

지역별 해조류의 중금속 함량

최순남 · 이상업 · 정근희 · 고원배*
삼육대학교 식품영양학과, *화학과

A Study of Heavy Metals Contents of the Seaweeds at Various Area in Korea

Soon Nam Choi¹, Sang Up Lee, Keun Hee Chung and Weon Bac Ko*

Department of Food and Nutrition, Sahmyook University

*Department of Chemistry, Sahmyook University

Abstract

To measure the contents of several heavy metal elements (Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Pb) in Korean seaweeds which are closely related to food resources, various seaweed samples were collected from thirteen to seventeen seaweed-producing districts. The results obtained from the experiment are summarized as follows: 1. The content of heavy metal elements in seaweeds of individual sample ranged from 0.0005 to 25.0373 ppm. Their mean levels were as follows: laver, 0.0024~3.9297 ppm; sea lettuce, 0.0011~25.0373 ppm; sea mustard, 0.0005~23.5071 ppm; sea tangle, 0.0006~4.8550 ppm. The mean levels of Cd and Pb were specially low in the samples collected from the area II in Kangwon and area IX in Kyungbook. 2. The mean levels of heavy metal elements of collected samples ranged from 0.0117 to 4.4944 ppm. Laver showed the lowest level of Hg and sea lettuce showed the highest level of Mn. Their mean levels of elements were as follows: laver, 0.0117~2.3339 ppm; sea lettuce, 0.0232~4.4944 ppm; sea mustard, 0.0129~1.5139 ppm and sea tangle, 0.0182~1.7410 ppm. 3. The mean levels of heavy metal elements from several locations ranged from 0.0085 ppm to 8.4148 ppm. The mean levels of heavy metal elements in sea mustard from area V of Kyungbook were the lowest, but the mean levels of heavy metal elements in sea lettuce from area VII of Kyungnam were the highest. The mean level of heavy metal elements were as follows: laver, 0.3613~1.1124 ppm; sea lettuce, 0.1415~8.4148 ppm; sea mustard, 0.0729~3.1182 ppm; sea tangle, 0.0085~0.7587 ppm. 4. Generally the heavy metal elements were detected in the seaweed samples from all locations. The mean levels of heavy metal elements varied with locations and kinds of samples. The levels of heavy metals of the samples taken from all locations from the East Sea, the South Sea, and the West Sea areas showed 99% safety range.

Key word: heavy metal elements, laver, sea lettuce, sea mustard, sea tangle

I. 서 론

최근 산업의 급속한 발달로 인해서 중금속 사용량이 상당히 증가하여 이로 인한 급성, 만성 중독 현상이 산업보건의 중요한 문제¹⁻⁵⁾로 등장하게 되었다. 또한 이에 따른 환경오염 및 제반원인에 의한 납, 수은, 비소, 카드뮴 등 중금속 화합물의 해로움은 그 양이 매우 미량일지라도 오랜 기간 동안 강물이나 토양에 축적되면, 이곳에서 생육하고 있는 어패류나 농작물에 축적되고 다시 식품을 통하여 인체내에 축적될 수 있으므로 점차 국민보건을 위협하는 사회적 문제로 대두되고 있다⁶⁻¹⁰⁾.

이상과 같이 먹이 연쇄 과정으로 인한 최종 포식자인 사람에게 중금속의 중독현상^{11,12)}이 밝혀짐에 따라 국내에서도 곡류¹³⁻¹⁸⁾, 어류¹⁹⁻²⁷⁾ 및 각종 식품^{28,33)}의 중금속 오염 실태¹³⁻²⁶⁾가 여러 연구자에 의해 조사·발표되고 있다.

그러나 동일한 식품이라도 그 검출량은 생산지의 중금속 축적상태에 따라 지역간의 편차가 심하게 나타나 생산지에 따른 오염 정도를 파악하는 것이 중요하다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 우리 식생활과 밀접한 관련이 있는 식품인 해조류(김, 파래, 미역, 다시마)를 지역별로 수집하여 중금속 함량을 조사하여 그 실태를 파

악함으로써 생산지의 해양 오염정도 및 수산 양식에 필요한 기초 자료로 삼고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 재료

1996년 4월 1일 부터 4월 30일 까지 해조류(김, 파래, 미역, 다시마)의 서식지 및 생산지 13~17개 지역에서 시료를 수집하였다.

수집한 해조류는 이물질을 제거하고 완전히 건조시킨 후 곱게 분쇄하여 냉장 보관하여 사용하였다.

2. 중금속 분석 방법

Hg 함량은 금아말감법으로 제조된 수은 검출 장치(Mercury Atomizer MA-IS : Nippon Instrument, Japan)에 수은 전용 Automatic Absorption spectro photometer(Mercury Detector : Nippon Instrument, Japan)를 사용하여 수은 농도를 측정하였다.

