

전북 해안 지역별 패류의 중금속 함량

김인숙[†] · 한성희

원광대학교 식품영양학과

A Study of Heavy Metal Contents in Shellfishes of Various Areas in Jeonbuk

In-Sook Kim[†] and Sung-Hee Han

Dept. of Food and Nutrition, Wonkwang University, Jeonbuk 570-749, Korea

Abstract

This study was performed to investigate the contamination levels of harmful heavy metals that sampled from June. 1 to June. 31, 1999, at 3 areas in Jeonbuk west cost area. The heavy metal contents were determined by ICPS (Inductively Coupled Plasma Spectrometer) method. The levels of total lead, cadmium, aluminum, zinc and copper were determined and the results were summarized as follows: The minimum and maximum values (ppm) of 3 areas of shellfishes (shortneck clam, hard clam, cockle clam, snail and top shell) were Pb: 1.29~4.35, Cd: 0.12~0.37, Al: 9.45~54.06, Zn: 9.65~15.14, Cu: 0.62~1.64 ppm. Among the five heavy metals contents, the highest was aluminum and the lowest was cadmium. The results showed that the contents of Pb, Cd, Al, Zn and Cu in shellfishes were lower than the FAO/WHO maximum allowance.

Key words: heavy metal, shellfishes, Jeonbuk west coast area

서 론

현재 우리나라는 급속한 산업 발전에 따른 공장폐수의 유출, 도시 인구의 집중화 현상으로 인한 생활 하수의 다양 방출, 산업폐기물 및 각종 오염물질, 농경지의 과다한 농약 사용 등으로 인하여 농토, 하천 및 연안 해역의 환경오염이 날로 심각해지고 있는 실정으로 특히 사람이 상용하는 식품의 오염은 국민 건강에 심각한 영향을 미치고 있다.

더구나 환경오염에 따른 납, 수은 및 카드뮴의 중금속 화합물의 독성은 그 양이 매우 미량일지라도 오랜 기간 동안 강물이나 토양에서 생육하고 있는 어패류나 농작물에 축적되어 이는 결국 식품을 통하여 인체내에 영향을 미쳐 급성, 만성 중독 현상을 가져오게 된다(1~5). 특히 납과 카드뮴은 식물성 식품보다는 동물성 식품에 쉽게 축 적되는 성질이 있어(6,7) 이는 수산 식품의 안전성에 대한 심각한 우려를 가져와 지금까지 국내에서의 중금속 오염 실태에 관한 연구가 여러 보고자에게 조사되었다(8~16).

따라서 본 연구는 지역사회 연구 사업의 일환으로 호남의 곡창지대인 전라북도에도 공업단지가 형성되면서 일부 강과 저수지에서의 오염 현황이 높아지고 있는 실정이어서 전북 서해안 지역을 중심으로 한 군산, 신포, 부안 지역에서 바지락, 대합조개, 새조개, 우렁이, 소라를

대상으로 납, 카드뮴, 알루미늄, 구리 및 아연 등의 중금속 함량을 조사하였다

재료 및 방법

시료 채취

1999년 6월 1일~30일에 걸쳐 군산, 부안, 신포지역에서 바지락, 대합조개, 새조개 소라, 우렁이를 수거한 즉시 증류수로 깨끗이 세척한 후 냉동건조기(KMC-625 Filter Dry Oven, USA)에 24시간 동안 냉동 건조한 후 분말화하여 사용하였다.

중금속 분석방법

Ganje와 Page의 습식분해법(17)에 준하여 분석하였다. 즉 시료 1 g을 정확히 취하여 $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4 (2:1, v/v)$ 의 산분해용액 10 mL를 가하여 hot plate에 $100 \pm 10^\circ\text{C}$ 에서 분해액이 미색으로 변하면 분해가 종료된 것으로 하였다. 방냉한 액을 50 mL로 정용한 여과액을 ICPS(inductively coupled plasma spectrometer, Liberty 110-varian, LA, USA)로 납, 카드뮴, 알루미늄, 아연, 구리를 Table 1과 같은 조건으로 측정하였다.

