)*Octopus minor*	17	0.041(N.D.~0.181)	0.024(0.002~0.100)	0.128(0.029~0.387)
문어(Common octopus)*Octopus dofleini dofleini*	8	0.028(N.D.~0.063)	0.014(0.003~0.039)	0.127(0.036~0.234)
오징어(Squid)*Todarodes pacificus*	12	0.012(N.D.~0.041)	0.045(0.007~0.115)	0.101(0.033~0.188)
쭈꾸미(Webfoot octopus)*Octopus ocellatus*	19	0.026(N.D.~0.083)	0.029(0.001~0.160)	0.121(0.017~0.361)
한치(Arrow squid)*Doryteuthis bleekeri*	7	0.036(0.003~0.089)	0.033(0.011~0.060)	0.110(0.017~0.160)
<원색동물(Protochodata)>				
멍게(Sea squirt)*Halocynthia roretzi*	6	0.025(0.007~0.044)	0.018(0.004~0.033)	0.073(0.016~0.135)
미더덕(Eboya)*Stylela clava herdman*	27	0.020(N.D.~0.065)	0.032(0.001~0.214)	0.136(0.010~0.877)
<극피동물(Echinodermata)>				
해삼(Seacucumbers)*Stichopus japonicus*	5	0.014(N.D.~0.035)	0.014(0.002~0.019)	0.088(0.041~0.156)
Subtotal	123	0.024(N.D.~0.181)	0.033(0.001~0.214)	0.118(0.010~0.877)
Total	782	0.036(N.D.~0.328)	0.091(N.D.~1.905)	0.123(0.006~0.877)

Table 2. Heavy metal contents in imported and domestic fisheries (Unit : mg/kg)

Class		No. of Samples	As	Cd	Pb
Fish	domestic	171	0.021(N.D.~0.162)	0.013(0.001~0.067)	0.116(0.023~0.499)
	imported	85	0.020(N.D.~0.162)	0.016(0.001~0.120)	0.101(0.015~0.389)
Bivalvia	domestic	302	0.051(0.003~0.311)	0.182(N.D.~1.905)	0.137(0.013~0.462)
	imported	10	0.074(0.006~0.289)	0.180(0.019~0.456)	0.142(0.049~0.336)
Crustacea	domestic	79	0.043(N.D.~0.328)	0.080(0.002~1.113)	0.111(0.006~0.510)
	imported	12	0.037(0.005~0.141)	0.051(0.006~0.134)	0.098(0.026~0.198)
Others	domestic	104	0.021(N.D.~0.083)	0.033(0.001~0.214)	0.115(0.010~0.877)
	imported	19	0.041(N.D.~0.181)	0.032(0.002~0.160)	0.142(0.029~0.387)

Table 3. Heavy metal contents in each domestic harvested areas in Korea (Unit : mg/kg)

Class	Harvested area	No. of Samples	As	Cd	Pb
Fish					
	East sea	35	0.019(N.D.~0.104)	0.012(0.001~0.067)	0.131(0.040~0.282)
	West sea	35	0.017(N.D.~0.050)	0.015(0.001~0.051)	0.098(0.029~0.215)
	Southeast sea	63	0.021(N.D.~0.162)	0.012(0.003~0.027)	0.123(0.029~0.259)
	Southwest sea	38	0.028(N.D.~0.162)	0.014(0.003~0.059)	0.109(0.023~0.499)
Bivalvia					
	East sea	5	0.094(0.028~0.130)	0.243(0.010~0.406)	0.159(0.122~0.239)
	West sea	105	0.055(0.003~0.311)	0.094(N.D.~1.383)	0.141(0.029~0.462)
	Southeast sea	31	0.052(0.004~0.219)	0.214(0.010~0.953)	0.132(0.068~0.262)
	Southwest sea	161	0.047(0.003~0.311)	0.231(N.D.~1.905)	0.135(0.013~0.447)
Crustacean					
	East sea	15	0.043(N.D.~0.328)	0.103(0.009~1.113)	0.124(0.006~0.510)
	West sea	34	0.065(0.025~0.163)	0.097(0.006~0.510)	0.119(0.084~0.216)
	Southeast sea	6	0.039(0.008~0.135)	0.058(0.002~0.423)	0.099(0.031~0.278)
	Southwest sea	24	0.037(0.005~0.141)	0.051(0.006~0.134)	0.098(0.026~0.198)
Others					
	East sea	23	0.020(N.D.~0.083)	0.031(0.003~0.115)	0.108(0.017~0.234)
	West sea	12	0.017(N.D.~0.042)	0.024(0.007~0.105)	0.097(0.029~0.186)
	Southeast sea	38	0.021(N.D.~0.065)	0.030(0.001~0.214)	0.122(0.010~0.877)
	Southwest sea	31	0.024(N.D.~0.083)	0.043(0.001~0.184)	0.120(0.017~0.358)