또한 Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb 함량은 시료를 습식분해법으로 분해한 후 ICP-MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer: PQ II Plus, VG Elemental-Winsford, UK)로 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

해조류의 중금속 함량 분석 결과는 다음과 같다.

1. 김

전남, 전북, 충남 지역에서 주로 많이 생산되며 중금속 함량 분석 결과는 Table 1과 같다.

김의 중금속 함량 분포 범위는 0.0024~3.9297 ppm으로 3.9273 ppm의 차이가 있었으며 충남 S 지역의 김에서 Cr함량이 가장 낮았고, 전북 K₁ 지역의 김에서 Pb함량이 가장 높았다.

수산물 중금속 잔류 허용량³⁴⁾이 수은 0.5 ppm 이하, 납 2 ppm 이하 그외 중금속 10 ppm 이하로 전북 K₁ 지역의 Pb 함량과 경기 O 지역의 Pb 함량을 제외하고는 김의 중금속 함량 분포는 식용으로 안전한 범위안에 나타났다. 또한 중금속 중에서 분포 범위가 가장 좁은 중금속은 Hg 0.0054~0.0187 ppm(0.0133 ppm)이며 분포 범위가 가장 넓은 중금속은 Pb 0.0142~3.9297 ppm(3.9155 ppm)으로 중금속 간의 분포 범위 차이는 3.9022 ppm으로 나타났다. 해조류의 각 중금속 함량 평균 범위는 0.0117~2.3339 ppm으로 2.9155 ppm의 차이가 있었으며 Hg의 평균 함량이 가장 낮고, Zn의 평균

함량이 가장 높았다. 각 중금속 평균 함량은 Zn>Mn>Pb>Cu>Cr>Cd>Ni>Hg 순으로 나타났다. 지역별 중금속 함량 평균 범위는 0.3613~1.1124 ppm으로 0.7511 ppm의 차이가 있었고, 전남 Y₂ 지역의 김에서 중금속 평균 함량이 가장 낮고, 전북 K₁ 지역의 김에서 중금속 평균 함량이 가장 높았다.

2. 파래

경북, 경남지역에서 대부분 서식·생산되었으며, 중금속 함량 분석 결과는 Table 2와 같다.

파래의 중금속 함량 분포 범위는 0.0011~25.0373 ppm으로 25.0362 ppm의 차이가 있었으며 경남 N₂ 지역의 파래에서 Cd 함량이 가장 낮고, 경남 S 지역의 파래에서 Mn의 함량이 가장 높았다. 수산물 중금속 잔류 허용량 범위와 비교할 때 대부분 지역의 파래 중금속 함량 분포는 식용으로 안전한 범위에 속하였으나 경남 S 지역의 Mn, Ni, Zn 함량은 허용량 범위를 초과한 수준으로 나타났다. 또한 중금속 중에서 분포 범위가 가장 좁은 중금속은 Cd으로 0.0011~0.1000 ppm(0.0989 ppm)이며, 분포 범위가 가장 넓은 중금속은 Mn으로 0.6978~25.0373 ppm(24.3395 ppm)으로 나타났다. 따라서 Cd과 Mn 함량의 분포 범위 차이는 24.2406 ppm이나 되었다. 해조류의 각 중금속 함량 평균 범위는 0.0232~4.4944 ppm으로 4.4712 ppm의 차이가 있었으며 Cd의 평균 함량이 가장 낮고, Mn의 평균 함량이 가장 높았다. 각 중금속 평균 함량은 Mn>Zn>Ni>Cu>Cr>Pb>Hg>Cd 순으로 나타났다. 지역별 중금속 함량 평균 범위는 0.1415~8.4148 ppm으로 8.2733 ppm의 차이가 났으며 경남 N₂ 지역의 파래에서 중금속 함량 평균이 가장 낮고, 경남 S 지역의 파래에서 중금속 함량 평균이 가장 높았다.

3. 미역

강원, 경북, 경남지역에서 많이 서식, 생산되었으며 중금속 함량 분석 결과는 Table 3과 같다.

