

갯벌생물에서의 미량성분 함량

임치원* · 박희연 · 김연계 · 이두석¹ · 송기철²

국립수산과학원 생명공학연구소, 식품위생팀¹, 서해수산연구소²

Contents of Inorganic Metals from Halophyte and shellfish Living in the Beach Sediment

Chi-Won Lim*, Hee-Yeon Park, Yeon-Kye Kim, Doo-Seok Lee¹ and Ki-Cheol Song²

Biotechnology Research Institute, ¹Food Sanitation Team,

²West Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea

Received April 3, 2007; Accepted May 23, 2007

Halophyte and shellfish are functional and favorite foods in Korea. This study was conducted to survey the contents of inorganic metals to elucidate seafood hygiene & safety. The average concentrations of heavy metals in the halophyte and shellfish were 1.73, and 1.54 ppb of Cd and 47.37, 25.06 ppm of Cu, respectively. Average contents of Hg in halophytes was 0.26 ppb and 50.43 ppb in shellfish. In case of minerals, the average concentrations were 4,475.62, 4,440.54 ppm of Ca, and 3,936.16, 1,227.09 ppm of Fe, 2,145.36, 6,170.60 ppm of P, and 314.53, 162.11 ppm of Zn, respectively. The average values of heavy metals were all below the permissible amounts in food but minerals showed high levels in halophyte and shellfish.

Key words: beach sediment, halophyte, shellfish, heavy metal, mineral

서 론

우리나라의 서해에는 갯벌 (퇴적물)이 광활하게 펼쳐져 있어 패류를 비롯한 다양한 수산생물의 서식처로서 그 역할의 중요성이 최근에 더욱 부각되고 있다. 갯벌은 하천이나 강을 통해 육상의 유기영양물질이 끊임없이 공급됨으로서 영양이 풍부하기 때문에 수천 종에 이르는 동·식물의 산란장으로 먹이사슬을 통한 생물생산성 및 다양성이 높은 지역이며 지구상에 존재하는 생물의 20% 가량이 서식하고 있다. 또한 갯벌은 자연의 신장으로서 정화기능을 하여 환경생태학적으로도 매우 중요한 뿐만 아니라 1차 생산성이 매우 높아 생물생산성이 가장 높은 생태계중의 하나로 알려져 있다.

염생식물(鹽生植物, halophyte)은 일반적으로 고농도의 염류, 특히 나트륨염이 존재하는 토양환경에서도 생육이 가능한 육상 고등식물로 우리나라에 분포하고 있는 것은 총 16과 40여종이 된다고 한다.¹⁾ 이들 식물은 다량의 염분을 체내에 축적하고 있을 뿐만 아니라 염류를 흡수하여도 세포액의 삼투압조절이 가능한 식물로 다른 식물에게 없는 염류제거 기능 또는 방어기능을 가지고 있다. 통통마디(*Salicornia herbacea* L.), 나문재

(*Suaeda asparagoides* MIQ) 및 칠면초(*Suaeda japonica*)는 명아주과에 속하는 식물로 이들 염생식물들은 어릴 때(3-5월) 채취하여 나물로 먹으며, 여러 가지 반찬으로 이용되는 것으로 씹히는 맛이 독특하다. 염생식물은 옛날부터 변비개선, 위장병 등의 민간요법에 사용되어 왔고, 혈중콜레스테롤 및 지질감소와 항산화효과에 대한 보고 및 아미노산 함량에 대한 보고가 있다.²⁻⁶⁾

갯벌에서 서식하고 있는 패류로는 바지락(*Ruditapes philippinarum*), 동죽(*Macra veneriformis*), 키조개(*Atrina pectinata*), 맛조개(*Solen corneus*), 피조개(*Scapharca broughtonii*), 가리맛조개(*Sinonovacula constricta*), 가무락(*Cyclina sinensis*), 큰구슬우렁이(*Glossaulax didyma*), 피빨고둥(*Rapana venosa*), 개량조개(*Macra chinensis*), 새조개(*Fulvia mutica*), 굴(*Crassostrea gigas*), 진주담치(*Mytilus edulis*) 및 돌부지(*Trapezium liratum*) 등과 같이 아주 다양하면서 많은 양이 생산되고 있으나 간척사업, 무분별한 채취 및 해양오염 등으로 인하여 생산량이 점차 감소하고 있는 실정이다. 그러나 서해안에서 생산되고 있는 패류는 우리나라 인구의 40% 이상이 거주하는 수도권이 인접하고 있는 지리적인 이점과 패류가 건강식품중의 하나로 인식이 되어 채취 즉시 대부분이 활패상태로 현지 또는 수도권에 공급되어 대량으로 소비되고 있는 실정이다.