독한 화합물형으로 변한 것이기 때문에 인체에 거의 무해하다고 알려져 있다.[14,15]

어패류 중 비소함량을 규제하는 나라는 호주, 뉴질랜드, 태국, 핀란드 그리고 캐나다 등이고 이 가운데 호주와 뉴질랜드는 독성이 강한 무기비소에 대하여만 규제를 하고 있다.[16]

우리나라도 자연함량을 제외한 식품 중의 비소함량을 아비산(As_2O_3)으로 환산한 값으로 고체식품(1.5 mg/kg이하), 액체식품(0.3 mg/kg이하) 그리고 조미식품(1.5 mg/kg이하)로 설정했었으나[17], 현재는 식품공전 규격에서 제외시켜 비소에 대한 규제기준을 설정하지 않고 있다. FAO/WHO(food agricultural organization/world health organization) 에서는 식품을 통한 비소 섭취량에 대한 안전성 평가는 독성이 강한 무기비소에 대해서만 체중 kg당 15 μg으로 정하고 있다.[16]

Cd의 분석결과

Cd의 분석결과 어류에서의 Cd의 평균함량은 0.014 mg/kg(0.001~0.120 mg/kg)였으며, 부세가 0.032mg/kg로 가장 높았고, 민어와 학공치(0.006 mg/kg)가 가장 낮았다. 어류의 Cd의 분포율은 0.010 mg/kg 이하 45.70%, 0.010~0.050 mg/kg 51.17%, 0.050 mg/kg 이상 3.13%로 나타났다. 지금까지 어류에서 Cd 평균함량은 0.01~0.03 mg/kg으로 보고되었고,[8,18,19] 소 등[20]은 가자미 N.D.~0.027 mg/kg, 갈치 N.D.~0.059 mg/kg, 고등어 N.D.~0.042 mg/kg 그리고 꽁치 0.003~0.053 mg/kg로 보고하여 본 실험의 결과와 일치함을 보여 주었다.

이매패류에서의 Cd의 평균함량은 0.182 mg/kg(N.D.~1.905 mg/kg)이었으며, 꼬막이 0.772 mg/kg으로 가장 높았고, 개조개가 0.027 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 이매패류에

서의 Cd 함량 분포는 0.10 mg/kg이하 61.54%, 0.10~0.50 mg/kg 30.77%, 0.50~1.0 mg/kg 5.45% 그리고 1.0 mg/kg 이상 2.24%를 나타냈다. 김 등[21]은 굴 0.02~1.15 mg/kg, 바지락 0.07~0.49 mg/kg 그리고 홍합 0.02~0.37 mg/kg의 Cd가 검출되었다고 보고하였다. 김 등[9]은 굴 N.D.~1.630 mg/kg, 모시조개 0.015~0.200 mg/kg 그리고 소라 0.005~ 0.314 mg/kg가 검출되었다고 하였으며, 소 등[20]은 굴 0.02~1.71 mg/kg, 바지락 0.02~0.49 mg/kg, 꼬막 0.11~1.93 mg/kg 그리고 홍합 0.02~0.37 mg/kg의 Cd가 검출되었다고 보고함으로써 본 실험의 결과와 유사한 것으로 나타났다. 한편, Cd 함량은 이매패류에서 다른 종류에 비해 높게 나타났는데, Ishii et al.[22]은 패류 중의 Cd 함량은 0.2~3 mg/kg이상의 양이 검출되었다고 했으며, Capar[23]도 0.5~2.2 mg/kg까지 검출되었다고 보고하였다. 패류가 Cd를 흡착하는 방법으로는 체 표면을 통한 흡착, 플랑크톤의 먹이 섭취 그리고 무기성 부유물질 섭취 등에 의한다고 알려져 있다[24]. 또한 패류는 체내에서 특이적으로 Cd를 농축하는 기구가 있어 패류의 간장 중에는 30~50 mg/kg의 Cd가 축적되었다는 보고[4]도 있다.