미역의 중금속 함량 분포 범위는 0.0005~23.5071 ppm으로 23.5066 ppm의 차이가 있었으며 강원 K 지역과 경북 K₂ 지역의 미역에서 Cd과 Pb 함량이 가장 낮고, 경북 Y₂ 지역의 미역에서 Pb 함량이 가장 높았다. 수산물 중금속 잔류 허용량 범위와 비교할 때 거의 대부분 지역의 중금속 함량이 식용으로 안전한 범위에 속하였으나 경북 Y₂ 지역의 Pb 함량은 허용량 범위를 초과하는 높은 수준으로 오염 정도가 심각한 것으로 나타났다. 또한 중금속 중에서는 Hg의 함량이

Table 1. The content of heavy metals in Layer (unit : ppm)

Province	Area	Heavy metals										Average
		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb			
Kangwon	M	0.0501±0.0009 ¹⁾	2.5861±0.0750	0.1539±0.0024	0.5138±0.0057	3.0206±0.0208	0.0904±0.0019	0.0084±0.0014	0.5551±0.0126	0.8723±0.0151		
	L	0.0272±0.0018	1.5400±0.0329	0.0517±0.0011	0.5463±0.0070	1.2829±0.0192	0.1052±0.0054	0.0147±0.0003	0.0142±0.0002	0.4478±0.0085		
Kyeongnam	K ₂	0.0540±0.0014	2.4032±0.0265	0.1121±0.0020	0.2893±0.0090	2.9192±0.0255	0.0464±0.0001	0.0054±0.0009	0.0597±0.0017	0.7362±0.0084		
	N ₁	0.4705±0.0032	2.1292±0.0164	0.1832±0.0011	0.3284±0.0054	2.9365±0.0010	0.0091±0.0006	0.0090±0.0021	0.2605±0.0042	0.7908±0.0043		
Junnam	W	n.d ²⁾	1.5144±0.0654	0.0147±0.0047	0.3570±0.0102	1.8197±0.0619	0.0886±0.0012	0.0122±0.0006	0.4387±0.0105	0.5307±0.0193		
	H	0.1019±0.0007	1.7356±0.0617	0.0139±0.0019	0.4381±0.0134	3.2324±0.0384	0.0465±0.0014	0.0187±0.0041	0.4332±0.0069	0.7525±0.0161		
Junbuk	C	1.3990±0.0474	2.0442±0.0391	0.5283±0.0092	0.4157±0.0125	1.9761±0.0087	0.1322±0.0025	0.0117±0.0007	0.6726±0.0142	0.8975±0.0168		
	S	0.0530±0.0028	2.2122±0.0395	0.0447±0.0038	0.3157±0.0074	2.1269±0.0506	0.1402±0.0025	0.0118±0.0021	0.3475±0.0002	0.6565±0.0136		
Chungnam	Y ₂	0.0127±0.0004	1.1266±0.0204	n.d	0.3945±0.0050	1.2198±0.0184	0.0681±0.0025	0.0135±0.0018	0.0555±0.0012	0.3613±0.0062		
	K ₁	0.0058±0.0007	1.8166±0.0827	n.d	0.4552±0.0082	2.5299±0.0526	0.1512±0.0021	0.0109±0.0029	3.9297±0.0646	1.1124±0.0267		
Kyeonggi	P	0.2339±0.0012	1.6724±0.0264	0.1385±0.0013	0.5740±0.0134	3.6129±0.0089	0.1752±0.0018	0.0074±0.0002	0.1726±0.0050	0.8234±0.0073		
	K ₂	0.0178±0.0007	1.6472±0.0221	0.0091±0.0012	0.3517±0.0106	2.0257±0.0108	0.1223±0.0026	0.0139±0.0051	0.1346±0.0039	0.5403±0.0071		
Aberage	D ₁	0.0107±0.0002	2.3320±0.0493	0.0582±0.0020	0.4415±0.0099	2.0637±0.0020	0.0479±0.0005	0.0160±0.0007	0.8897±0.0009	0.7325±0.082		
	K	0.0061±0.0001	1.0527±0.0048	0.0291±0.0006	0.2862±0.0024	1.6880±0.0308	0.0708±0.0008	0.0090±0.0003	0.2212±0.0023	0.4204±0.0053		
Average	D ₂	0.0974±0.0017	1.6219±0.0296	0.0711±0.0019	0.4005±0.0067	2.6178±0.0298	0.0739±0.0020	0.0145±0.0005	0.2874±0.0053	0.6481±0.0097		
	S	0.0024±0.0006	1.5416±0.0223	0.0089±0.0012	0.1415±0.0098	2.5347±0.0365	0.1698±0.0015	0.0114±0.0014	0.8838±0.0241	0.6960±0.0122		
Average	O	0.0940±0.0052	2.0781±0.0270	0.0324±0.0012	0.4018±0.0064	2.0695±0.0316	0.0974±0.0018	0.0108±0.0001	2.1882±0.0397	0.8715±0.0141		
	Average	0.1551±0.0041	1.8267±0.0377	0.0853±0.0021	0.4073±0.0084	2.3339±0.0263	0.0962±0.0018	0.0117±0.0015	0.6791±0.0116	0.6994±0.0117		

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

²⁾ n.d: Not-detected.

