J. Fd Hyg. Safety 18(3), 125–132 (2003)

우리나라 남해안산 패류의 중금속 함량

김지회† · 임치원 · 김평중 · 박정흠
국립수산과학원

Heavy Metals in Shellfishes Around the South Coast of Korea

Ji Hoe Kim†, Chi Won Lim, Pyoung Joong Kim and Jeong Heum Park
National Fisheries Research and Development Institute, Gijang, Busan 619-902, Korea

ABSTRACT – The levels of heavy metals (total-mercury, cadmium, lead and chromium) in shellfishes, such as oyster (*Crassostrea gigas*), blue mussel (*Mytilus edulis*), arkshell (*Scapharca broughtonii*) and little neck clam (*Ruditapes philippinarum*), were determined. The samples were collected from 11 stations for oyster and 12 stations for blue mussel in the South Coast of Korea, and little neck clam and arkshell were collected from Koheung and the Kangjin Bay, respectively, during 1999 to 2000. The average concentrations of heavy metal in 4 different species of shellfishes analyzed were ranged from 0.007 to 0.009 μg/g for total-mercury; 0.232 to 0.559 μg/g for cadmium; 0.107 to 0.220 μg/g for lead; and 0.116 to 0.364 μg/g for chromium on wet basis. The highest level of total-mercury, lead, cadmium, and chromium in the samples analyzed were all below the quarantine limit of the Korean regulation and guideline established by the U.S. Food and Drug Administration for human consumption. The levels of heavy metals in the samples were negligible, which could be endogenous. It was elucidated that oyster was able to accumulate 2-times more cadmium than blue mussel in this study.

Key words: Heavy metals, Shellfish, Oyster, Blue mussel, Arkshell, Little neck clam

우리나라의 패류 생산량은 연간 약 30만톤(2000년)에 이르고, 그 중 굴, 바지락, 진주담치(홍합) 및 피조개가 총 256,000톤으로 약 85%를 점하고 있으며, 이들 양식 패류는 경남과 전남 등 남해안에서 많이 생산되고 있다[1]. 이들 남해안에서 생산되는 양식 패류는 국내 소비는 물론 일본, 미국 및 EU 등지로 수출되는 주요 수산물의 품종이기도 하여, 국가에서는 패류의 수출 지원을 위하여 남해안의 일부 수역을 '수출용 패류생산 지정해역'으로 설정하여 관리하고 있다(수산물품질관리법 및 동법 시행규칙).

패류는 이동성이 거의 없고, 여과섭취 활동을 통하여 주위의 해수 중에 부유하는 각종 유 · 무기물을 섭취하고 있으며, 이 과정에서 해수 중의 현탁물과 함께 중금속도 흡수 축적하는 것으로 생각되고 있다[2,3]. 중금속은 미량금속의 동의어로도 사용되고 있는데, 인간이나 동물의 체내에서 철과 등량(약 60 μg/g)이거나 혹은 그 보다 소량으로 존재하는 원소를 지칭하며, 이들 중에는 아연이나 구리와 같이 필수 미량원소가 있는가 하면 납, 카드뮴, 수은 등과 같이 저농도에서도 생체에 독성을 나타내는 유독성 중금속도 있다[3,4]. 일반적으로 중금속이라 하면 과거 일본에서 발생한 수은 중독증(Minamata disease)과 카드뮴 중독증(Itai itai disease)을 연상하게 될 만큼 수은, 카드뮴 및 납 등 유해성 중금속의 위해성은 잘 알려져 있다.

지금까지 우리나라에서 패류의 중금속 오염실태에 관한 조사보고는 다수 있었으나 위생 안전성 측면에서 조사는 대부분 시중에 유통되고 있는 것에 대한 결과로서 실제 정확한 생산해역은 파악되지 못하고 있는 실정이다[5-8]. 또한 우리나라 남해안에 서식하는 패류의 중금속 함량에 관하여 Lee and Lee[9], Hwang et al.[10-12] 그리고 Choi et al.[13] 등의 연구가 있었으나 상당기간 이전에 조사된 결과이며, 최근의 패류 생산해역에서의 오염실태에 대해서는 잘 알려져 있지 않다.

본 조사는 패류의 중금속 오염 실태를 파악하여 연안산 수산물의 식품 위생학적 안전성 확보를 위한 자료로 제공하기 위하여 우리 나라 남해안의 주요 패류 양식장에서 생산되는 굴, 진주담치, 바지락 및 피조개의 수은(Hg), 카드뮴(Cd), 납(Pb) 및 크롬(Cr)의 함량을 측정하고 과거 저자들의 연구실에서 조사한 결과와 비교하였다.

재료 및 방법

시료 채취

패류 채취지점은 해역의 주변 특성과 양식장 분포 등을

†Author to whom correspondence should be addressed.