따라서 현재 건강기능성 식품소재로 활용되고 있는 염생식물과 패류에 대한 안전성을 검토하기 위하여 주요 중금속과 미세

*Corresponding author

Phone: 82-51-720-2457; Fax: 82-51-720-2456

E-mail: cwlim@nfrdi.re.kr

랄의 함량을 파악하기 위하여 대표적인 갯벌 생물인 염생식물 3종 및 패류 14종을 채취하여 무기원소함량을 조사하였고, 또 섭이원으로 되는 갯벌과 해수의 중금속함량을 함께 조사하여 갯벌생물과의 축적률을 비교 분석하였다.

재료 및 방법

시료. 염생식물 및 패류는 2005년 5월에 2회에 걸쳐 인천 영종도 및 층남 태안 등지에서 각각 채취하여, 염생식물은 뿌리 및 잎에 묻은 협잡물은 증류수로 씻었으며, 패류는 플라스틱 솔로 패각에 부착되어 있는 협잡물을 제거한 다음 실험실에 운반하였으며, 갯벌은 5 cm 정도의 표층을 제거하고 마개가 달린 유리병이 담겨져 실험에 사용하였다.

중금속 분석을 위한 전처리 및 정량. 염생식물은 뿌리부분을 제거하여 잎 부분만을 사용하였고, 패류는 각각 10개의 시료를 사용하여 육질부를 취한 다음 탈이온수로 갯벌과 같은 이물질 제거한 뒤 homogenizer로 균질화하였다. 마쇄된 생물시료는 동결건조한 다음 1.0 g을 microwave용 밀폐용기에 취하여 질산 10 ml 가하고 100°C, 4시간 가열분해시킨 후 남은 산을 증발시키고 GF/F 여지로 여과하고 나서 0.2 M 질산용액으로 정용하여 분석시료로 제조하였다. 갯벌은 50 g의 습시료를 건조시킨 후 함수율을 계산한 다음 0.5-1.0 g의 시료를 취하여 혼합산(질산 : 불산 : 과염소산 = 4 : 4 : 1)을 10 ml 넣고 130°C의 hotplate에서 2번 반복하여 분해한 다음 1.0 M 질산으로 정용하였으며, 해수는 0.45 µm 여과지로 여과한 해수 500 ml에 APCD/DDC 혼합용액 5 ml 첨가하고 클로로포름 20 ml을 넣고 교반한 다음 클로로포름층만을 회수(2회 반복)하여 80°C hotplate에서 증발시켜 질산 5 ml을 넣고 가열하여 완전히 분해건조 시킨 다음 1.0 M 질산으로 추출하여 사용하였으며, 각 시료에 대해서 3번씩 반복실험을 하였다.

시약 및 기기. 실험에서 사용한 시약들은 모두 분석급 이상의 시약들이었으며, 증류수는 1차 증류한 후 Millipore Milli-Q water system으로 정제된 탈염수를 사용하였다. As, Cd, Cu, Hg, P, Ca, Fe 그리고 Zn의 표준용액은 탈염수를 사용하여 묽힌 후 100 µg/ml 용액 1 l를 만들어 보관하고 이 용액을 필요한 농도로 만들어 사용하였다. 본 실험의 정밀도를 검증하기 위해 National Research Council of Canada의 Certified Reference Material(PACS-2)를 사용한 결과, 모든 항목에서 회수율이 최저 87.2 %로 양호한 결과를 나타내었다. 유도결합 플라즈마 원자 방출 분광광도기(ICP-AES)는 Perkin-Elmer optima 2000 및 원자흡수 분광광도기(Flame-AAS)는 Varian model spectra 55를

사용하였으며 속빈 음극램프는 Varian사 제품이었다.