갑각류의 Cd 평균함량은 0.079 mg/kg(0.002~1.113 mg/kg)이었으며, 가재에서 0.812 mg/kg으로 가장 높은 값을, 보리새우에서 0.015 mg/kg로 가장 낮은 값을 나타냈다. 갑각류에서의 Cd의 함량 분포는 0.010 mg/kg이하 9.89%, 0.010~0.050 mg/kg 64.84% 그리고 0.050 mg/kg 이상 25.27%를 차지했다. 본 실험에서는 새우의 Cd 함량이 0.271~0.423 mg/kg이었으며, 일본에서의 검출량 0.01~0.11 mg/kg보다 낮은 값을 보였다.[11]

두족류 등 기타 수산물에서 Cd 평균함량은 0.033 mg/kg (0.001~0.214 mg/kg)로 나타났고, 꼴뚜기에서 0.076 mg/kg으로 가장 높았으며, 해삼과 문어에서 0.014 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 기타 수산물의 Cd 함량 분포는 0.010 mg/kg 이하 18.7%, 0.010~0.050 mg/kg 64.23% 그리고 0.050 mg/kg 이상 17.07%를 차지하는 것으로 나타났다. 본 연구결과에서 오징어의 Cd 함량은 0.007~0.115 mg/kg이었으며, 이 값은 일본에서의 오징어(0.01~0.63 mg/kg)보다는 다소 낮은 수치였다.[11]

어류, 이매패류, 갑각류 그리고 기타 수산물의 Cd의 함량을 위와 같이 살펴본 결과, 어류에서 가장 낮고, 이매패류에서 가장 높아 Duncan's multiple range test에서 어류와 기타 수산물, 기타 수산물과 갑각류 사이에는 유의한 차이가 없었으나, 이매패류는 다른 그룹 전체와 유의한 차이를 보였으며, 갑각류와 어류도 유의한 차이를 보였다($F(3, 778)= 21.92$, $p<0.0001$). Cd의 함량이 패류>갑각류>두족류 등 기타 수산물>어류 순으로 낮아지는 경향을 보이는 것은 앞에서 살펴본 As에서 나타난 경향과 같은 양상이었다(Table 1).

국내산과 수입산의 Cd 함량을 비교해 보면, 어류의 경우 0.013 mg/kg(0.001~0.067 mg/kg), 0.016 mg/kg 0.001~0.120 mg/kg), 이매패류의 경우 0.182 mg/kg(N.D.~1.905 mg/kg), 0.180 mg/kg(0.019~0.456 mg/kg), 갑각류의 경우 0.080 mg/kg(0.002~1.113 mg/kg), 0.051 mg/kg(0.006~0.134 mg/kg), 기타 수산물의 경우 0.033 mg/kg(0.001~0.214 mg/kg), 0.032 mg/kg (0.002~0.160 mg/kg)으로서 국내산과 수입산의 Cd 함량 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 2).

해역별 Cd의 함량을 동해산, 서해산, 남동해산 그리고 남서해산으로 구분하여 살펴본 결과, 어류에서는 0.012 mg/kg, 0.015 mg/kg, 0.012 mg/kg 그리고 0.014 mg/kg로 나타났고, 이매패류의 경우 0.243 mg/kg, 0.094 mg/kg, 0.214 mg/kg 그리고 0.231 mg/kg의 결과를 보였으며, 갑각류의 경우 0.103 mg/kg, 0.097 mg/kg, 0.058 mg/kg 그리고 0.051 mg/kg의 결과를 보였고, 기타 수산물의 경우 0.031 mg/kg, 0.024 mg/kg, 0.030 mg/kg 그리고 0.043 mg/kg의 결과로 나타내 해역별로는 유의한 차이들이 없는 것으로 나타났다 (Table 3).