감안하여 경남의 진해만 4개소, 통영일원 7개소, 남해일원 3개소, 그리고 전남의 가막만 3개소, 고흥일원 2개소 등 총 19개소를 설정하여(Fig. 1), 1999년 2월부터 2000년 11월까지 분기별로 1회씩 시료를 채취하였다. 분석에 사용된 굴(*Crassostrea gigas*)은 수하식 양식장 11개소에서 채취하였고, 진주담치(*Mytilus edulis*)는 12개소에서 채취하였는데 이 때 진주담치 양식장이 아니더라도 굴 수하연에 진주담치가 동시에 부착한 경우에는 굴과 함께 채취하였다. 바지락(*Ruditapes philippinarum*)은 전남 고흥군 나로도 연안에서, 피조개(*Scapharca broughtonii*)는 경남 남해군 강진만에서 각각 채취하였다.

채취한 패류는 플라스틱제 솔로 패각에 부착되어 있는 협잡물 등을 깨끗이 제거하고, 현장의 해수로 씻은 후 폴리에틸렌 주머니에 넣어 스티로폼 용기에 담아 얼음을 채워 10 ℃ 이하로 유지하여 실험실로 운반하였다.

시료 조제 및 중금속 정량

분석에 사용한 시료는 개체에 따른 중금속의 변동을 최소화하기 위하여 패각에 상처가 없고 지점별로 유사한 크기의 활패 10개체 이상을 선택하여 탈각하고 패육을 취하였다. 얻어진 패육은 중량을 측정하고 Milli-Q 탈이온수로 육질 외부의 펄질을 가볍게 씻고 물기를 제거한 후 homogenizer로 30초간 균질화하여 분석에 사용하였다. 즉시 분석이 곤란한 경우, 시료는 폴리에틸렌 용기에 담아 -20℃에 냉동 보관하면서 수분함량과 중금속 분석에 사용하였다.

중금속 분석을 위한 처리는 산용액에 침지한 conical beaker에 균질화한 시료 약 30~40 g을 취하고 진한 질산 50 mL을 가한 다음 하룻밤 방치하였다. 그리고 가열판에서 반응액이 미황색으로 될 때까지 가열한 후 산을 증발시키고, 0.5 N 질산용액 20 mL로 재용출한 후 여과한 다음 탈이온수로 100 mL로 정용하여 분석용 시험용액으로 하였다[14-15]. 실험에 사용한 질산은 Supra-Pure급(Merck, Germany) 이었다.

중금속 함량의 분석은 수은의 경우 Gold-amalgam법에 의한 Mercury analyzer(Mildestone, AMA-254)를 사용하여 직접 측정하였고, 납은 Atomic absorbance analyzer (Varian, GFAAS, Model Spectra 880)로, 카드뮴과 크롬은 Inductively Coupled Plasma(ICP) Spectrometer(Hitachi, Model P-401)를 사용하여 각각 측정하였다. 이 때 본 시험 분석의 정밀도는 National Research Council of Canada의 Certified Reference Material(DOLT-2)과 중금속 표준용액을 첨가한 굴 시료를 상기한 바와 같이 처리 분석하여 90% 이상의 회수율을 확인하였다. 그리고 시료의 수분함량은 105℃의 상압 가열 건조법으로 측정하였다.

결 과

굴의 중금속 함량

우리나라 남해안 11개소의 패류 양식장에서 채취한 총 72

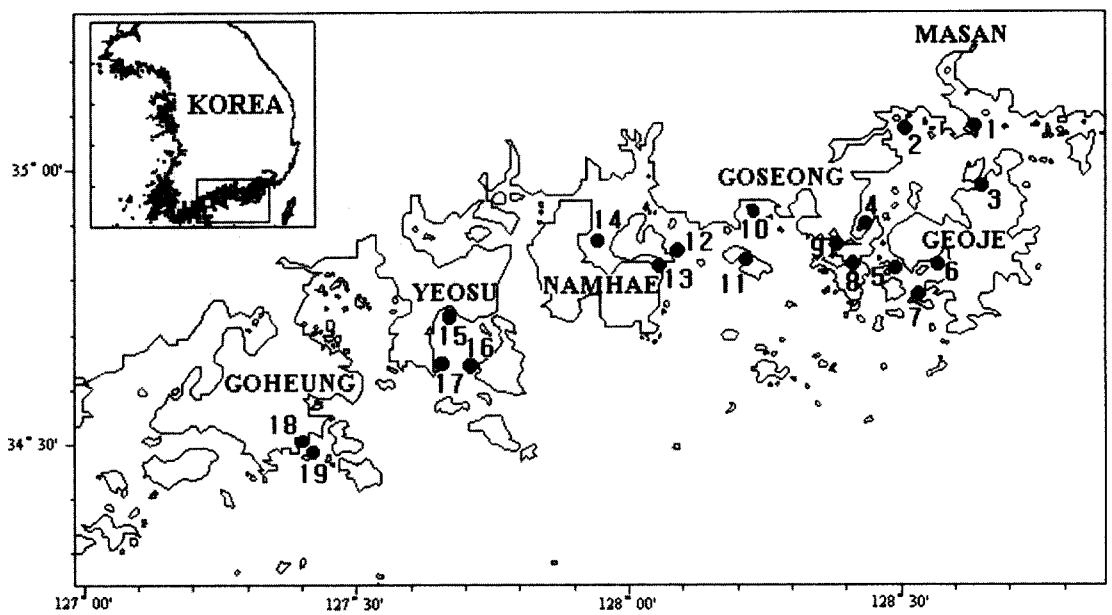

Fig. 1. Location of sampling stations.