결과 및 고찰

염생식물 및 패류중의 중금속 함량. 대표적인 갯벌식물인 통통마디 등 3종 및 바지락을 포함한 패류 14종에 대한 주요 중금속의 분석결과를 Table 1과 2에 나타내었다. 염생식물중의 건물당 중금속함량범위는 카드뮴이 0.64-3.61(평균 1.73) ppb, 수은이 trace-1.24(평균 0.36) ppb, 구리가 12.93-89.34(평균 47.37) ppm의 범위였고, 납은 흔적량 정도로 확인되었으며, 비소는 본 실험 데이터에는 나타내지 않았지만 거의 검출되지 않았다. 원소별로 살펴보면, 구리가 함량이 가장 높았고, 카드뮴과 수은은 미량의 함량을 나타내었다. 식물 종류별로는 카드뮴 및 구리의 경우 통통마디, 칠면초, 나문재의 순이었고, 수은은 나문재, 통통마디, 칠면초의 순이었다. 같은 서식지에서도 해조류의 종류 및 성장속도에 따른 차이와 계절적인 차이도 뚜렷하다.^{7,11)} 한편, 패류중의 중금속함량은 카드뮴이 흔적량 정도에서 최고 8.92 ppb까지 검출되었으며, 구리는 1.21에서 67.90 ppm 범위로 나타났고, 납은 흔적량에서 최고 503.36 ppb까지 나타나 패류 종류에 따른 뚜렷한 함량범위의 차이를 보였다. 평균함량은 구리가 월등히 많았고, 다음으로 납과 카드뮴의 순이었다. 패류 종류별로 보면 카드뮴은 피조개에서 가장 많이 나타났고, 그 다음으로 키조개, 굴 및 돌부지 등의 순이었으며, 납은 키조개가 452.26 ppb로 가장 함량이 높았고, 다음으로 굴 및 가리맛조개의 순이었으며, 나머지 다른 조개의 경우는 흔적량 정도만이 검출되었다. 구리는 동족, 키조개, 개량조개 및 새조개 등이 50 ppm 정도의 범위였으며 다른 패류의 거의 대부분이 10-30 ppm 정도의 함량범위를 나타내었다. 1999-2000년도에 걸쳐서 남해안 주요 양식산 패류인 굴, 진주담치, 바지락 및 피조개에 대한 함량을 분석한 결과와 본 실험에서 동일한 시료에 대한 결과를 비교해보면, 납은 남해안산에 비해서 낮은 함량을 나타낸 반면, 카드뮴은 오히려 높은 경향을 나타내었다.¹²⁾ 이러한 차이는 패류는 서식해수 중에 용해되어 있는 특정한 금속이온을 먹이섭취과정에서 선택적으로 축적하고, 서식지역, 시기 및 분석방법 등에 따라서도 다소 차이난다고 보고되었다.¹³⁻¹⁵⁾ 중금속에 대해서는 세계 여러 나라에서 국민 건강을 보호하기 위하여 식품중에 함유된 중금속에 대하여 기준치를 설정하여 관리하고 있다. 우리나라에서도 식품의 규격을 정하는 식품공전에서는 수산물의 경우 식품별로 정해져 있지 않는데 생물기준으로 해산 어패류의 중금속 허용기준치는 수은 0.5 ppm 이하, 납과 카드뮴 2.0 ppm 이하(패류 2.0 ppm 이하)로 되어 있다.

Table 1. Amounts of heavy metals from 3 halophytes living in the beach sediment at Taean and Yongjong island (dry weight)

Samples	Elements			
	Hg (ppb)	Pb (ppb)	Cd (ppb)	Cu (ppm)
<i>Salicornia herbacea</i> L.	trace-0.56(0.31)*	trace	2.38-3.61(3.03)	44.65-89.34(76.00)
<i>Suaeda asparagoides</i> MIQ.	0.33-0.91(0.69)	trace	0.64-0.97(0.86)	12.93-26.33(18.31)
<i>Suaeda japonica</i>	trace-1.24(0.08)	trace	0.85-1.46(1.31)	36.44-62.16(47.81)
Average	0.36±0.3	trace	1.73±1.1	47.37±28.8

*The number in the parenthesis represents average value.

Table 2. Amounts of heavy metals from 14 shellfishes living in the beach sediment at Taean and Yongjong island (dry weight)