Cd에 대한 외국의 규제치를 보면, 호주의 경우 어류 0.2 mg/kg, 연체류 2.0 mg/kg, 핀란드에서는 어류, 연체류 각각 0.1 mg/kg, 덴마크는 어류 0.05 mg/kg, 어류의 간, 갑각류, 연체류에서 각각 0.5 mg/kg, 홍콩에서는 굴, 게살, 어류 각각 2.0 mg/kg, 네덜란드는 어류 0.05 mg/kg, 갑각류 0.3 mg/kg, 연체류와 패류 각각 1.0 mg/kg 등이며, 한국의 경우는 2000년 9월 이후부터 패류에 대하여 2.0 mg/kg로 정하고 있다.[25]

본 조사의 결과 국내산과 수입산 그리고 해역에 따른 Cd 함량의 차이가 없는 것으로 보아 특정해역과 그 곳에 서식하는 수산물의 오염에 대한 증거는 찾을 수 없었으나, 분류별 비교에서는 이매패류에서 다른 그룹에 비해 높은 결과를 보이고 있다. 일부 패류에서는 최고 1.9 mg/kg의 Cd가 검출되어, 패류에 대한 규제기준인 2.0 mg/kg에 근접하는 경우도 있었다.

Pb의 분석결과

Pb의 분석결과 어류에서의 Pb의 평균함량은 0.111 mg/kg(0.015~0.499 mg/kg)이었으며, 까치복에서 0.279 mg/kg로 가장 높았고, 민어에서 0.056 mg/kg로 가장 낮았다. 어류에서의 Pb 분포율은 0.05 mg/kg 이하 16.02%, 0.050~0.10 mg/kg 32.03%, 0.10~0.15 mg/kg 33.98% 그리고 0.15 mg/kg 이상 17.97%로 나타났다. 백 등[26]은 어류에서 Pb의 평균함량을 0.38 mg/kg으로 보고하였으며, 소 등[20]은 가자미 0.28 mg/kg(0.10~0.81 mg/kg), 꽁치 0.28 mg/kg(0.07~0.71 mg/kg) 그리고 도미 0.26mg/kg(0.06~0.68 mg/kg)가 검출되었다

고 보고함으로써 본 실험의 결과보다 높은 값을 보였고, 서 등[19]은 연안 서식 어류에 함유된 Pb의 평균함량을 0.16 mg/kg으로 보고하여, 본 조사 결과와 동일하였다.

이매패류에서의 Pb의 평균함량은 0.138 mg/kg(0.013~0.462 mg/kg)로 나타났고, 맛에서 0.177 mg/kg으로 가장 높게, 키조개와 꼬막에서 0.128 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 패류에서의 Pb의 분포율은 0.1 mg/kg이하 36.86%, 0.1~0.15 mg/kg 29.17%, 0.15~0.20 mg/kg 16.67% 그리고 0.20 mg/kg이상 17.3%로 나타났다. 김 등[9]은 굴 0.08~1.20 mg/kg, 바지락 0.08~0.89 mg/kg, 홍합 0.02~1.01 mg/kg의 Pb가 검출되었다고 보고하였으며, 소 등[20]은 굴 0.06~1.51 mg/kg, 바지락 0.07~1.14 mg/kg, 꼬막 0.08~1.05 mg/kg 그리고 홍합 0.02~1.51 mg/kg의 Pb가 검출되었다고 보고함으로써 본 실험의 결과보다 다소 높은 값을 나타냈다. 김 등[21]은 Pb의 평균함량이 굴에서 0.134 mg/kg, 키조개 0.066 mg/kg 그리고 소라 0.031 mg/kg로 보고함으로써 본 실험 결과보다 낮은 값을 보였다.

갑각류에서의 Pb의 평균함량은 0.109 mg/kg(0.006~0.510 mg/kg)이었으며, 홍새우와 방게에서 0.146 mg/kg으로 가장 높은 값을, 민물새우에서 0.066 mg/kg로 가장 낮은 값을 나타냈다. 갑각류에서의 Pb의 분포율은 0.05 mg/kg 이하 13.19%, 0.050~0.10mg/kg 42.86%, 0.10~0.15 mg/kg 25.27% 그리고 0.15mg/kg 이상 18.68%로 나타나 일본의 조사 결과에 비해 다소 낮은 값으로 나타났다.[11]