개 굴 시료에 대한 유해 중금속 분석결과를 Table 1에 나타내었다.

굴에 함유된 중금속 함량의 범위는 수은이 0.004~0.015(평균 0.008) μg/g이었고, 카드뮴은 0.030~1.198(평균 0.519) μg/g, 납은 trace~0.864(평균 0.220) μg/g 그리고 크롬은 trace~0.849(평균 0.153) μg/g이었다.

각 채취지역별 중금속 함량의 차이를 보면 수은은 지역 간에 약간의 차이가 있었고, 그 외의 원소는 지역에 따라 차이가 심하였다. 마산시 진동에서는 납(평균 0.040 μg/g)과 크롬(평균 0.085 μg/g)의 함량이 전 조사지점에서 가장 낮았고, 통영시 북만에서는 이들 원소의 함량은 가장 높았다. 그러나 카드뮴의 함량은 거제시 하청에서 0.793 μg/g로 가장 높았고, 통영시 북만에서는 0.371 μg/g로 가장 낮았다. 또한 각 원소별로 동일 지역에 있어서도 조사시기에 따라서 차이가 심하였다.

진주담치의 중금속 함량

남해안 패류양식장의 12개 조사지점에서 채취한 총 75개 진주담치 시료에 대한 중금속 분석결과는 Table 2에 나타내었다.

진주담치의 중금속 함량범위는 수은이 0.002~0.020 (평균 0.008) μg/g이었고, 카드뮴은 0.097~0.617 (평균 0.257) μg/g, 납은 trace~0.984 (평균 0.214) μg/g 그리고 크롬은 trace~0.625 (평균 0.178) μg/g이었다.

각 채취지역별 중금속 함량의 차이를 보면 진해만의 하청에서는 수은(평균 0.005 μg/g), 납(평균 0.127 μg/g) 및 크롬(평균 0.103 μg/g)의 함량은 다른 지역에 비하여 낮았으나 카드뮴(평균 0.425 μg/g)은 오히려 높았고, 통영의 인평동에서는 카드뮴(평균 0.178 μg/g)의 함량은 낮았으나 수은(평균 0.012 μg/g)과 납(평균 0.369 μg/g)의 함량은 비교적 높았다. 여수시 소호동에서는 크롬(평균 0.287 μg/g) 함량이 가장 높아 지역에 따른 차이를 나타내었다. 그래서 진주담치 중의 수은, 납 및 크롬 등의 농도는 지역에 따라 차이는 있으나 통영 및 여수 등 도시 인접지점에서 대체로 높은 경향이었다.

바지락 및 피조개의 중금속 함량

경남 남해 강진만에서 채취한 피조개와 전남 고흥 나로도

Table 1. Concentrations of heavy metals in oysters, *Crassostrea gigas* from the south coast of Korea during 1999~2000

Site	Station No.	Concentration (μg/g), wet basis				Meat weight (g)	Moisture (%)	No. of samples
		Hg	Cd	Pb	Cr			
Jindong	2	0.005-0.006 (0.006)	0.253-0.713 (0.554)	trace-0.143 (0.040)	0.047-0.125 (0.085)	8.6-14.4 (11.5)	79.0-81.6 (80.2)	5
Hacheong	3	0.004-0.010 (0.006)	0.542-1.198 (0.793)	trace-0.550 (0.212)	0.074-0.196 (0.120)	11.5-20.5 (15.8)	77.8-81.0 (79.8)	6
Wonmun	4	0.004-0.014 (0.008)	0.323-0.814 (0.611)	trace-0.546 (0.144)	0.086-0.161 (0.120)	8.0-12.8 (10.9)	80.0-87.5 (83.0)	8
Eogu	5	0.005-0.015 (0.010)	0.247-0.562 (0.409)	0.105-0.781 (0.322)	0.143-0.184 (0.155)	5.3-20.3 (11.8)	78.0-84.7 (82.1)	7
Naegan	6	0.005-0.013 (0.009)	0.030-0.614 (0.388)	0.079-0.592 (0.254)	0.120-0.201 (0.173)	7.2-11.7 (9.7)	79.9-84.2 (81.6)	7
Chubong	7	0.005-0.015 (0.009)	0.266-0.985 (0.459)	0.057-0.621 (0.267)	0.110-0.259 (0.161)	6.3-14.3 (10.2)	79.4-85.3 (82.2)	8
Bukman	9	0.007-0.015 (0.010)	0.249-0.500 (0.371)	trace-0.864 (0.317)	trace-0.849 (0.250)	7.8-14.3 (10.9)	78.7-86.2 (82.4)	8
Jarando	10	0.005-0.015 (0.011)	0.329-0.986 (0.648)	trace-0.299 (0.152)	0.037-0.174 (0.122)	6.2-16.9 (12.3)	80.3-87.2 (82.6)	7
Dolsan	16	0.006-0.012 (0.008)	0.360-0.814 (0.575)	0.061-0.824 (0.253)	0.091-0.243 (0.154)	5.5-13.2 (10.4)	73.8-85.9 (80.8)	8
Hwayang	17	0.005-0.013 (0.008)	0.127-0.853 (0.461)	0.027-0.500 (0.153)	0.042-0.330 (0.165)	8.6-13.8 (11.0)	74.8-84.5 (80.1)	6
Goheung	18	0.007-0.007 (0.007)	0.381-0.408 (0.395)	trace-0.495 (0.248)	0.114-0.119 (0.117)	9.4-10.0 (9.7)	79.8-85.2 (82.5)	2
Overall		0.004-0.015 (0.008)	0.030-1.198 (0.519)	trace-0.864 (0.220)	trace-0.849 (0.153)	5.3-20.5 (11.3)	73.8-87.5 (81.6)	72

The numbers in the parenthesis represent average value.