Samples	Elements		
	Pb (ppb)	Cd (ppb)	Cu (ppm)
<i>Ruditapes philippinarum</i>	trace	trace	4.97-7.88(6.05)
<i>Macra veneriformis</i>	trace	0.44-0.67(0.51)	48.32-67.90(55.09)
<i>Atrina pectinata</i>	389.24-503.36(452.26)	3.87-5.44(4.32)	*>50.00(>50.00)
<i>Solen corneus</i>	trace	1.06-1.86(1.49)	1.21-1.64(1.40)
<i>Scapharca broughtonii</i>	trace4.27-8.92(7.60)		9.03-13.56(11.83)
<i>Sinonovacula constricta</i>	76.04-94.88(85.77)	trace	5.38-9.04(7.20)
<i>Cyclina sinensis</i>	trace	1.43-2.20(1.79)	12.02-12.84(12.53)
<i>Glossaulax didyma</i>	trace	trace	15.96-18.68(17.20)
<i>Rapana venosa</i>	trace	trace	16.03-19.34(17.86)
<i>Macra chinensis</i>	trace)	trace	44.78-53.08(49.11)
<i>Fulvia mutica</i>	trace	trace	>50.00(>50.00)
<i>Crassostrea gigas</i>	135.85-212.04(168.04)	1.65-2.37(2.10)	12.83-19.47(15.68)
<i>Mytilus edulis</i>	trace	1.66-2.31(1.85)	28.55-36.38(31.17)
<i>Trapezium liratum</i>	trace	1.55-2.64(1.96)	22.58-29.54(25.78)
Average	50.43±192.3	1.54±2.3	>25.06±18.7

*Heavy metal concentration in the analysed samples of these species was upper the detection limit.

따라서 본 연구결과에서 알 수 있듯이 염생식물 및 패류에서의 평균함량이 중금속 허용기준치에 훨씬 미치지 않아 식품위생학적인 면에서 안전한 것으로 판단된다.¹⁶⁾

염생식물 및 패류중의 미네랄 함량. 염생식물과 패류에 함유되어 있는 미네랄 중 인체의 신진대사에 필수적인 주요 미량원소 분석한 결과를 Table 3과 4에 나타내었다. 염생식물에서 원소종류별에 따른 함량은 칼슘 2,743.66-6,725.08(평균 4,475.62) ppm, 철 387.63-11,346.90(평균 3,936.16) ppm, 인 780.92-3,980.82(평균 2,145.36) ppm, 아연 48.23-880.66(평균 314.53) ppm으로 나타났고, 원소별 평균함량이 가장 많은 것은 칼슘, 철, 인, 아연의 순이었으며, 식물종류별로는 칼슘의 경우 나문재 및 칠면초가 비슷하면서 높은 함량을 나타내었고, 통통마디는 상대적으로 낮은 함량을 보였으며, 철은 나문재가 평균함량이 10,568.12 ppm으로 월등히 높은 함량을 나타내었고, 칠면초와 통통마디는 484.04-756.34 ppm의 범위를 나타내었다. 인은 칠면초, 나문재, 통통마디의 순이었으며, 아연은 통통마디, 나문재, 칠면초의 순의 함량을 나타내었다. 이상의 결과에서 같은 염생식물이라도 식물종류 및 원소종류에 따라서 중금속과 미네랄의 함량이 뚜렷하게 차이가 나타났다. 패류의 경우 원소종류별 함량은 칼슘 972.98-15,287.20 ppm, 철 77.26-3,999.56 ppm, 인 3,782.33-9,750.62 ppm, 아연 7.65-750 ppm 이상의 함량분포를

나타내었다. 패류종류별 평균함량을 조사한 결과, 칼슘이 가장 많은 것은 진주담치가 12,815.26 ppm으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 다음으로 맛조개, 가무락, 동죽 등의 순이었으며, 함량이 가장 낮은 것은 가리맛조개로 1,123.23 ppm이었다. 철은 새조개가 3,668.52 ppm으로 가장 함량이 높았으며, 다음으로 맛조개, 동죽, 개량조개 및 진주담치가 1,622.08-2,648.44 ppm 범위로 나타났고, 나머지 조개는 모두 1,000 ppm 이하였으며, 특히 피뽕조개는 94.90 ppm으로 가장 낮은 함량을 보였다. 인은 패류 및 원소종류에 관계없이 4203.24-8423.68 ppm으로 비교적 고른 분포를 보였는데 그 중에서 함량이 높은 것은 개량조개, 가리맛조개, 진주담치 등이었다. 아연의 경우, 함량이 가장 많은 것은 키조개 및 굴이 750.00 ppm 이상의 함량을 나타내 다른 패류에 비해서 월등히 높았고, 진주담치가 130.46 ppm인 것을 제외하면 패류의 대부분 80 ppm 함량 이하의 분포를 나타내었다. 스페인산 염생식물에서의 중금속함량의 조사결과에서 납은 trace-445, 구리 7-1,517(209.5), 아연 32-2,800(522.8), 철 108-25,350(3,718.5) ppm으로 나타나 납과 구리는 서해안산 염생식물에 비해 상당히 높은 함량을 나타내었고 철과 아연은 비슷한 값을 나타내었으며, 함량이 높은 무기질로는 철, 아연, 구리, 납의 순으로 나타나 본 연구결과와 잘 일치하였다.¹⁷⁾