기타 수산물에서 Pb의 평균함량은 0.188 mg/kg(0.010~0.877 mg/kg)로 나타났고, 미더덕이 0.136 mg/kg으로 가장 높았으며, 멍게가 0.073 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 기타 수산물의 Pb 분포율은 0.05 mg/kg 이하 12.2%, 0.050~0.10 mg/kg 38.21%, 0.10~0.15 mg/kg 26.83% 그리고 0.15 mg/kg 이상 22.76%로 나타났다. 일본 분석결과에 비해서는 전체적으로 다소 낮은 수치였다.[11]

어류, 이매패류, 갑각류 그리고 기타 수산물의 Pb 함량을 위와 같이 살펴본 결과, 갑각류에서 가장 낮고, 이매패류에서 가장 높았으며, 이들 네 그룹에 대한 Duncan's multiple range test에서 이매패류가 유의하게 높은 결과를 나타냈고, 기타 수산물, 어류, 갑각류 순으로 Pb 함량이 낮아지는 경향을 보여 앞에서 살펴본 As, Cd의 경우와는 다른 양상이었다 ($F(3, 777)=7.06$, $p<0.0001$, Table 1).

국내산과 수입산의 Pb 함량을 비교해 보면, 어류의 경우 0.116 mg/kg(0.023~0.499 mg/kg), 0.101 mg/kg(0.015~0.389 mg/kg), 이매패류의 경우 0.137 mg/kg(0.013~0.462 mg/kg), 0.142 mg/kg(0.049~0.336 mg/kg), 갑각류의 경우 0.111 mg/kg (0.006~0.510 mg/kg), 0.098 mg/kg(0.026~0.198 mg/kg) 그리고 기타 수산물의 경우 0.115 mg/kg(0.010~0.877 mg/kg), 0.142 mg/kg(0.029~0.387 mg/kg)으로서 국내산과 수입수산물의 Pb 함량은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 2).

해역별 Pb의 함량을 동해산, 서해산, 남동해산 그리고 남서해산으로 구분하여 살펴본 결과, 어류에서의 Pb 함량은 0.131 mg/kg, 0.098 mg/kg, 0.123 mg/kg 그리고 0.109 mg/kg로 나타났으며, 동해산 어류가 타 해역의 어류에 비해 유의하게 높은 결과를 보였다($F(4, 273)=1.17$, $p<0.136$). 한편, 이매패류의 경우 0.159 mg/kg, 0.141 mg/kg, 0.132 mg/kg 그리고 0.135 mg/kg의 결과를 보였고, 갑각류의 경우 0.124 mg/kg, 0.119 mg/kg, 0.099 mg/kg그리고 0.098 mg/kg의 결과를 보였으며, 기타 수산물의 경우 0.108 mg/kg, 0.097 mg/kg, 0.122 mg/kg 그리고 0.120 mg/kg의 결과로 나타나, 이매패류, 갑각류 그리고 기타 수산물은 해역별로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3).

수산물 중의 Pb에 대한 외국의 규제치를 보면, 호주의 경우 종류에 따라 1.5~5.5 mg/kg, 캐나다의 경우 어류 단백 0.5 mg/kg, 해산, 민물 어패류 각각 10 mg/kg, 덴마크의 경우 어류 0.3 mg/kg, 갑각류와 연체류 각각 1.0 mg/kg, 네덜란드는 어류와 갑각류 각각 0.5 mg/kg, 연체류와 패류 각각 2.0 mg/kg, 이탈리아의 경우 통조림 1.25~1.50 mg/kg, 연체류 2.0 mg/kg 등으로 국가별, 종류별로 다양한 농도범위를 보이고 있다.[25] 우리나라의 경우는 어류, 패류, 연체류에서 각각 2.0 mg/kg으로 설정하고 있는데, 본 실험에서 분석한 수산물 782건에 대한 Pb 함량은 국내 규제기준을 초과하는 시료는 없었다.