[†]To whom all correspondence should be addressed

Table 1. The operating conditions of ICPS

Classification	Condition
Plasma	15.0 m/min
Auxiliary	1.50 L/min
Pump speed	25.0 rpm
Carrier gas flow	75 psi
Nebulizer	250 kpa
Intergration time	3 sec
Cooling water flow	2 kgF/cm ²

통계처리

본 실험에서 얻어진 모든 결과는 SAS Series package의 ANOVA, DMRT(18)로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

바지락, 대합조개, 새조개, 우렁이, 소라의 납, 카드뮴, 알루미늄, 아연, 구리 함량을 분석한 결과는 Table 2~6에서 보는 바와 같다.

납

납의 급성 독성은 비교적 약한 편이나 가용성 염인 경우 10~15 g으로 축적 독성이 있기 때문에 미량으로 장기간 섭취하면 만성 독성을 일으키는 금속이나, 수산물을 매개체로 이행된다는 증거는 아직 보고되지 않았다(20). 외국의 납 규제치(20,21)는 0.5~10 ppm 이하이며, 우리나라 수산 식품의 납 규제치(22)는 10 ppm 이하이다. 본 실험 결과 각 지역별 납의 중금속 함량 범위는 1.28~4.50 ppm으로 부안 지역의 우렁이가 가장 낮고 군산지역의 새조개가 가장 높았으며, 패류별 평균 납 함량이 가장 높은 것은 새조개로 4.34 ppm, 가장 낮은 것은 우렁이의 1.29 ppm으로 패류의 납 중금속 함량은 외국 및 우리나라의 규제치와 비교해 볼 때 식용으로 안전한 범위안에 분포되어 있는 것으로 나타났다.

카드뮴

각 지역별 패류의 카드뮴 함량 범위는 0.05~0.25 ppm으로 군산지역에서는 대합조개가 가장 낮았고 바지락이 가장 높았으며 패류별 평균 함량은 바지락, 우렁이, 소라가 0.18 ppm, 대합조개가 0.11 ppm으로 나타났다. 외국의 카드뮴 규제치와 비교해 보면 네덜란드는 0.05 ppm 이하, 서독은 0.5 ppm, 일본은 1980~1981년 비오염지역에서 0.05~3.66 ppm(21,22)으로, Park과 Hea(23)의 0.007~1.174 ppm과 비교했을 때 본 연구 평균 함량의 결과치는 네덜란드의 0.05 ppm보다는 높게 나타났으나 서독의 0.5 ppm보다는 낮게 나타났다.

알루미늄

알루미늄은 식품, 식수, 의약품을 통하여 장기간 섭취할 경우 신경계 장애와 관계가 깊은 알츠하이머병, 노인성 치매증 등의 뇌질환을 일으키는 금속으로 알려졌다(24-26). 각 지역별 알루미늄 함량 범위는 8.76~58.84 ppm으로 부안지역의 소라가 가장 낮고 군산지역의 바지락이 가장 높았다. 패류별 평균 함량은 바지락이 54.06 ppm으로 가장 높고 소라가 9.44 ppm으로 가장 낮게 나타났으나 현재까지 외국이나 우리나라에서는 어패류의 알루미늄에 대한 규제치는 정하여져 있지 않기 때문에 이에 대한 규제치가 있어야 된다고 사료된다.

아연

아연은 다른 미량 무기질에 비하여 비교적 독성이 적으나 1일 2g 이상 파이프 섭취시 위장의 염증과 구토가 일어나고(27) 권장량의 20배 이상을 만성적으로 복용하는 경우 구리 및 철분의 영양상태를 저하시키며, 면역능력을 손상시키고, HDL-cholesterol 저하 등을 유발(28,29) 시킨다고 한다. 각 지역별 패류의 아연 중금속 함량 범위는 8.14~15.99 ppm으로 군산의 새조개가 가장 낮고 신

Table 2. Pb contents of shellfishes in various areas

Area \ Sample	Shortneck clam	Hard clam	Cockle clam	Snail	Top shell	(unit: ppm)
Kunsan	2.36±0.09 ¹⁾	3.49±0.87	4.50±0.05	1.30±0.06	3.09±0.09	
Buoaeon	3.33±0.06	3.55±0.54	4.33±0.08	1.28±0.03	2.45±0.07	
Shinpho	1.93±0.02	3.80±0.23	4.21±0.09	1.29±0.09	3.66±0.03	
Average value	2.54±0.05	3.61±0.54	4.34±0.07	1.29±0.06	3.06±0.06	