갯벌과 해수중의 중금속 함량. 염생식물과 패류의 주된 서

Table 3. Amounts of minerals from 3 halophytes living in the beach sediment at Taean and Yongjong island (ppm, dry weight)

Samples	Elements			
	Ca	Fe	P	Zn
<i>Salicornia herbacea</i> L.	2,743.66-3,824.12 (3,015.54)	667.40-823.62 (756.34)	780.92-1,078.56 (953.22)	560.83-880.66 (750.00)
<i>Suaeda asparagoides</i> MIQ.	3,971.83-6,725.08 (5,175.80)	8,980.72-11,346.90 (10,568.12)	1,567.34-2,472.86 (1,939.44)	102.27-167.88 (134.85)
<i>Suaeda japonica</i>	4,063.26-5,864.88 (5,235.41)	387.63-563.88 (484.04)	2,891.42-3,980.82 (3,543.42)	48.23-67.54 (58.73)
Average	4,475.62±1,264.7	3,936.16±5,745.1	2,145.36±1,307.3	314.53±379.0

*The number in the parenthesis represents average value.

Table 4. Amounts of minerals from 14 shellfishes living in the beach sediment at Taean and Yongjong island (ppm, dry weight)

Samples	Elements			
	Ca	Fe	P	Zn
<i>Ruditapes philippinarum</i>	972.98-3,122.84 (1,915.47)	21.24-82.50 (350.06)	6,638.80-8,202.44 (7243.24)	68.32-83.46 (71.32)
<i>Mactra veneriformis</i>	4,735.72-7,166.22 (6,195.12)	1,954.02-2,792.08 (2268.00)	6,023.58-6,486.92 (6203.44)	66.48-86.42 (72.40)
<i>Atrina pectinata</i>	1,426.72-2,133.53 (1,739.71)	882.04-1,256.88 (986.38)	6,205.25-7,024.08 (6263.82)	*>750 (>750.00)
<i>Solen corneus</i>	5,683.91-7,482.12 (6,795.05)	2,457.90-2892.12 (2648.44)	4,898.84-6,379.34 (5263.66)	70.12-82.08 (73.48)
<i>Scapharca broughtonii</i>	1,246.24-3,267.52 (2,975.36)	292.04-402.22 (354.02)	3,782.33-5,425.66 (4683.40)	67.32-94.53 (85.96)
<i>Sinonovacula constricta</i>	987.22-1,421.88 (1,123.23)	557.25-801.42 (658.22)	7,833.40-9,750.62 (8163.36)	60.28-71.22 (65.47)
<i>Cyclina sinensis</i>	6,016.98-6,936.34 (6,615.80)	650.44-908.2 (882.00)	3,894.08-5,204.40 (4663.62)	60.52-68.34 (63.04)
<i>Glossaulax didyma</i>	1,865.28-3,169.36 (2,255.52)	201.54-312.04 (252.02)	5,133.42-5,892.30 (5403.46)	76.58-97.46 (87.54)
<i>Rapana venosa</i>	2,252.78-3,625.20 (2,475.04)	77.26-112.02 (94.90)	3,793.03-4,733.94 (4203.24)	7.65-13.21 (10.45)
<i>Mactra chinensis</i>	3,636.44-4,832.76 (4,415.62)	1,984.82-2,745.90 (2228.36)	6,734.54-9,721.74 (8423.68)	34.22-45.33 (37.82)
<i>Fulvia mutica</i>	2,011.63-2,633.80 (2,395.29)	3,342.51-3,999.56 (3668.52)	6,054.45-8,273.30 (6403.12)	12.68-26.30 (16.93)
<i>Crassostrea gigas</i>	4,588.27-6,753.22 (5,135.51)	136.42-322.78 (218.24)	4,753.22-6,012.32 (5103.34)	>750 (>750.00)
<i>Mytilus edulis</i>	10,342.12-15,287.20 (12,815.26)	1,344.72-2,254.38 (1622.08)	7,623.88-9,564.24 (8123.54)	114.56-152.42 (130.46)
<i>Trapezium liratum</i>	756.34-6,566.26 (5,315.62)	882.40-1,204.68 (948.04)	5,742.44-7,585.20 (6243.41)	58.12-67.88 (61.69)
Average	4,440.54±3093.2	1227.09±1094.9	6170.60±1386.3	>162.11±250.6

*Heavy metal concentration in the analysed samples of these species was upper the detection limit.