수산물 중금속에 대한 안전성평가

수산물 섭취를 통해 인체에 흡수되는 중금속에 대한 안전성을 평가하기 위해, 수산물을 통해 섭취되는 중금속의 양과 FAO/WHO에서 설정한 인체허용 1주간 섭취 잠정기준(PTWI : Provisional Tolerable Weekly Intake)을 비교하였다[16]. 본 연구의 수산물 중금속 분석함량과 보건복지부의 '98 국민영양조사결과의 일일 식품 섭취량 자료로부터 중금속의 섭취량을 산출하여, 이 값을 PTWI와 비교하여 수산물 중금속에 대한 안전성을 평가하였다.[3]

우리나라에서 어패류 섭취량이 가장 많은 연령대는 30~40대(84.6 g/인/일)이며, 여자(74.9 g/인/일)에 비해 남자(94.2 g/인/일)의 어패류 섭취량이 많다.[3] 따라서 여기에서는 30대 남자의 섭취량(94.2g/인/일)과 평균 체중(65kg)을 적용하여 일일 비소 섭취량을 산출하고 PTWI와 비교하였다. 비소 함량에 대한 PTWI는 15 μg inorganic As/kg body weight/week이다. 수산물에 대하여 무기비소 함량으로 최대허용기준을 설정하고 있는 나라는 호주와 뉴질랜드 (1.0 mg/kg)이다. 호주의 최대허용농도를 함유하는 수산물을 가정해 보면, 체중

65 kg인 사람이 일일 140 g 정도를 섭취했을 때 PTWI에 도달하게 된다. 그러므로 주간 비소 섭취량(μg total As/kg body weight/week)은 어류는 0.21 μg, 이매패류 0.53μg, 갑각류 0.43 μg 그리고 기타 수산물 0.24 μg이었으며, 전체평균으로는 0.37 μg으로써 PTWI와 비교하여 어류 1.4%, 이매패류 3.53%, 갑각류 2.9%, 기타 수산물 1.6% 그리고 평균 2.5% 정도로 낮은 수치를 보였다. 그러나 PTWI에서는 무기비소를 기준으로 설정한 값이고, 본 연구결과에서는 총 비소를 분석하였으므로 실제 무기비소의 섭취 비율은 이보다 낮을 것으로 사료된다. 우리나라에서는 무기비소에 대한 연구결과가 거의 없어서 비교할 수 없었으나, Muñoz et al.[27]은 수산물에서 총 비소에 대한 무기비소의 함량비가 0.02~6.88% 이었다고 보고하였으며, 수산물 중 총 비소에 대한 무기비소의 비율을 0.15~11%정도로 기록한 보고들[28][29]도 있다. 또한 수산동물이나 그 가공품에 함유된 총 비소의 50% 정도는 독성이 거의 없으며,[30] 유기비소인 arsenobetaine 형태로 존재한다는 보고[31]도 있다. 그러므로 수산물에 함유된 총 비소 중 무기비소의 비율을 10%정도로 추정하면 수산물을 통한 무기비소의 양은 위에서 살펴본 양보다는 1/10 정도로 적어질 것이다.

수산물 중 카드뮴 함량에 대한 국내의 최대허용기준은 2.0 mg/kg(패류)이며, FAO/ WHO 에서 설정한 카드뮴에 대한 PTWI는 7 μg Cd/kg body weight/week(체중 65 kg인 사람이 일일 32.5 g 정도를 섭취하면 도달할 수 있는 양) 이다. 우리나라에서 어패류를 가장 많이 섭취하는 연령대로 나타나는 30대 남자의 일일 식품 섭취량은 1573.4 g이며, 그 중 어패류의 섭취량은 94.2g으로써 전체 식품 섭취량 가운데 약 6%정도를 차지하는 것으로 보고되고 있다[3]. 여기에서 제시된 일일 식품 섭취량 자료와 본 연구에서 조사한 수산물의 Cd 함량을 적용하여 수산물을 통한 카드뮴의 주간 섭취량(μg Cd/kg body weight/week)을 구해 보면 어류에서 0.14 μg, 이매패류 1.85μg, 갑각류 0.80 μg 그리고 기타 수산물 0.33 μg이었으며, 평균치로는 0.92 μg으로 산출되어 카드뮴에 대한 PTWI와 비교할 때 어류 2%, 이매패류 26.4%, 갑각류 11.4%, 기타 수산물 4.7% 그리고 평균 13.4%를 점하고 있다. 그러므로 이매패류와 갑각류의 비율은 전체 식품 섭취량에 대한 어패류의 섭취 비율인 6%보다는 높은 비율을 차지하는 것을 알 수 있다. 이 수치가 어패류 섭취량인 94.2 g 전량을 패류 또는 갑각류만을 섭취한 것을 가정하여 산출한 값이지만, 경우에 따라서는 PTWI 보다 많은 양을 섭취할 가능성이 있으므로 패류 섭취량이 많을 것으로 예상되는 지역 주민들의 건강영향에 대한 깊이 있는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