Table 2. The content of heavy metals in Sea lettuce Lettuce (unit : ppm)

Province	Area	Heavy metals										Average
		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb			
Kangwon	K	0.7026±0.009 ¹⁾	3.1088±0.0483	1.1636±0.0253	0.4687±0.0101	3.8026±0.0461	0.1000±0.0005	0.0170±0.0300	0.1656±0.0275	1.1911±0.0246		
	S	n.d ²⁾	0.7713±0.0091	0.1033±0.0005	0.2231±0.0049	2.5070±0.0481	0.0380±0.0005	0.0153±0.0058	n.d	0.4573±0.0086		
	J	0.2094±0.0067	0.6978±0.0212	0.4154±0.0055	0.3471±0.0096	0.7047±0.0285	0.0085±0.0004	0.0180±0.0005	n.d	0.3001±0.0091		
	U ₂	0.0767±0.0012	0.7981±0.0075	0.3980±0.0003	0.6285±0.0053	1.4147±0.0190	0.0106±0.0003	0.0170±0.0030	1.3531±0.0977	0.5871±0.0168		
	H	0.2822±0.0024	0.8843±0.0152	0.3343±0.0009	0.1616±0.0033	1.0699±0.0162	0.0303±0.0009	0.0153±0.0058	0.2897±0.0200	0.3835±0.0081		
Kyeongbuk	Y ₂	0.2943±0.0028	3.1729±0.0314	0.8030±0.0069	0.2607±0.0030	1.2705±0.0067	0.0100±0.0001	0.0274±0.0110	n.d	0.7299±0.0077		
	P	0.2352±0.0055	2.1815±0.0254	0.6598±0.0095	0.3294±0.0042	0.8569±0.0014	0.0068±0.0006	0.0409±0.0059	0.2450±0.0011	0.5694±0.0067		
	K ₁	0.3663±0.0043	1.9183±0.0353	0.5828±0.0035	0.4845±0.0149	1.0049±0.0113	0.0110±0.0003	0.0345±0.0010	0.8204±0.1190	0.6528±0.0237		
	K ₂	0.1505±0.0019	1.1973±0.0106	0.3381±0.0031	0.2932±0.0039	1.2758±0.0059	0.0080±0.0002	0.0201±0.0064	n.d	0.4104±0.0040		
	K ₃	0.0658±0.0011	1.5414±0.0024	0.3958±0.0020	0.3610±0.0029	1.2376±0.0004	0.0107±0.0003	n.d	0.2021±0.0039	0.4768±0.0016		
Kyeongnam	S	3.5556±0.0042	25.0373±0.0498	13.9400±0.0181	5.7677±0.0205	17.4894±0.0402	0.0588±0.0008	0.0693±0.0109	1.4000±0.0023	8.4148±0.0184		
	N ₂	n.d	0.7627±0.0670	0.1246±0.0351	0.0188±0.0039	n.d	0.0011±0.0001	0.0603±0.0066	0.1643±0.0135	0.1415±0.0158		
	Y ₁	0.4242±0.0060	6.2552±0.0715	1.3548±0.0026	0.6034±0.0131	1.4142±0.0205	0.0275±0.0031	0.0370±0.0108	0.0725±0.0092	1.2736±0.0171		
	Y ₂	1.1712±0.0443	10.0192±0.2516	3.1690±0.1966	0.4867±0.0212	1.6883±0.0343	0.0212±0.0019	0.1760±0.0410	0.0056±0.0084	2.0922±0.0749		
Average	0.5249±0.0065	4.4944±0.0550	1.7030±0.0218	0.7911±0.0088	2.5043±0.0219	0.0232±0.0007	0.0401±0.0100	0.3302±0.0203	1.3014±0.0181			

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

²⁾ n.d: Not-detected.

Table 3. The content of heavy metals in Sea mustard (unit : ppm)