Table 2. Concentrations of heavy metals in blue mussels, *Mytilus edulis* from the south coast of Korea during 1999~2000

Site	Station No.	Concentration (μg/g), wet basis				Meat weight (g)	Moisture (%)	No. of samples
		Hg	Cd	Pb	Cr			
Nanpo	1	0.002-0.014 (0.007)	0.150-0.330 (0.272)	0.012-0.984 (0.275)	0.095-0.194 (0.144)	4.3-16.4 (9.4)	77.3-84.7 (81.3)	8
Jindong	2	0.004-0.014 (0.009)	0.097-0.617 (0.373)	0.031-0.936 (0.329)	0.039-0.254 (0.133)	8.1-10.6 (9.1)	80.2-85.6 (84.0)	4
Hacheong	3	0.003-0.007 (0.005)	0.304-0.607 (0.425)	0.025-0.264 (0.127)	0.081-0.123 (0.103)	6.4-15.6 (9.6)	81.2-81.8 (81.5)	3
Eogu	5	0.010-0.012 (0.011)	0.171-0.216 (0.194)	0.222-0.315 (0.269)	0.171-0.182 (0.177)	5.9-9.5 (7.7)	84.1-85.2 (84.7)	2
Chubong	7	0.004-0.017 (0.010)	0.171-0.324 (0.242)	trace-0.284 (0.135)	0.143-0.259 (0.189)	5.3-18.1 (10.8)	78.6-84.5 (82.1)	6
Inpyeong	8	0.007-0.020 (0.012)	0.125-0.225 (0.178)	trace-0.560 (0.307)	0.138-0.301 (0.214)	3.8-13.0 (8.1)	76.5-86.5 (81.7)	8
Saryangdo	11	0.003-0.013 (0.007)	0.170-0.480 (0.318)	trace-0.488 (0.259)	0.095-0.264 (0.149)	4.8-13.2 (10.3)	77.9-83.5 (80.6)	8
Changseon	12	0.003-0.013 (0.006)	0.167-0.542 (0.274)	trace-0.501 (0.144)	0.094-0.208 (0.159)	4.3-16.6 (10.7)	78.9-85.3 (81.7)	8
Changseon	13	0.004-0.014 (0.007)	0.141-0.590 (0.274)	trace-0.499 (0.175)	trace-0.221 (0.136)	8.9-19.8 (12.1)	78.2-82.8 (80.9)	8
Soho	15	0.005-0.009 (0.006)	0.117-0.244 (0.186)	trace-0.185 (0.086)	0.093-0.625 (0.287)	3.7-11.4 (7.9)	78.0-83.5 (81.7)	8
Dolsando	16	0.004-0.015 (0.007)	0.155-0.327 (0.230)	trace-0.966 (0.280)	0.124-0.319 (0.209)	5.4-13.9 (8.8)	79.3-85.4 (81.8)	6
Hwayang	17	0.003-0.016 (0.007)	0.178-0.290 (0.214)	trace-0.525 (0.226)	0.147-0.223 (0.182)	5.6-10.8 (8.3)	76.6-83.9 (80.3)	6
Overall		0.002-0.020 (0.008)	0.097-0.617 (0.257)	trace-0.984 (0.214)	trace-0.625 (0.178)	3.7-19.8 (9.6)	76.5-86.5 (81.6)	75

The numbers in the parenthesis represent average value.

연안에서 채취한 바지락의 중금속 함량은 Table 3에 나타내었다.

피조개의 중금속 함량은 수은이 0.004~0.008 (평균 0.007) μg/g이었고, 카드뮴은 0.152~0.955 (평균 0.559) μg/g, 납은 0.089~0.228 (평균 0.149) μg/g 그리고 크롬은 0.092~0.159 (평균 0.116) μg/g이었다. 바지락의 중금속 함량은 수은이 0.006~0.014 (평균 0.009) μg/g이었고, 카드뮴은 0.046~1.145 (평균 0.232) μg/g, 납은 trace~0.476 (평균 0.107) μg/g 그리고 크롬은 0.037~0.775 (평균 0.364) μg/g이었다

굴과 진주담치의 중금속 함량 비교

패류의 품종에 따른 중금속 함량의 차이는 많은 시료에서 채취지역 및 시기가 상이하여 직접적으로 비교하는 것은 곤란하였다. 그래서 시료 채취시 수하연에 굴과 진주담치가 동

Table 3. Concentrations of heavy metals in little neck clam and arkshell from the south coast of Korea during 1999~2000

Site	Station No.	Samples	Concentration (μg/g), wet basis				Meat weight (g)	Moisture (%)	No. of samples
			Hg	Cd	Pb	Cr			
Gangjin	14	Arkshell	0.004-0.008 (0.007)	0.152-0.955 (0.559)	0.089-0.228 (0.149)	0.092-0.159 (0.116)	32.8-40.7 (37.0)	81.2-84.4 (82.4)	4
Koheung	19	Little neck clam	0.006-0.014 (0.009)	0.046-1.145 (0.232)	trace-0.476 (0.107)	0.037-0.775 (0.364)	3.1-8.3 (5.3)	78.6-84.7 (82.1)	8

The numbers in the parenthesis represent average value.