¹⁾Mean± S.D. (All samples were analyzed with three times and averaged)

Table 3. Cd contents of shellfishes in various areas

Area \ Sample	Shortneck clam	Hard clam	Cockle clam	Snail	Top shell	(unit: ppm)
Kunsan	0.25±0.02 ¹⁾	0.05±0.002	0.11±0.05	0.20±0.07	0.20±0.07	
Buoaeon	0.20±0.03	0.17±0.004	0.08±0.02	0.15±0.03	0.15±0.04	
Shinpho	0.09±0.01	0.13±0.005	0.19±0.07	0.19±0.03	0.19±0.03	
Average value	0.18±0.02	0.11±0.004	0.12±0.04	0.18±0.04	0.18±0.04	

¹⁾Mean± S.D. (All samples were analyzed with three times and averaged)

Table 4. Al contents of shellfishes in various areas

Area \ Sample	Shortneck clam	Hard clam	Cockle clam	Snail	Top shell
Kunsan	58.84±6.07 ¹⁾	15.02±5.87	31.92±0.08	19.34±6.89	9.77±0.06
Buoaean	51.61±7.90	16.03±7.95	30.94±0.04	18.34±8.64	8.76±0.07
Shinpho	51.75±5.89	20.51±8.34	32.43±0.05	17.99±4.75	9.81±0.05
Average value	54.06±6.62	17.19±7.38	31.76±0.05	18.55±6.76	9.44±0.06

¹⁾Mean±S.D. (All samples were analyzed with three times and averaged)

Table 5. Zn contents of shellfishes in various areas

Area \ Sample	Shortneck clam	Hard clam	Cockle clam	Snail	Top shell
Kunsan	11.22±0.08 ¹⁾	10.52±1.89	8.14±0.07	14.79±2.55	11.29±0.09
Buoaean	15.37±0.06	11.21±1.65	10.80±0.04	14.63±2.21	11.71±0.03
Shinpho	15.96±0.07	14.52±1.89	10.01±0.09	15.99±2.75	11.41±0.02
Average value	14.18±0.07	12.08±1.81	9.65±0.06	15.13±2.50	11.47±0.04

¹⁾Mean±S.D. (All samples were analyzed with three times and averaged)

Table 6. Cu contents of shellfishes in various areas

Area \ Sample	Shortneck clam	Hard clam	Cockle clam	Snail	Top shell
Kunsan	0.70±0.09 ¹⁾	0.25±0.06	1.91±0.04	1.43±0.65	1.49±0.09
Buoaean	0.96±0.05	0.33±0.04	1.49±0.02	1.36±0.34	1.71±0.03
Shinpho	0.22±0.05	0.42±0.03	1.50±0.05	1.52±0.21	1.41±0.02
Average value	0.62±0.06	0.33±0.04	1.63±0.03	1.43±0.40	1.53±0.04

¹⁾Mean±S.D. (All samples were analyzed with three times and averaged)

포의 우렁이가 가장 높았다. 패류별 평균 함량은 우렁이가 15.13 ppm으로 가장 높고 대합조개가 9.65 ppm으로 가장 낮았다. 어류에 대한 외국의 아연 규제치는(20,21) 뉴질랜드가 40 ppm, 영국이 50 ppm으로 외국의 규제치와 비교해 볼 때는 식용의 안전범위에 들어가나, 우리나라에서 1985~1991년에 실시된 연구 결과(30-32)에서 조사된 패류의 아연 함량이 10 ppm 이하로 나타낸 것과 비교할 때 본 실험 결과의 아연 함량이 10 ppm 이하인 것은 군산지역의 새조개를 제외하고는 비교적 모두 높은 수준을 보여 10년이 지난 지금 어패류의 오염도가 많이 증가하였음을 알 수 있다.