Province	Area	Heavy metals								Average
		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	
Kangwon	K	0.0705±0.0038 ¹⁾	0.3904±0.0112	0.0597±0.0015	0.0796±0.0016	1.0651±0.0224	0.0005±0.0001	0.0110±0.0013	0.0104±0.0009	0.2109±0.0054
	M	0.0376±0.0015	0.2537±0.0077	0.0480±0.0005	0.0291±0.0005	0.4929±0.0013	0.0110±0.0001	0.0123±0.0030	0.0254±0.0009	0.1138±0.0019
	S	0.0416±0.0002	0.2938±0.0048	0.0363±0.0001	0.0160±0.0008	0.4552±0.0011	0.0139±0.0005	0.0176±0.0074	0.1177±0.0045	0.1240±0.0024
	D	0.1926±0.0040	0.1072±0.0007	0.0444±0.0006	0.0215±0.0005	0.1944±0.0003	0.0020±0.0001	0.0053±0.0001	0.0154±0.0012	0.0729±0.0009
	L	0.0645±0.0003	0.2205±0.0037	0.0430±0.0004	0.0416±0.0004	1.2261±0.0081	0.0256±0.0020	0.0094±0.0030	0.0242±0.0010	0.2069±0.0024
	U ₁	0.0207±0.0005	0.2476±0.0058	0.0723±0.0014	0.0249±0.0002	0.2750±0.0013	0.0102±0.0010	0.0061±0.0059	0.0393±0.0012	0.0870±0.0022
Kyongbuk	J	0.2547±0.0005	0.4112±0.0082	0.1479±0.0039	0.0428±0.0018	1.0991±0.0134	0.0110±0.0003	0.0110±0.0030	0.4074±0.0096	0.2981±0.0051
	U ₂	0.0088±0.0005	0.1707±0.0051	0.0137±0.0004	0.0895±0.0015	0.5613±0.0157	0.0052±0.0005	0.0083±0.0011	0.1345±0.0046	0.1240±0.0037
	Y ₂	0.0276±0.0007	0.3199±0.0006	0.0526±0.0006	0.0508±0.0016	0.9514±0.0085	0.0134±0.0006	0.0225±0.0098	23.5071±0.0263	3.1182±0.0061
	K ₁	0.0462±0.0015	0.5049±0.0109	0.0707±0.0019	0.0702±0.0018	1.3677±0.0248	0.0108±0.0005	0.0138±0.0075	0.0247±0.0001	0.2636±0.0061
	K ₂	0.0182±0.0003	0.6089±0.0008	0.0191±0.0011	0.0424±0.0020	0.9702±0.0112	0.0067±0.0005	0.0056±0.0005	0.0005±0.0005	0.2090±0.0021
	U	0.0093±0.0009	0.2600±0.0038	0.0284±0.0001	0.0200±0.0010	0.4096±0.0099	0.0076±0.0007	0.0127±0.0062	n.d ²⁾	0.0935±0.0028
Kyongnam	K ₁	0.0671±0.0010	3.4705±0.0729	0.1157±0.0007	0.5251±0.0085	2.0063±0.0403	0.0313±0.0007	0.0205±0.0068	n.d	0.7796±0.0164
	T	0.0072±0.0007	0.2802±0.0105	0.0350±0.0007	0.1523±0.0023	0.3255±0.0071	0.0078±0.0008	0.0044±0.0005	n.d	0.1016±0.0028
	N ₂	0.0354±0.0019	1.1039±0.0394	0.0761±0.0017	0.0547±0.0021	0.6280±0.0174	0.0274±0.0007	0.0084±0.0013	n.d	0.2417±0.0081
	W	0.0319±0.0011	0.3559±0.0052	0.0649±0.0004	0.0457±0.0014	1.0495±0.0127	0.0403±0.0015	0.0371±0.0091	0.0016±0.0005	0.2034±0.0040
Average		0.0584±0.0012	0.5625±0.0120	0.0580±0.0010	0.0816±0.0018	0.8173±0.0122	0.0140±0.0007	0.0129±0.0042	1.5193±0.0032	0.3905±0.0045

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

²⁾ n.d: Not-detected.

Table 4. The content of heavy metals in Sea tangle (unit : ppm)