수산물의 납 함량에 대한 국내의 최대허용기준은 어패류(연체류 포함)에서 2.0 mg/kg이며, FAO/WHO의 납에 대한 PTWI는 25 μg Pb/kg body weight/week(체중 65 kg인 사람이 하루에 116g을 섭취했을 때 도달하는 수치)이다. 이 수치를 적용하여 수산물을 통한 납의 섭취량(μg Pb/kg body weight/week)을 계산해 보면 어류에서 1.13 μg, 이매패류 1.40 μg, 갑각류 1.11 μg 그리고 기타 수산물 1.20 μg이었으며 평균치로는 1.25 μg으로, PTWI에 비해 어류 4.5%, 이매패류 5.6%, 갑각류 4.4%, 기타 수산물 4.8% 그리고 평균 5%를 차지하는 것으로 나타났다.

이상에서 살펴본 바와 같이 수산물의 중금속 함량과 식품 섭취량을 통해 산출한 중금속 섭취량을 FAO/WHO의 권고기준인 PTWI와 비교해 본 결과, 수산물로 인한 중금속 섭취량은 PTWI에 비해 1.4%~26.4%정도로 나타났다.

국문요약

우리나라 연안에서 어획, 또는 수입된 어류 33종 256건, 이매패류 15종 312건, 갑각류 12종 91건(총 782건), 기타 수산물 10종 123건의 시료를 대상으로 As, Cd 그리고 Pb의 함량을 A.A.S.로 분석한 결과, 어류에서는 0.021 mg/kg(N.D.~0.162 mg/kg), 0.014 mg/kg(0.001~0.120 mg/kg), 0.111 mg/kg(0.015~0.499 mg/kg), 이매패류의 경우 0.052 mg/kg(0.003~0.311 mg/kg), 0.182 mg/kg(N.D.~1.905 mg/kg), 0.138 mg/kg(0.013~0.462 mg/kg), 갑각류의 경우 0.042 mg/kg (N.D.~0.328 mg/kg), 0.079 mg/kg(0.002~1.113 mg/kg), 0.109 mg/kg(0.006~0.510 mg/kg) 그리고 기타 수산물의 경우 0.024 mg/kg(N.D.~0.181 mg/kg), 0.033 mg/kg(0.001~0.214 mg/kg), 0.118 mg/kg(0.010~0.877 mg/kg)으로 각각 나타나, 이매패류가 다른 종류에 비해 유의하게 높은 결과를 보였고($p<0.0001$), 국내의 최대허용농도 이하였으며, 수산물을 통해 섭취되는 비소, 납, 카드뮴의 주간섭취량을 분석한 결과 FAO/WHO에서 권장하는 PTWI에 비해 1.4~26.4% 정도인 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 이서래 : 식품의 안전성 연구. 이화여자대학교 출판부, pp. 141-184 (1993).
2. Reilly, C. : Metal contamination of food. Applied science publish Ltd., London, pp. 116122 (1991).
3. Ministry of Health and Welfare(Korea) : 98 National Nutrition Survey Report. pp. 4954, 107-120 (2000).
4. 日本藥學會編 : 衛生試驗法・註解. 金原出版(株), pp. 49-82 (1990).
5. 박연규 : 환경생물학. 대학서림, pp. 285, 295-299 (1995).
6. 식품의약품안전청 : 식품공전. 문영사, pp. 45-46, 별책 p. 63 (2000).
7. 조태웅, 김주완, 주덕균, 이길봉, 이숙자, 유덕열, 신부현 : 어류의 가식부위 중의 중금속 함량에 관한 조사연구. 인천시 보건연구소보, **2**, 46-52 (1986).
8. 권우창, 원경풍, 김준환, 김오한, 소유섭, 김영주, 박건상 : 식품 중의 미량금속에 관한 조사연구(연안 어류 중의 중금속 함유량에 관하여). 국립보건원보, **24**, 733-745 (1987).
9. 김길생, 이종옥, 소유섭, 서석춘, 강혜경, 서정숙, 김미희 : 식품 중의 미량금속에 관한 조사 연구. 국립보건원보, **27**, 388-397 (1990).
10. 백덕우, 권우창, 원경풍, 김준환, 김오한, 소유섭, 김영주 : 식품 중의 금속에 관한 조사연구(연안패류 중의 중금속 함유량에 관하여). 국립보건원보, 23, 589-610 (1986).
11. 김선태, 박경수, 박제안, 심의섭, 허영회, 임현의 : 어패류 중의 유해 중금속의 미량분석법 연구보고서. 국립수산진흥원, pp. 1-57 (1997).
12. Reilly, C. : Metal contamination of food. Applied Science Publishers, London, pp. 116-122 (1980).
13. WHO : Arsenic. Environmental Health Criteria No. 18, WHO, Geneva, pp. 43-50 (1989).
14. 吉田多摩夫 : 食物連鎖および生物濃縮. 日本食品衛生學雜誌, 16, 345-351, (1976).
15. 野喜正夫 : 食品衛生學. 朝食書店, 東京, pp. 395-396 (1984).