Table 5. Amounts of inorganic metal ions from beach sediment and seawater at Taean Yongjong island (dry weight)

Items	Elements						
	Pb	Cd	Cu	Ca	Fe	P	Zn
Sediment (ppm)	111.29-158.67 (126.43)*	1.35-2.26 (1.81)	tr.-7.26 (1.42)	790.62-2,560.24 (1,996.34)	1,802.76-5,740.62 (2,949.82)	22.16-45.36 (34.22)	17.54-134.34 (40.02)
sea water (ppb)	tr.-1.01 (0.24)	0.10-0.22 (0.15)	0.06-0.32 (0.12)	NT**	NT	NT	NT

*The number in the parenthesis represents average value.

**NT: not tested

식처인 갯벌과 해수에서의 중금속 및 미량원소 함량을 비교분석하기 위하여 실험한 결과를 Table 5에 나타내었다. 갯벌에서 중금속의 함량분포는 납이 111.29-158.67(평균 126.43) ppm, 카드뮴이 1.35-2.26(평균 1.81) ppm, 구리가 trace-7.26(평균 1.42) ppm이었으며, 해수의 경우, 납은 trace-1.012(평균 0.242) ppb, 카드뮴은 0.10-0.22(평균 0.15) ppb, 구리는 0.064-0.325(평균 0.124) ppm이었다. 미네랄의 경우 갯벌은 칼슘은 790.62-2,560.24(평균 1,996.34) ppm, 철은 1,802.76-5,740.62(2,949.82) ppm, 인은 22.16-45.36(34.22) ppm, 아연은 17.54-134.34(40.02) ppm으로 나타났다. 서해의 갯벌은 수도권에 인접한 지리적인 위치로 인하여 도시 및 생활하수 등으로 인해 인근해역이 중금속으로 오염될 가능성이 높으며 갯벌은 저서생물의 생활환경요인에 중요한 영향을 미치게 할 뿐만 아니라 퇴적물에 퇴적되어 있던

오염물질이 food chain 등을 통해 어패류 및 염생식물의 체내에 축적되므로 이에 대한 조사가 특히 중요하리라 생각된다. 진해만과 거제·한산만 일원의 퇴적물에 대한 연구결과와 비교해 볼 때 납과 카드뮴의 평균 농도는 각각 29 ppm과 0.6 ppm인데 비해 영종도 일원의 납과 카드뮴의 평균함량은 126.43 ppm과 1.81 ppm으로 상대적으로 높은 농도를 나타내었으나 구리와 아연은 오히려 낮은 농도분포를 나타냈다.¹⁸⁾

염생식물 및 패류중의 무기이온 축적률. 해수 및 갯벌로부터 염생식물과 패류가 축적하는 중금속 및 미량원소 축적률을 Table 6에 나타내었다. 염생식물의 경우, 카드뮴은 갯벌에 대해 평균축적률이 1.0배로 갯벌에서의 농도와 동일한 축적률을 나타냈고, 인 및 구리는 각각 63.1과 33.4배로 다른 원소에 비해 비교적 높은 축적률을 나타냈다. 납의 경우는 해수 및 갯벌에

Table 6. Average accumulation ratio of inorganic metal ions from halophytes and shellfishes living in the beach sediment at Taean and Yongjong island

