

Evaluation of mineral, heavy metal and phthalate contents in mudflat solar salt and foreign salt

Hag-Lyeol Kim, In-Seon Lee, In-Cheol Kim*

Department of Food Engineering, Solar Salt and Halophyte Research & Development Center, Mokpo National University, Muan 534-729, Korea

국내산 갯벌천일염과 외국산 소금의 미네랄, 중금속 및 phthalate 함량 평가

김학렬 · 이인선 · 김인철*

국립목포대학교 식품공학과/천일염 및 염생식물 산업화 사업단

Abstract

The purpose of this study was to evaluate a phthalate, heavy metal contents and physicochemical quality properties in Korean mudflat solar salt and foreign salts. DEHP in mudflat solar salt (MSS) was detected a low level (9.00~669.89 ppb), but it was shown a high level excess to 1.5 ppm criteria in the foreign solar salt (FSS) 5 type (3,440.64, 3,266.56, 2,189.65, 4,010.69, 4,554.20 ppb) and foreign large solar salt (FLSS) 1 type (1,983.27 ppb). Also, DEHP in FSS 2 type (930.15, 1,310.07 ppb) and FLSS 1 type (924.92 ppb) was detected a high level not excess to criteria. No detected DMP, DEP, DIBP, DBP, DAP, BBP, DCHP and DEHA contents in MSS and foreign salt (FS). Na ion was shown a significantly higher level ($p<0.05$) in FS (407,345.87~426,612.14 ppm) than in MSS (363,633.98 ppm), but it was shown a high level in Mg ($p<0.01$), K ($p<0.05$), Ca ion ($p<0.05$) of FSS compared to foreign refined salt (FRS). Cl ion (532,727.07 ppm) of MSS was the most low level ($p<0.001$) compared to FS, but it was shown a high level ($p<0.001$) in Br ion (625.07 ppm). SO_4 ion was not shown a significant difference in DS and FS. It was display a high level in Mn of MSS, and Al, Fe of FLSS. Heavy metal contents (As, Cd, Pb and Hg) in MSS and FS was not significant difference, it was safety level as edible salt.

Key words : mudflat solar salt, foreign salt, mineral, heavy metal, phthalate

서 론

현행 식품위생법상 식염은 천일염을 포함하여 정제소금, 재제소금, 태움·용융소금, 기타소금 및 가공소금으로 분류(1)되고 있으나, 국내에서 갯벌천일염(mudflat solar salt; MSS)을 생산하는 염전의 생산·관리 등에 구체적인 기준이 제시된 바 없어 안전성 및 위생상의 문제가 끊임없이 제기되고 있다. 특히 한국에서 갯벌천일염을 생산하기 위한 염전 결정 바닥재는 주로 폴리염화비닐(polyvinyl chloride; PVC)을 사용하고 있으며, 염전의 결정바닥재로서 이용되는 PVC는 가격이 저렴하고, 신축성 및 내구성 등이 우수하여 폭넓게 사용되고 있다(2,3). PVC는 고분자 물질의 유연

성과 가소성을 증가시키기 위해 phthalate 화합물을 사용하는데, dimethyl phthalate(DMP), diethyl phthalate(DEP), diisobutyl phthalate(DIBP), di-n-butyl phthalate(DBP), diamyl phthalate(DAP), butylbenzyl phthalate(BBP), dicyclohexyl phthalate(DCHP), di-(2-ethylhexyl) phthalate(DEHP) 및 di-(2-ethylhexyl) adipate(DEHA) 등 20여종이 분류되어 있으며, 세계적으로 연간 생산량이 270만 톤으로 이중 DBP와 DEHP가 전체 생산량의 약 80%를 차지하는 것으로 보고된 바 있다(4). Phthalate 및 adipate를 사용한 폴리염화비닐은 전선, 타일, 도료 등과 같은 공업용 뿐 만 아니라 가정용 및 업소용 랩과 과일 야채 등의 식품용기로 널리 사용되고 있으나 식품과 접촉해 사용하면 식품으로 이행될 가능성이 있는 것으로 보고된 바 있으며(5), 이는 잠재적 독성물질 및 내분비계 장애물질과 같은 유사환경호르몬으로 규정하고 있다(6-9). 이러한 측면에서 최근 PVC를 오랜 기간 동안

*Corresponding author. E-mail : ickim@mokpo.ac.kr
Phone : 82-61-450-6324, Fax : 82-61-450-6325

염전에서 사용할 경우, 중금속 및 phthalate 화합물이 천일염으로 유입되는가에 대한 논란이 거듭되면서 인체 안전성에 대한 문제가 제기되고 있으며(2,10), 천일염에 함유된 유해성분이 PVC 장판에서 유래되는지 또는 해수로부터 유래되는지에 대한 정확한 분석 또한 요구되고 있는 실정이다. 더욱이 다양한 종류의 외국산소금이 상업적으로 유통되고 있지만, 외국산 소금의 성분분석과 위해성에 관한 연구는 매우 제한적이며, 해수를 이용한 소금의 중금속 함량을 제시한 연구가 일부 보고(11-14)되었으나, phthalate 화합물의 정보를 제시한 연구는 전무한 상태이다.