Province	Area	Heavy metals								Average
		Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	
Kangwon	C	0.0512±0.0015 ¹⁾	0.1796±0.0035	0.0331±0.0010	0.0480±0.0005	0.6735±0.0071	0.0124±0.0007	0.0191±0.0062	n.d	0.1271±0.0026
	K	0.0560±0.0021	0.1923±0.0056	0.0323±0.0016	0.0520±0.0010	0.3943±0.0134	0.0347±0.0016	0.0261±0.0087	0.0042±0.0006	0.0990±0.0043
	S	0.3029±0.0012	0.3534±0.0079	0.2103±0.0038	0.1762±0.0011	4.8550±0.0272	0.0698±0.0011	0.0792±0.0524	0.0229±0.0010	0.7587±0.0120
	D	n.d ²⁾	0.1021±0.0020	0.0044±0.0003	0.0178±0.0006	0.0062±0.0001	0.0041±0.0003	0.0235±0.0098	n.d	0.0198±0.0016
	L	n.d	n.d	0.0630±0.0009	0.0087±0.0004	n.d	0.0006±0.0001	0.0268±0.0122	0.0377±0.0001	0.0171±0.0017
Kyongbuk	J	0.0222±0.0009	0.3032±0.0025	0.0638±0.0025	0.1346±0.0029	0.9956±0.0123	0.0085±0.0007	0.0217±0.0016	0.0227±0.0005	0.1965±0.0030
	Y ₁	n.d	0.0327±0.0017	0.0094±0.0014	0.0104±0.0005	n.d	0.0034±0.0003	0.0118±0.0091	n.d	0.0085±0.0016
	Y ₂	0.0909±0.0006	0.8860±0.0098	0.0867±0.0006	0.0756±0.0008	2.8333±0.0129	0.0212±0.0003	0.0082±0.0040	0.0232±0.0012	0.5031±0.0038
	P	0.1259±0.0041	1.2007±0.0222	0.0979±0.0010	0.0425±0.0008	0.8384±0.0180	0.0084±0.0006	n.d	0.0168±0.0009	0.2913±0.0060
	K ₁	0.0715±0.0009	0.3246±0.0031	0.0861±0.0015	0.0831±0.0005	4.0878±0.0378	0.0204±0.0016	0.0636±0.0540	0.1666±0.0024	0.6130±0.0127
Kyongnam	K ₂	0.0315±0.0010	0.3767±0.0107	0.0418±0.0009	0.0382±0.0004	2.9333±0.0477	0.0285±0.0008	0.0128±0.0139	0.0212±0.0005	0.4355±0.0095
	K ₁	0.1191±0.0008	0.3950±0.0044	0.1195±0.0012	0.1162±0.0013	4.4766±0.0110	0.0152±0.0001	0.0151±0.0003	0.0192±0.0008	0.6595±0.0025
Junnam	W	0.0182±0.0005	1.1473±0.0099	0.0165±0.0003	0.0241±0.0001	0.5387±0.0080	0.0094±0.0007	n.d	n.d	0.2193±0.0024
	Average	0.0684±0.0010	0.4226±0.0064	0.0665±0.0013	0.0636±0.0008	1.7410±0.0150	0.0182±0.0007	0.0237±0.0132	0.0257±0.0006	0.3037±0.0049

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

²⁾ n.d: Not-detected.

0.0044~0.0371 ppm(0.0327 ppm)으로 가장 분포 범위가 좁게, Pb의 함량이 0.0005~23.5071 ppm(23.5066 ppm)으로 가장 분포 범위가 넓게 나타나 Hg과 Pb 함량의 분포 범위 차이는 23.4739 ppm이나 되었다. 해조류의 각 중금속 함량 평균 범위는 0.0129~1.5193 ppm으로 1.5064 ppm의 차이가 있었으며 Hg의 평균 함량이 가장 낮고, Pb의 평균 함량이 가장 높았다. 각 중금속 평균 함량은 Pb>Zn>Mn>Cu>Cr>Ni>Cd>Hg 순으로 나타났다. 지역별 중금속 함량 평균 범위는 0.0729~3.1182 ppm으로 3.0456 ppm의 차이가 났으며 강원 D 지역의 미역에서 중금속 함량 평균이 가장 낮고, 경북 Y₂ 지역의 미역에서 중금속 함량 평균이 가장 높았다.

4. 다시마

강원·경북 지역에서 많이 서식, 생산되었으며 중금속 함량 분석 결과는 Table 4와 같다.

중금속 함량 분포 범위는 0.0006~4.8550 ppm으로 4.8544 ppm의 차이가 있었으며 강원 L 지역의 파래에서 Cd함량이 가장 낮고, 강원 S 지역의 파래에서 Zn 함량이 가장 높았다.

수산물 중금속 잔류 허용량 범위와 비교할 때 다시마의 중금속 함량은 모두 식용으로 안전한 범위에 속하였다. 중금속 중 분포 범위가 가장 좁게 나타난 것은 Cd으로 0.0006~0.0698 ppm이며 0.0692 ppm의 차이가 나타났고, 분포 범위가 가장 넓게 나타난 것은 Zn 으로 0.0062~4.8550 ppm이며 4.8488 ppm의 차이가 나타났다. 따라서 Cd과 Zn 함량의 분포 범위 차이는 4.7796 ppm이었다. 해조류의 각 중금속 함량 평균 범위는 0.0182~1.7410 ppm으로 1.7228 ppm의 차이가 났으며 Cd의 평균 함량이 가장 낮고, Zn의 평균 함량이 가장 높았다. 각 중금속의 평균 함량은 Zn>Mn>Cr>Ni>Cu>Pb>Hg>Cd 순으로 나타났다. 지역별 다시마의 중금속 함량 평균 범위는 0.0085~0.7587 ppm으로 0.7502 ppm의 차이가 났으며 경북 Y₁ 지역의 중금속 평균 함량이 가장 낮고, 강원 S 지역의 중금속 평균 함량이 가장 높았다.