Samples	Items	Elements						
		Pb	Cd	Cu	Ca	Fe	P	Zn
Halophytes								
<i>Salicornia herbacea</i> L,	*SW	-	20.2	633.3	-	-	-	-
	MF	-	1.7	53.5	1.5	0.3	28.0	18.8
<i>Suaeda asparagoides</i> MIQ	SW	-	5.7	152.6	-	-	-	-
	MF	-	0.5	12.9	2.6	3.6	57.0	3.4
<i>Suaeda japonica</i>	SW*	-	8.7	398.4	-	-	-	-
	MF	-	0.7	33.7	2.6	0.2	104.2	1.5
Average	SW		11.5 ± 7.7	394.8 ± 240.4				
	MF		1.0 ± 0.6	33.4 ± 20.3	2.2 ± 0.6	1.4 ± 1.9	63.1 ± 38.5	7.9 ± 9.5
Shellfishes								
<i>Ruditapes philippinarum</i>	SW	-	-	18.7	-	-	-	-
	MF	-	-	4.2	1.0	0.1	213.0	1.8
<i>Mactra veneriformis</i>	SW	-	3.4	170.0	-	-	-	-
	MF	-	0.3	38.1	3.1	0.8	182.5	1.8
<i>Atrina pectinata</i>	SW	1884.4	28.8	>154.3	-	-	-	-
	MF	3.6	2.4	>34.6	0.9	0.3	184.2	**>18.8
<i>Solen corneus</i>	SW	-	9.9	4.3	-	-	-	-
	MF	-	0.8	1.0	3.4	0.9	154.8	1.8
<i>Scapharca broughtonii</i>	SW	-	50.7	36.5	-	-	-	-
	MF	-	4.2	8.1	1.5	0.1	137.7	2.2
<i>Sinonovacula constricta</i>	SW	357.4	-	22.2	-	-	-	-
	MF	0.7	-	5.0	0.6	0.2	240.1	1.6
<i>Cyclina sinensis</i>	SW	-	11.9	38.7	-	-	-	-
	MF	-	1.0	0.7	3.3	0.3	137.2	1.6
<i>Glossaulax didyma</i>	SW	-	-	53.1	-	-	-	-
	MF	-	-	11.9	1.1	0.1	158.9	2.2
<i>Rapana venosa</i>	SW	-	-	55.1	-	-	-	-
	MF	-	-	12.3	1.2	tr	123.6	0.3
<i>Mactra chinensis</i>	SW	-	-	151.6	-	-	-	-
	MF	-	-	33.9	2.2	0.8	247.8	1.0
<i>Fulvia mutica</i>	SW	-	-	>154.3	-	-	-	-
	MF	-	-	>34.6	1.2	1.2	188.3	0.4
<i>Crassostrea gigas</i>	SW	700.2	14.0	48.4	-	-	-	-
	MF	1.3	1.2	10.8	2.6	0.1	150.1	>18.8
<i>Mytilus edulis</i>	SW	-	12.3	96.1	-	-	-	-
	MF	-	1.0	21.5	6.4	0.6	238.9	3.3
<i>Trapezium liratum</i>	SW	-	13.1	79.6	-	-	-	-
	MF	-	1.1	17.8	2.7	0.3	183.6	1.5
Average	SW	980.7 ± 801.2	18.0 ± 15.0	64.5 ± 122.4				
	MF	1.9 ± 1.5	1.5 ± 1.2	13.8 ± 13.5	2.2 ± 1.6	0.4 ± 0.4	181.5 ± 40.8	3.0 ± 6.3

*SW: seawater, MF: sediment

**Heavy metal concentration in the analysed samples of these species was upper the detection limit.

서의 평균값은 0.24 및 126.43 ppb의 수준이었으나 염생식물에서는 흔적량 정도로만 확인되어 이러한 결과를 미루어 볼 때 염생식물은 납을 선택적으로 흡수하지 않는 것으로 추정된다. 한편, 해수중의 무기질농도와 해조류중의 무기질농도와의 상관성이 적다는 보고를 미루어 볼 때 염생식물도 해수와의 상관관계는 적을 것으로 추측되며, 주변 환경수 중의 영양염류 및 전해질의 농도와 생물중의 해당 성분간의 관계에 관하여는 더욱 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.^{19,20)}

패류에서의 해수에 대한 중금속 축적률은 카드뮴이 18.0인데

비하여 납은 980.7배로 나타나 패류는 대사과정에서 납을 선택적으로 축적하는 것으로 생각되며, 갯벌에 대한 축적률은 납이 0.7-3.6배, 카드뮴이 0.3-4.2배, 구리가 0.7-38.1배를 나타내었고, 미량원소의 경우 갯벌에 대한 축적률은 칼슘이 0.6-6.4배, 철이 trace-1.2배, 인이 123.6-247.8배, 아연이 0.3-18.8배 이상을 각각 나타내 인을 제외하고는 비교적 낮은 축적률을 나타내었다. 아연의 경우 키조개 및 굴에서는 18.8배 이상을 나타내어 굴 및 키조개에 있어서 특히 함량이 높은 것은 패류의 생리조절을 위한 필수 원소로 필요하기 때문인 것으로 알려져 있다.^{21,22)}