시에 부착하고 있었던 3개소 각 16개 시료만을 선정하여 지점별로 평균함량을 각각 비교하여 Table 4에 나타내었다.

각 원소별로 진주담치의 중금속 함량에 대한 굴의 함량을 비율로 나타내었을 때 수은은 0.80~1.33(평균 1.00)로 지역에 따라 약간의 차이는 있었으나 평균치로 볼 때 진주담치와 굴은 같은 수준이었다. 그러나 납은 0.64~2.32 (평균 1.21)로 지역 간에 차이가 대단히 심하였지만 평균치로 볼 때 굴이 진주담치보다 약간 높았던 반면, 크롬은 0.74~0.84 (평균 0.79)로 굴이 진주담치보다 그 함량이 약간 낮았다. 한편, 카드뮴은 1.87~2.46 (평균 2.18)으로 굴이 진주담치보다 2배 이상 축적율이 높아 품종에 따른 차이가 뚜렷하였다.

고 찰

수산물을 즐겨 섭취하는 우리나라에서 굴, 진주담치 등 패류는 대단히 중요한 동물성 단백질 공급원의 하나이다. 그러나 패류는 서식 환경해수 중에 용해되어 있는 특정한 금속이온을 먹이섭취 과정에서 용이하게 흡수 축적하므로[3] 근년 인구의 증가와 산업화에 따라 육상에서 발생한 각종 유해물질이 연안수역으로 유입되어 이러한 해역에 서식하는 패류를 오염시킬 우려가 있다. 세계 각국에서는 패류에 축적된 중금속으로부터 건강을 보호하기 위하여 수산물에 함유된 각각의 중금속에 대하여 기준치를 설정하여 관리하고 있다. 우리나라에서도 식품의 규격을 정하는 식품공전[16]에는 해산 패류의 중금속 허용 기준치로 수은 0.5 μg/g, 납과 카드뮴 각각 2.0 μg/g으로 설정하고 있고, 미국 Food and Drug Administration (FDA)에서는 패류에 대하여 카드뮴 4 μg/g, 납 1.7 μg/g, 크롬 13 μg/g을 각각 권고치로 설정하고 있다[17-19].

우리나라 남해안에서는 패류양식이 성행하고 있고, 이 해역에서 생산되는 굴, 진주담치, 바지락 및 피조개 등 패류에 대하여 식품위생학적인 측면에서 중금속 함량을 측정하였다. 경남 진해만에서 전남 고흥일원에 이르는 남해안 주요 패류양식장에서 채취한 4종 패류의 수은, 카드뮴, 납 및 크롬의 평균함량은 위에서 나타낸 우리나라의 중금속 허용기준치나 미국의 권고치를 훨씬 밑돌았고, 최고로 검출된 시료에 있어서도 이러한 기준치 또는 권고치를 초과하지 않았다. 또한 본 연구에서 나타난 남해안산 패류의 중금속 함량은 다른 연구에서 보고된 우리나라 시중에서 유통되고 있는 패류의 중금속 함량 범위와 크게 다르지 않았다[5-8]. 그리고 본 연구에서 밝혀진 굴, 바지락 및 피조개의 중금속 함량을 일본의 시중에서 유통 중인 패류의 중금속 함량과 비교할 때에도 대체적으로 약간 높은 경향은 있었으나 큰 차이는 아니었다[20,21].

패류의 중금속 원소별 함량은 종류에 따라서 차이가 있었고, 지역과 시기에 따라서도 차이를 나타내었다. 동일한 지역에서 같은 시기에 채취한 굴과 진주담치의 중금속 함량은 수은의 함량은 거의 차이가 없었고, 크롬은 진주담치에서, 납은 굴에서 함량이 약간 높은 경향이었으나 카드뮴은 굴이 진주담치보다 약 2배의 축적율을 나타내어 품종에 따른 차이가 뚜렷하였다(Table 4). 이러한 결과는 Hwang et al.[10]도 보고하여 굴은 진주담치와 비교하였을 때 카드뮴을 선택적으로 축적하는 것으로 사료된다. 그리고 지역에 따라서는 경

Table 4. Comparison of average concentrations(S.D.) of heavy metal between oysters, and blue mussels