이상의 결과에 의하면 우리나라 삼해안 해조류 모두에서 중금속이 검출되었고, 수산물 중금속 잔류 허용량³⁴⁾이 수는 0.5 ppm 이하, 납 2 ppm 이하, 그외 중금속 10 ppm 이하로 본 실험에 사용된 시료의 각 중금속 함량은 약 99%가 안전 범위에 속했다. 수산물 중금속 허용량이 초과된 시료는 1% 정도이었으나 초과 범위가 큰 편이었다.

지금까지 보고^{20,27)}된 수산물의 중금속 함유량과 비

교하면 각 중금속 평균 함량에서는 큰 차이가 없었지만 비교적 증가일로에 있었고, 최고 함량은 큰 차이가 있어 오염도가 점점 더 커지고 있으며 그 정도는 지역과 중금속 종류에 따라 양상이 다르게 나타나는 것이 밝혀졌다.

IV. 결 론

식생활과 밀접한 관련이 있는 식품인 해조류(김, 파래, 미역, 다시마)가 식용으로 안전한지를 조사하기 위하여 서식지 및 생산지 13~17개 지역에서 수집한 해조류의 중금속(Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Pb) 함량을 측정된 결과 다음과 같다.

1. 해조류의 중금속 함량 분포 범위는 0.0005~25.0373 ppm 으로 25.0368 ppm의 차이가 있었으며, 강원 K지역과 경북 K₂ 지역의 미역에서 Cd과 Pb의 함량이 가장 낮고, 경남 S 지역의 파래에서 Mn의 함량이 가장 높았다. 해조류별로는 김은 0.0024~3.9297 ppm, 파래는 0.0011~25.0373 ppm, 미역은 0.0005~23.5071 ppm, 다시마는 0.0006~4.8550으로 중금속의 함량 분포 범위가 가장 넓은 것은 파래(25.0362 ppm), 좁은 것은 김(3.9273 ppm)으로 나타났다.

2. 해조류의 각 중금속 함량 평균 범위는 0.0117~4.4944 ppm으로 4.4827 ppm의 차이가 있었으며, 김의 Hg함량 평균이 가장 낮고, 파래의 Mn함량 평균이 가장 높았다. 해조류별로는 김은 0.0117~2.3339 ppm, 파래는 0.0232~4.4944 ppm, 미역은 0.0129~1.5193 ppm, 다시마는 0.0182~1.7410 ppm으로 각 중금속 함량 평균 범위가 가장 넓은 것은 파래(4.4712 ppm), 좁은 것은 미역(1.5064 ppm)으로 나타났다.

3. 각 지역의 중금속 함량 평균 범위는 0.0085~8.4148 ppm으로 8.4063 ppm의 차이가 있었으며, 경북 Y₁ 지역의 다시마가 가장 낮고, 경남 S 지역의 파래가 가장 높았다. 해조류별로는 김은 0.3613~1.1124 ppm, 파래는 0.1415~8.4148 ppm, 미역은 0.0729~3.1182 ppm, 다시마는 0.0085~0.7587 ppm으로 지역간의 중금속 함량 평균 범위가 가장 넓은 것은 파래(8.2733 ppm), 좁은 것은 다시마(0.7502 ppm)로 나타났다.

4. 대부분 지역의 해조류에서 중금속이 검출되었으며 지역 및 중금속 종류에 따라 차이가 있었다. 수산물 중금속 잔류 허용량이 수는 0.5 ppm 이하, 납 2 ppm 이하, 그외 중금속은 10 ppm 이하로 본 실험에 사용된 해조류의 각 중금속 함량은 수산물 중금속 잔류 허용량과 비교할 때 약 99%가 안전한 범위에 속했고 1% 정도 초과된 범위로 나타났다.