구리

구리는 tyrosinase, catalase의 성분으로 세포 호흡에 영향을 미치는 미량 무기질(34)이나 동체련소, 도금공장, 안료공장, 광산폐수가 농수산물에 오염된 후 인체에 축적 독성을 가져와 간세포괴사, 간경변, 간의 색소 침착을 일으키면 섭취량이 0.07 mg/kg/day 이상이면 장관내에 영향을 미치는 것으로 알려졌다(34,35). 각 지역별 패류의 구리 함량 범위는 0.22~1.91 ppm으로 신포지역의 바지락이 가장 낮고 군산지역의 새조개가 가장 높았으며, 패류별 평균 함량은 새조개가 1.63 ppm으로 가장 높고 대합조개가 0.33 ppm으로 가장 낮았다. 외국의 규제치에서 오스트레일리아는 10 ppm, 캐나다는 50 ppm, 영국

은 20 ppm, 뉴질랜드는 30 ppm이하로(21,22,33) 본 연구의 결과치는 외국의 규제치에 비하여 매우 낮은 수준을 보였다. 그러나 우리나라에서 1985~1991년 조사된 어류 중 구리의 함량 수준 85%가 1 ppm이하인 패류는 바지락과 고막으로 보고하였는데(30-32) 본 연구에서 1 ppm 이하는 바지락과 대합조개로 Kwon과 Kim(30-32)의 연구와 유사한 경향을 보였으나 나머지는 1 ppm 이상으로 그 동안 오염도가 증가하였을 알 수 있다.

요약

각 지역별 패류의 납 종금속 함량 범위는 1.28~4.50 ppm으로 부안 지역의 우렁이가 가장 낮았으며 군산지역의 새조개가 가장 높았으며, 패류별 평균 납 함량에서 가장 높은 것은 새조개로 4.34 ppm, 가장 낮은 것은 1.29 ppm의 우렁이로 나타났다. 카드뮴 함량 범위는 0.05~0.25 ppm으로 군산지역에서 각각 대합조개가 가장 낮고 바지락이 가장 높았으며, 패류별 평균 함량은 0.11~0.18 ppm으로 나타났다. 알루미늄 함량 범위는 8.76~58.84 ppm으로 부안 지역의 소라가 가장 낮고 군산지역 바지락이 가장 높았다. 패류별 평균 함량은 9.44~54.06 ppm으로 바지락이 가장 높고 소라가 가장 낮았다. 아연 함량 범위는 8.14~15.99 ppm으로 군산의 새조개가 가장 낮고 신포의 우렁이가 가장 높았으며 패류별 평균 함량은 9.65

~15.13 ppm으로 우렁이가 가장 높고 새조개가 9.65 ppm으로 가장 낮았다. 구리 함량 범위는 0.22~1.91 ppm으로 신포지역의 바지락이 가장 낮고 군산지역의 새조개가 가장 높았으며, 패류별 평균 함량은 0.33~1.63 ppm으로 새조개가 가장 높고 대합조개가 0.33 ppm으로 가장 낮았다. 본 연구 결과에서 외국의 규제치와 비교해 볼 때 납이나 구리는 식용의 안전 범위에 들어가나 카드뮴과 아연은 외국의 규제치와 10년 전의 우리나라와 비교해 볼 때 함량이 증가하여 10년이 지난 지금 오염도가 증가하였음을 알 수 있다.