16. FAO : Summary of evaluations performed by the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives(JECFA). ILSI, Geneva, pp. 35-59 (1994).
17. 식품의약품안전청 : 식품공전. 문영사, p. 31 (1999).
18. 한선희 : 시판어류 중의 Cd과 Zn 함량에 관하여. 서울시보건연구소보, 15, 59-67 (1979).
19. 서윤수, 이홍재, 박종겸, 김민호, 이정희 : 연안서식 어패류 및 해저퇴적물 중의 유해중금속 함량에 관하여. 국립환경연구원보, 9, 167-182 (1987).
20. 소유섭, 김정수, 정소영, 김미혜, 홍무기 : 우리나라 어패류 중 미량금속 함량 및 안전성 평가. 한국식품영양과학회지, 29, 549-554 (2000).
21. Kim, Y.C. and Han, S.H. : A study on heavy metal contents of the fresh water fish and the shellfish in Korea. *J. Food Hygiene and Safety, Korea*, **14**, 305-318 (1999).
22. Ishii, T., Hirano, S. and Matsuba, M. : Metal contamination of food. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish*, **46**, 1375-1380 (1980).
23. Capar, S.G. : A summary on heavy metal contents of the shellfish. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.,* **60**, 14001407 (1977).
24. Phillips, D.J. : The use of biological indicator organisms to monitor trace metals pollution in marine and environments. *Environ. Pollut.*, **13,** 146-159 (1984).
25. 김연천, 한선희 : 국내 유통 민물어류와 연안산 패류의 중금속 함량에 관한 조사. 한국식품위생안전성학회, **14**, 305-318 (1999).
26. 백덕우, 권우창, 신광훈, 김준환, 김오한, 소유섭, 박건상, 안장수 : 어류 중의 미량금속 분포에 관한 조사연구. 국립보건원보 **22**, 589-610 (1985).
27. Muñoz, O., Devesa, V., Suner, M.A., Velez, D., Montoro, R., Urieta, I., Macho, M.L. and Jalon, M. : Total and inorganic arsenic in fresh and processed fish products. *J. Agric. Food Chem.,* **48**, 4369-4376 (2000).
28. Lopez, J.C., Reija, C., Montoro, R., Cervesa, M.L. and Guardia, M. : Determination of inorganic arsenic in seafood products by microwave assisted distillation and atomic absorption spectrometry. *J. Anal. At. Spectrum.,* **9**, 651-656 (1994).
29. Muñoz, O., Velez, D. and Montoro, R. : Optimization of the solubilization, extraction and determination of inorganic arsenic [As(III)+As(V)]in seafood products by acid digestion, solvent extraction and hydride generation atomic absorption spectrometry. *Analyst.,* **124**, 601-607 (1999).
30. Sabbioni, E., Fishbach, M., Pozzi, G., Pietra, R., Gallorini, M. and Piette, J.L. : Cellular retention, toxicity and carcinogenic potential of seafood arsenic. I. Lack of cytotoxicity and transforming activity of arsenobetaine in the BALB/3T3 cell line. *Carcinogenesis,* **12**, 12871291 (1991).
31. Velez, D. and Montoro, R. : Arsenic speciation in manufactured seafood products. *J. Food Prot.,* **61**, 1240-1245 (1998).