참고문헌

1. McKee, W.D.: Environmental problems in medicine, 1st ed., Charles C. Thomas, Illinois, p.643-655 (1974).
2. Gilman, A.G., Goodman, L.S., Rall, T.W., and Murad, F.: The Pharmacological Basis of Therapeutics. 7th ed., Macmillan, p.1611-1617 (1985).
3. Calabrese, E.J., Canada, A.T. and Sacco, C.: Trace Element and Public Health. *Ann. Rev. Public Health*, **6**: 131-146 (1985).
4. Katzung, B.G.: Basic and Clinical Pharmacology. 4th ed., Appleton & Lange, p.748-749 (1989).
5. Rom, W.N.: Environmental and Occupational Medicine. Little and Brown, London, p.759-765 (1992).
6. 不破敬一郎: 生體と重金属. 日本, 講談社, p.1-22 (1982).
7. 和田功: 食品中の微量金属. 日本, 食品衛生研究, **38**: 7-23 (1983).
8. Last, J.M.: Public Health and Preventive. Medicine 11th ed., 법문사, p.58-60 (1984).
9. Klaassen, C.D., Amdur, M.O., Doull, J.: Casarett and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons, 3rd ed., Macmillan, p.605-609 (1986).
10. Klaassen, C.D.: Heavy metals and heavy metal antagonists. London, Macimian Publishing Co. Inc., p. 1615-1637 (1980).
11. Horada, M.: Methyl mercury poisoning due to environmental contamination (Minamata disease). In Toxicity of heavy metals in the environmental. Marcel Dekker, Inc. New York, part, **1**: 261 (1978).
12. Bakir, F., Damluji, S.F., Amin-Raki L., Murtadha M.: Methylmercury poisoning in Iraq. *Science*, **181**: 230-241 (1973).
13. 노재식: 국내산 쌀중의 수은 잔류량에 관한 조사. 국내의 한국 과학 기술자 종합학술대회 논문집(생명과학, 환경공학 부문), p.27-51 (1976).
14. 심재승, 이서래, 노재식: 국내산 현미중 수은 및 카드뮴의 농도. *한국식품과학회지*, **11**(3): 176-181 (1979).
15. 이동은: 경남 일원의 논흙 및 쌀중의 중금속. *한국 영양식량학회지*, **6**(1): 73-79 (1979).
16. 최순남, 이상엽: 경기지역의 왕겨 및 현미 중의 수은 농도. *삼육대학교 논문집*, **24**: 351-357 (1992).
17. 송숙자, 이상엽, 최순남, 이진희, 정근희: 쌀에 있는 몇가지 미량 원소의 함량에 관한 연구. *삼육대학 논문집*, **25**: 15-18 (1993).
18. 강용태: 농작물중 중금속 오염도와 1일 섭취량 및 허용기준선에 관한 연구. *예방의학회지*, **13**(1): 3-12 (1980).
19. 김재봉, 김동한, 배정오: 담수어의 분포 및 중금속의 함량에 관한 조사. *국립환경연구소보*, p.261-271 (1983).
20. 백덕우 외 7인: 어류중의 미량금속 분포에 관한 조사 연구. *국립보건원보*, **22**: 471-494 (1985).
21. 백덕우 외 7인: 식품중의 미량 금속에 관한 조사 연구(연안 패류 중의 중금속 함유량에 관하여). *국립보건원보*, **25**: 551-564 (1988).
22. 권우창 외 24인: 식품중의 미량 금속에 관한 조사 연구(연안 패류 중의 중금속 함유량에 관하여). *국립보건원보*, **26**: 447-460 (1989).
23. 김길생 외 20인: 식품중의 미량 금속에 관한 조사 연구. *국립보건원보*, **27**: 388 (1990).
24. 김길생 외 20인: 식품중의 미량 금속에 관한 조사 연구(연안 어패류중의 미량 금속 함유량에 관하여). *국립보건원보*, **28**: 354-365 (1991).
25. 서화중 외 2인: 남해안에서 서식하는 수산물의 중금속 함량에 관한 연구. *한국영양식량학회지*, **22**(1): 85-90 (1993).
26. 박원기 외 2인: 한국 서해안에서 어획된 어류중의 유해성 중금속 함량에 관한 연구. *조선대 환경 공해 연구*, **5**: 13 (1988).
27. 최순남 외 7인: 서울 수산도매시장에서 유통되는 어패류의 수은 함량 분포에 관한 연구. *삼육대학 논문집<자연과학편>*, **27**: 181-185 (1995).
28. 배명숙: 각종 식품중의 수은 함량 조사. *서울대학원석사논문* (1979).
29. 김대선: 시유중의 미량금속 함량에 관한 연구. *서울대학교 보건대학원 석사논문* (1986).
30. 이상진, 양철영: Retort pouch 식품의 중금속 잔유량과 이행에 관한 연구. *서울보건전문대학 논문집*, **7**: 43 (1987).
31. 김정현 외 6인: 대중 음식 재료 중 중금속 함량에 관한 연구. *서울특별시 보건 환경 연구원보*, **24**: 181 (1988).
32. 김명희 외 3인: 대중 음식중의 총 수은 감량 측정. *서울특별시 보건환경 연구원보*, **24**: 153 (1988).
33. 홍범석 외 4인: 시판다류중 미량 중금속에 관한 조사 연구. *서울특별시 보건환경연구원보*, **24**: 136 (1988).
34. 보건사회부: 식품공전, p. 466 (1991).

(1997년 12월 6일 접수)