Site (Station No.)	Samples	Concentration (μg/g), wet basis				No. of samples
		Hg	Cd	Pb	Cr	
Chubong (7)	Oyster	0.008 ± 0.004	0.453 ± 0.269	0.313 ± 0.189	0.159 ± 0.055	6
	Blue mussel	0.010 ± 0.005	0.242 ± 0.059	0.135 ± 0.117	0.189 ± 0.039	6
	Ratio[1)]	0.80	1.87	2.32	0.84	
Dolsan (16)	Oyster	0.008 ± 0.002	0.565 ± 0.121	0.306 ± 0.301	0.154 ± 0.051	6
	Blue mussel	0.007 ± 0.005	0.230 ± 0.059	0.280 ± 0.386	0.209 ± 0.075	6
	Ratio	1.14	2.46	1.09	0.74	
Hwayang (17)	Oyster	0.008 ± 0.004	0.452 ± 0.302	0.194 ± 0.211	0.143 ± 0.081	4
	Blue mussel	0.006 ± 0.003	0.199 ± 0.040	0.305 ± 0.148	0.181 ± 0.036	4
	Ratio	1.33	2.27	0.64	0.79	
Overall	Oyster	0.008 ± 0.003	0.495 ± 0.224	0.2810.232	0.153 ± 0.052	16
	Blue mussel	0.008 ± 0.004	0.227 ± 0.055	0.2320.254	0.194 ± 0.052	16
	Ratio	1.00	2.18	1.21	0.79	

1) The ratio expressed as average concentrations of oyaters/those of blue mussels.

남 진해만 하청지역의 굴과 진주담치는 다른 지역의 것에 비하여 카드뮴의 함량이 높았으며(Table 1 and 2), Lee and Lee[9]도 이 지역의 진주담치에서 카드뮴 함량이 다른 지역에 비하여 높다고 보고한 바 있다. 또한 통영이나 여수 등 도시 연안에서 채취한 진주담치에서는 다른 지역에 비하여 수은, 납, 크롬 등의 중금속이 대체적으로 높게 검출되었다. 이렇게 특이적으로 중금속 함량이 높게 검출되는 지역에 대해서는 생산 패류의 위생안전을 확보하기 위하여 지속적인 모니터링과 면밀한 조사가 필요한 것으로 사료된다.

한편, 미국에서 굴의 중금속 함량에 대한 조사결과[17-19]를 보면, 1978년 National Marine Fisheries Service(NMFS)에서 조사한 예에서는 굴(*Crassostrea virginica* 및 *C. gigas*)에서 카드뮴이 0.9~2.0 μg/g, 납이 0.6~0.7 μg/g 그리고 크롬이 0.3~0.4 μg/g으로 보고되었다. 그리고 1985~1986년 미국 FDA에서 미국 전 연안의 패류채취 허가해역에서 생산된 굴에 대한 조사에서는 *C. virginica*의 경우 카드뮴, 납 및 크롬이 각각 0.25~1.12 (평균 0.51) μg/g, 0.027~0.260 (평균 0.11) μg/g, 0.047~2.1 (평균 0.71) μg/g이었고, *C. gigas*의 경우는 각각 0.81~1.4 (평균 1.2) μg/g, 0.029~0.070 (평균 0.06) μg/g, 0.2~0.5 (평균 0.3) μg/g인 것으로 보고되었다. NMFS와 FDA에서 조사된 결과를 비교하면 카드뮴과 크롬은 차이가 거의 없었으나 납의 함량은 분석한 기관에 따라서 차이가 있었다. 이러한 결과 즉, 납의 함량이 1978년 조사결과보다 1985년의 조사결과에서 낮았던 것에 대하여 동 보고서에서는 조사시기가 7년이라는 시간적 차이가 있었기 때문에 그 동안 저감을 위한 노력으로 환경 중의 납농도가 감소하였거나 또는 이 기간 동안에 납 분석방법에 상당한 발전이 있었기 때문일 지도 모른다고 하였다. 본 연구에서 나타난 우리나라 남해안산 굴의 중금속 함량을 미국 FDA에서 1985~1986년에 조사한 결과와 비교하면 카드뮴은 비슷한 수준이었고, 납은 약간 높은 경향이었으나 크롬은 약간 낮은 경향이었다.

Table 5. Comparison of concentrations(/g, wet basis) of heavy metals in shellfish between present results and previous study