감사의 글

이 논문은 1999년도 원광대학교의 교비지원에 의해 수행되었으므로 이에 감사드립니다

문 현

- Gilman, A.G., Goodman, L.S., Rail, T.W. and Murad, F. : *The pharmacological basis of therapeutics*. 7th ed., Macmillan, p 1611-1617 (1985)
- Edward, J.C. : *Nutrition and environmental health mineral and macro-nutrients*. John Wiley and Sons, New York, Vol 2, p.61-65 (1981)
- Rom, W.N. : *Environmental and occupational medicine*. Little and brown, London, p.759-765 (1992)
- Klaassen, C.D., Amdur, M.O. and Doull, J. : *Casarett and doull's toxicology*. 3rd ed., Macmillan, Vol 1, p.605-609 (1986)
- Klaassen, C.D. : *Heavy metals and heavy metal antagonists*. Macmillan Publishing Co. Inc., London, p.1615-1637 (1980)
- Kim, S.K. and Lee, J.W. : The study on the sea food pollution according of environment pollution of the western coast in korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr.*, **26**, 851-859 (1997)
- Villarreal-Trevino, C.M. : Bioaccumulation of lead, copper and zinc by fish in the satana catarina river. *Bull Environ Contam.*, **37**, 78-82 (1986)
- Ko, I.S., Ro, C.B. and Kim, C.S. : Investigation on harmful trace elements in food. *Report of NIH Korea*, **10**, 437-440 (1973)
- Won, J.H. : A study on the Hg, Cd, Cu and Pb contents of fish in Korean coastal water. *J. Korea Fish Soc.*, **6**, 1-5 (1973)
- Kim, C.M., Sheo, H.J. and Hong, S.S. : A study on the contents of heavy metal in freshwater fishes of Yongsan river. *J. Korea Soc. Food Nutr.*, **26**, 615-620 (1991)
- Lee, J.K. and Lee, T.S. : Study on trace elements on rice department of hygiene. *Report NIH, Seoul Korea*, **16**, 435-440 (1980)
- Han, S.H. : Syudy on the Cd and Pb contents in shell fish. *Report NIH, Seoul Korea*, **15**, 59-63 (1979)
- Bauk, D.W. and Kim, O.H. : Study on the contents of trace elements in shellfish. *Report of NIH Korea*, **22**, 471-475 (1985)
- Bauk, D.W. and Kim, O.H. : Study on the contents of trace elements in foods. *Report of NIH Korea*, **23**, 589-593 (1986)
- Kwon, W.C. and Kim, O.H. : Study on the contents of trace elements in food. *Report of NIH Korea*, **24**, 733-739 (1987)
- Kwon, W.C. and Kim, O.H. : Study on the contents of trace elements in food. *Report of NIH Korea*, **25**, 551-557 (1988)
- Ganje, J.J. and Page, A.L. : Rapid acid dissolution of plant tissue for cadmium determination by atomic absorption spectrophotometry. *Absorpt. News*, **131**, 213-216 (1976)
- SAS : *SAS Series package*. SAS Institute Inc., Cary, NC (1987)
- Reilly, C. : *Metal contamination of food*. Applied Science Publishers, London, p.116-120 (1980)
- FAO : Compilation of legal limits for hazardous substance in fish and fishery product. FAO, Rome (1983)
- WHO : Environmental health criteria No. 1, Mercury, Geneva (1976)
- Ministry of health and welfare : Food LOW. Korea Food INC, p.32-38 (1997)
- Park, J.H. and Hea, N.C. : A study on the contents of heavy metal fresh water west Korean coastal waters. *Report of NIH Korea*, **4**, 30-37 (1992)
- Pennington, J.A.T., Jones, J.W. and Vanderveen, J.E. : Aluminum in total diet study foods and diets. *Fed Proc.*, **46**, 1002-1009 (1987)
- Klein, G.L. : Nutritional aspects of aluminum toxicity. *Nutrition Research Review*, **3**, 117-121 (1980)
- Crapper, D.R., Krishnan, S.S. and Dalton, A.J. : Brain aluminum distribution in Alzheimer's disease and experimental neurofibrillary degeneration. *Science*, **180**, 511-518 (1973)
- Vogt, T. : Sosiale of koumiske stydier Statistis sentralbyra, Oslo-Kougsivinger, p.61-67 (1986)
- Food and Nutrition Board : *Recommended dietary allowances*. 10th ed., Washington, D.C., National Academy Press, p.22-29 (1989)
- Chandra, R.K. : Excessive intake of zinc impairs immune response. *J Am Med Assoc.*, **2**, 1443-1449 (1984)
- Kwon, W.C. and Kim, O.H. : Study on the contents of trace elements in food (on the trace elements contents of fish in Korean coastal waters). *Report of NIH Korea*, **24**, 872-879 (1987)
- Kwon, W.C. and Kim, O.H. : Study on the contents of trace elements in food (on the trace elements contents of fish in Korean coastal waters). *Report of NIH Korea*, **25**, 890-899 (1988)
- Kwon, W.C. and Kim, O.H. : Study on the contents of trace elements in food (on the trace elements contents of fish in Korean coastal waters). *Report of NIH Korea*, **26**, 712-716 (1989)
- Joint FAO/WHO : Expert Committee on Food Additives, Toxicological evaluation of some extraction solvents and creation other substances FAO/WHO, **48**, 32-39 (1970)
- Linder, M.C. : *The biochemistry of copper*. Plenum Press, New York, p 1109-1113 (1990)
- Turnlund, J.R. : Copper. In *Modern nutrition in health and disease*. Shils, M.E. (ed.), Lea and Febiger, p.231-239 (1994)