감사의 글

본 연구는 국립수산물과학원(RP-2006-BT-003)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Lee, B. H., Moon, Y. H., Jeong, B. C. and Kim, K. S. (2002) Growth characteristics and its potentiality of use of halophyte, *Suaeda asparagoides* MIQ. *Kor. J. Intl. Agri.*, **14**, 87-93.
2. Han, S. K. and Kim, S. M. (2003) Antioxidative effect of *Salicornia herbacea* L. grown in closed sea beach. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **32**, 207-210.
3. Park, S. H and Kim, K. S. (2004) Isolation and Identification of antioxidant flavonoids from *Salicornia herbacea* L. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, **47**, 120-123.
4. Jo, Y. C., Ahn, J. H., Chon, S. M., Lee, K. S., Bae T. J. and Kang, D. S. (2002) Studies on pharmacological effects of Glasswort (*Salicornia herbacea* L.). *Korean J. Medical Crop Sci.*, **10**, 93-99.
5. Choo, Y. S., Do, J. W. and Song, S. D. (1999) Free amino acid and nitrogen contents of the coastal plants in Korea. *Korean J. Ecol.*, **22**, 109-117.
6. Han, S. K., Kim, S. M. and Pyo, B. S. (2003) Antioxidative effect of glasswort (*Salicornia herbacea* L.) on the lipid oxidation of pork. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.*, **23**, 46-49.
7. Sawidis, T., Brown, M. T., Zachariadis, G. and Sratis, I. (2001) Trace metal concentrations in marine macroalgae from different biotopes in the Aegean Sea. *Env. Int.*, **27**, 43-47.
8. Hashim, M. A and Chu, K. H. (2004) Biosorption of cadmium by brown, green, and red seaweeds. *Chem. Eng. J.*, **97**, 249-255.
9. Filho, G. M. A., Karez, C. S., Andrade, L. R., Valentin, Y.Y. and Pfeiffer, W.C. (1997) Effects on growth and accumulation of zinc in six seaweed species. *Ecotox. Env. Safe.*, **37**, 223-228.
10. Villares, R., Puente, X. and Carballeira, A. (2002) Seasonal variation and background levels of heavy metals in two green seaweeds. *Env. Poll.*, **119**, 79-90.
11. Lares, M. L., Munoz, G. F. and Lara, R. L. (2002) Temporal variability of bioavailable Cd, Hg, Zn, Mn and Al in an upwelling regime. *Env. Poll.*, **120**, 595-608.
12. Kim, J. H., Lim, C.W., Kim, P. J. and Park, J. H. (2003) Heavy metals in shellfishes around the South coast of Korea. *J. Food. Hyg. Safety*, **18**, 125-132.
13. Philip, S. R. (1995) Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.*, **31**, 183-192.
14. Hwang, G. C., Song, K.C., Wi, C. H., Park, J. H. and Kim, S. J. (1993a) Heavy metal concentration of sea water and shellfish in Charanman-Saryangdo and Mirukdo area. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea*, **48**, 61-69.
15. Hwang, G. C., Song, K.C., Wi, C. H., Park, J. H. and Kim, S. J. (1993b) Heavy metal concentration of sea water and shellfish in Kamak bay. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea*, **48**, 70-89.
16. Korea Food & Drug Administration. (2004) Food Code.
17. Luque, C. J., Castellanos, E. M., Castillo, J. M., Gonzalez, M., Gonzalez-Vilches, M. C. and Figueroa, M. E. (1999) Metals in Halophytes of a contaminated Estuary (Odiel saltmarshes, SW Spain). *Mar. Poll. Bull.*, **38**, 49-51.
18. Lee, P. Y., Kwon, N. Y., Kang, C. M., Choi, H. G. and Mun, J. W. (1986) The heavy metal contents in sediments in Jinhae Bay and Kojae-Hansan bay. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea*, **39**, 51-58.
19. Noda, H. (1983) Biochemistry and utilization of marine algae. Nippon Suisan Gakkai, Tokyo.
20. Cho, D. M., Kim, D. S., Lee, D. S., Kim, H. R. and Pyeun, J. H. (1995) Trace components and functional saccharides in seaweed-1. Changes in proximate composition and trace elements according to the harvest season and places. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **28**, 49-59.
21. Kamimura, S. I. (1981) Variation of copper concentration in cultured juvenile scallops with their growth. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **47**, 1379-1381.
22. Kamimura, S. I. (1982) Variation of zinc and cadmium levels in cultured juvenile scallops with their growth. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **48**, 861-863.