Samples	Location	Hg		Cd		Pb	
		1982-1985[1)]	1999-2000	1982-1985[1)]	1999-2000	1982-1985[1)]	1999-2000
Oyster	Eogu	< 0.16	0.005-0.015 (0.010)[2)]	0.19-0.61 (0.33)	0.247-0.562 (0.409)	0.14-0.51 (0.31)	0.105-0.781 (0.322)
	Naegan	< 0.16	0.005-0.013 (0.009)	0.22-0.86 (0.45)	0.030-0.614 (0.388)	0.09-0.73 (0.34)	0.079-0.592 (0.254)
	Chubong	< 0.16	0.005-0.015 (0.009)	0.25-0.71 (0.41)	0.266-0.985 (0.459)	0.11-0.78 (0.41)	0.057-0.621 (0.267)
	Bukman	0.003-0.011 (0.007)	0.007-0.015 (0.010)	0.31-0.46 (0.40)	0.249-0.500 (0.371)	0.19-0.28 (0.20)	trace-0.864 (0.317)
	Jarando	0.007-0.008 (0.008)	0.005-0.015 (0.011)	0.38-0.39 (0.39)	0.329-0.986 (0.648)	0.23-0.37 (0.30)	trace-0.299 (0.152)
	Dolsan	trace-0.026 (0.006)	0.006-0.012 (0.008)	0.29-0.40 (0.33)	0.360-0.814 (0.575)	0.12-0.69 (0.34)	0.061-0.824 (0.253)
	Hwayang	trace-0.017 (0.005)	0.005-0.013 (0.008)	0.21-0.55 (0.36)	0.127-0.853 (0.461)	0.10-0.70 (0.28)	0.027-0.500 (0.153)
Blue mussel	Eogu	< 0.16	0.010-0.012 (0.011)	0.10-0.41 (0.22)	0.171-0.216 (0.194)	0.14-0.49 (0.30)	0.222-0.315 (0.269)
	Chubong	< 0.16	0.004-0.017 (0.010)	0.07-0.27 (0.20)	0.171-0.324 (0.242)	0.20-0.27 (0.37)	trace-0.284 (0.135)
	Inpyeung	0.004-0.023 (0.013)	0.007-0.020 (0.012)	0.05-0.20 (0.12)	0.125-0.225 (0.178)	0.24-0.71 (0.38)	trace-0.560 (0.307)
	Saryangdo	0.001-0.014 (0.003)	0.003-0.013 (0.007)	0.16-0.36 (0.23)	0.170-0.480 (0.318)	0.21-0.52 (0.38)	trace-0.488 (0.259)
	Dolsando	trace-0.007 (0.004)	0.004-0.015 (0.007)	0.10-0.24 (0.22)	0.155-0.327 (0.230)	0.16-0.51 (0.30)	trace-0.966 (0.280)
	Hwayang	0.002-0.011 (0.006)	0.003-0.016 (0.007)	0.10-0.22 (0.18)	0.178-0.290 (0.214)	0.18-0.67 (0.32)	trace-0.525 (0.226)

1) The data from 1982 to 1985 were originated from Hwang et al.[10-12].
2) The numbers in the parenthesis represent average concentration.

그리고 우리나라 남해안에서 채취한 진주담치의 수은, 납, 카드뮴 및 크롬 등의 중금속 함량은 이탈리아의 Mar Piccolo 연안(Inonian Sea)의 담치(Mytilus galloprovincialis)와 칠레 남부 Laguna San Rafael 연안의 진주담치에서 검출된 농도보다 약간 낮은 경향이었다[22,23]. 바지락의 중금속 함량에 대하여 Lee et al.[24]은 경남 삼천포시(현 사천시) 대포리에서 1973년 조사결과에서 수은 0.003~0.038 (평균 0.018) μg/g, 카드뮴 0.009~0.038 (평균 0.023) μg/g, 납 0.096~0.921 (평균 0.445) μg/g으로 보고하여 본 연구의 나로도에서 나타난 결과(Table 3)와는 약간의 차이가 나타내었다. 이러한 것은 오염 때문이라기 보다는 분석 시기 및 지역의 차이 때문으로 사료된다.

한편, 저자들의 연구실에서 1983~1985년에 수행한 연구결과[10-12]와 본 연구에서 밝혀진 결과를 비교할 때 비록 10여년의 시간적인 차이를 두고 있지만 지역별로 조사연도에 따른 뚜렷한 변화는 확인되지 않았다(Table 5). 이러한 것은 그 동안에 패류 양식이 성행하고 있는 해역의 환경의 변화가 그다지 크지 않았다는 것을 반영하는 것으로 판단되며, 남해안 패류 양식장에 서식하는 패류의 중금속 함량은 자연농도 수준으로 사료된다.

감사의 말씀

본 연구는 국립수산과학원의 경상시험연구비로 수행된 결과의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

국문요약

1999년 2월부터 2000년 11월까지 남해안의 패류양식장에서 채취한 굴(*Crassostrea gigas*), 진주담치(*Mytilus edulis*), 바지락(*Ruditapes philippinarum*) 및 피조개(*Scapharca broughtonii*)의 수은, 카드뮴, 납 및 크롬 등 중금속 함량을 정량하고 굴과 진주담치간의 중금속 함량을 비교하였다. 남해안 11개소의 패류 양식장에서 채취한 굴의 중금속 함량은 평균치로 수은이 0.008 μg/g, 카드뮴이 0.519 μg/g, 납이 0.220 μg/g 그리고 크롬이 0.153 μg/g이었고, 12개소에서 채취한 진주담치의 함량은 각각 0.008, 0.257, 0.214 및 0.178 μg/g이었다. 전남 고흥군 나로도 연안에서 채취한 바지락의 중금속 함량은 평균치로 수은이 0.009 μg/g, 카드뮴이 0.232 μg/g, 납이 0.107 μg/g 그리고 크롬이 0.364 μg/g이었고, 경남 남해 강진만에서 채취한 피조개의 함량은 각각 0.007, 0.559, 0.149 및 0.116 μg/g이었다. 굴, 진주담치, 바지락 및 피조개에서 검출된 중금속의 함량은 최고치인 경우에 있어서도 우리나라의 해산 패류 중 중금속 허용기준치 및 미국의 패류에서의 중금속 농도 권고치를 초과하지 않았다. 동일한 지역에서 같은 시기에 채취한 굴과 진주담치는 수은의 함량은 거의 차이가 없었으나 카드뮴은 굴이 진주담치보다 약 2배의 축적율을 나타내어 품종에 따른 차이가 뚜렷하였다.

참고문헌

1. Ministry of Maritime Affairs & Fisheries: Statistical Year Book of Maritime Affairs and Fisheries. pp. 10811260 (2001) (in Korean).
2. Kamimura, S.: Influence of copper and zinc in food substance on the accumulation of cultured oysters. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **46**, 83-85 (1980) (in Japanese).
3. Philip, S.R.: Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, **31**, 183-192 (1995).
4. 土屋文安: 健康と微量元素をめぐる諸問題. 食品工業, 2下, 43-48 (1984).
5. Baik, D.W., Kwon, W.C., Won, K.P., Kim, J.H., Kim, O.H., Sho, Y.S., Kim, Y.J., Park, K.S., Seong, D.H., Seo, S.C. and Lee, K.J.: Study on the contents of trace elements in foods (on the trace element contents of shellfish in Korean coastal waters). *Kor. J. Food Hygiene*, **3**, 718 (1988) (in Korean).
6. Kim, Y.C. and Han, S.H.: A study on heavy metal contents of the fresh water fish, and the shellfish in Korean. *J. Food Hyg. Safety*, **14**, 305-318 (1999) (in Korean).
7. Sho, Y.S., Kim, J.S., Chung, S.Y., Kim, M.H. and Hong, M.K.: Trace metal contents in fishes and shellfishes and their safety evaluation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **29**, 549-554 (2000) (in Korean).
8. Cha, Y.S., Ham, H.J., Lee, J.I. and Lee, J.J. Heavy metals in fishery products, sold at fish markets in Seoul. *J. Food Hyg. Safety*, **16**, 315-323 (2001) (in Korean).
9. Lee, S.H. and Lee, K.W.: Heavy metals in mussels in the Korean coastal waters. *J. Ocean. Soc. Korea*, **19**, 111-117 (1984).

10. Hwang, G.C., Kim, S.J., Song, K.C., Wi, C.H. and Park, J.H.: Heavy metal concentration in oyster, *Crassostrea gigas* and blue mussel, *Mytilus edulis* in Hansan-K je Bay. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **37**, 201-223 (1986) (in Korean).
11. Hwang, G.C., Song, K.C., Wi, C.H., Park, J.H. and Kim, S.J.: Heavy metal concentration of sea water and shellfish in Kamak Bay. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **48**, 205-215 (1993) (in Korean).
12. Hwang, G.C., Song, K.C., Wi, C.H., Park, J.H. and Kim, S.J.: Heavy metal concentration of sea water and shellfish in Charanman-Saryangdo and Mirukdo area. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **48**, 217-225 (1993) (in Korean).
13. Choi, H.G., Park, J.S. and Lee, P.Y.: Study on the heavy metal concentration in mussels and oysters from the Korean coastal waters. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **25**, 495-494 (1992).
14. 한국해양학회: 해양환경공정시험방법. 국립수산진흥원, 316 pp. (1997).
15. 日本食品衛生協會: 食品衛生檢查指針. 理化學編, pp. 167-187 (1991).
16. 식품의약품안전청: 식품공전, pp. 45-46 (2000).
17. US FDA: Guidance Document for Cadmium in Shellfish. United States Food and Drug Administration, Washington, D.C., 44 pp. (1993).
18. US FDA: Guidance Document for Chromium in Shellfish. United States Food and Drug Administration, Washington, D.C., 40 pp. (1993).
19. US FDA: Guidance Document for Lead in Shellfish. United States Food and Drug Administration, Washington, D.C., 45 pp. (1993).
20. Ikebe, K., Tanaka, Y., Tanaka, R. and Kunita, N.: Contents of heavy metals in foods(). Contents of heavy metals in fishes, shellfishes, meats, poultries and whales. *J. Jap. Soc. Food Hyg.*, **18**, 86-97 (1977) (in Japanese).
21. Ikebe, K., Nishimune, T. and Tanaka, R.: Contents of 17 metal elements in food determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry - Fish and shellfishes. *J. Jap. Soc. Food Hyg.*, **32**, 336-350 (1991) (in Japanese).
22. Storelli, M.M., Storelli, A. and Marcotrigiano, G.O.: Heavy metals in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Ionian Sea, Italy. *J. Food Prot.*, **63**, 273-276 (2000).
23. Manly, R., Blundell, S.P., Fifield, F.W. and McCabe, P.J.: Trace metal concentrations in *Mytilus edulis* L. from the Laguna San Rafael, southern Chile. *Mar. Pollut. Bull.*, **32**, 444-448 (1996).
24. Lee, E.H., Ryu, B.H. and Yang, S.T.: Suitability of shellfish for processing. 2. Seasonal changes in heavy metal content of baby clam. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **8**, 85-89 (1975) (in Korean).