본 연구는 국내 천일염 생산 대표지역의 갯벌천일염 15종과 외국산 소금 38종에 대한 이화학적 품질 특성, 중금속 함량 및 phthalate 화합물의 오염 수준을 평가하여 소금의 우수성 및 안전성을 구명하는 것이다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용한 소금은 크게 국내산소금(domestic salt, DS)과 외국산소금(foreign salt, FS)으로 구분하며, 국내산 갯벌천일염(mudflat solar salt, MSS) 15종(전남 신안군 6종, 전북 부안군 9종), 외국산 해수염(foreign sea salt, FSS) 23종(일본소금 19종, 이탈리아소금 1종, 인도네시아소금 1종, 호주소금 2종), 외국산 천일염(foreign large solar salt, FLSS) 8종(중국소금 4종, 프랑스소금 1종, 베트남소금 2종, 멕시코소금 1종), 외국산 재제염(foreign refined salt, FRS) 7종(프랑스소금 2종, 호주소금 1종, 벨기에소금 1종, 아르헨티나소금 1종, 이탈리아소금 1종, 뉴질랜드 소금 1종)을 확보하여 실험에 사용하였다. MSS는 원염의 수분함량 11.80%를 원심 분리하여 탈수한 다음 8.00%를 유지하여 사용하였고, 외국산 FLSS는 현지에서 직접 시료를 받아 사용하였으며, FSS는 바닷물을 원료로 사용한 소금으로

정의되며, FSS와 FRS는 수입된 제품에 명시된 제품 유형으로 분류하여 사용하였다.

시약

DMP, DEP, DIBP, DBP, DAP, BBP, 및 DCHP는 Chem Service Co.(Novate Milanese, Italy)에서 구입하였고, DEHP 및 DEHA는 Wako Co.(Osaka, Japan)에서 구입하였다. 그 외 모든 시약은 HPLC 용을 사용하였다.

GC-MS에 의한 phthalate 및 adipate 분석

DMP, DEP, DIBP, DBP, DAP, BBP, DCHP, DEHP 및 DEHA 분석을 위해서 식품공전의 기구 및 용기·포장의 기준과 규격의 시험방법(1)을 적용 하였다. 소금 5 g 과 증류수 25 mL를 250 mL의 삼각플라스크에 넣고 완전히 녹을 때까지 교반하고 이액에 acetone : n-hexane [1:1(v/v)] 50 mL를 가하여 250 rpm에서 30분간 진탕하여 2회 추출하였다. 추출 용액인 acetone : n-hexane 층은 Na₂SO₄를 통과시켜 수분을 제거하였고 2회에 걸쳐 추출된 acetone : n-hexane 층을 합쳐 40℃ 이하의 수욕 상에서 감압 농축한 후 잔류물을 acetone에 녹여 10 mL로 한 액을 시험용액으로 하였다. 각 실험은 삼중분석 하였고 따로 시료를 넣지 않고 시험용액과 동일하게 조작한 액을 공시험용액으로 하였다. 정량분석은 다음 정량식을 사용하여 시료 속 phthalate 및 adipate 농도를 계산하였다.

$$\text{Concentration(ppb)} = \frac{\text{phthalate 농도 (ppb)} \times \text{용액의 부피 (mL)}}{\text{시료의 양}}$$

*시험용액의 phthalate 농도는 시험용액에서 검출된 phthalate 농도에서 공시험용액의 phthalate 농도를 빼준 값임

모든 초자 기구는 유리재질을 사용 하였으며, 세척 후 180℃ 이상에서 2시간 건조하여 오염을 최소화 하였다. Phthalate 9개 항목(DMP, DEP, DIBP, DBP, DAP, DEHA,

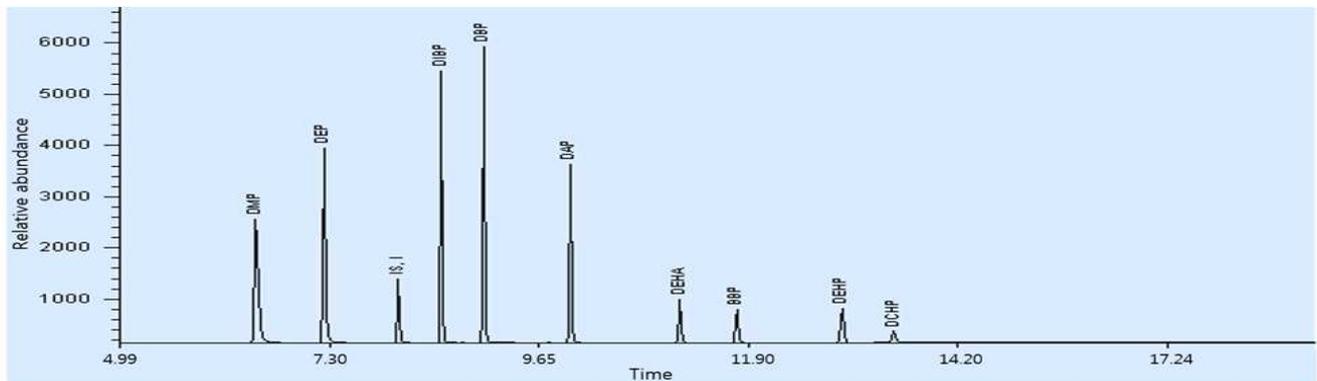


Fig. 1. Total ion chromatogram of nine regulated phthalates and internal standard

The total ion chromatogram (TIC) of the nine phthalate esters (DMP, DEP, DIBP, DBP, DAP, DEHA, BBP, DEHP and DCHP ; 250 ppb each) and internal standard (benzyl benzoate ; 100 ppb)

BBP, DEHP and DCHP ; 250 ppb)과 internal standard(benzyl benzoate ; 100 ppb)에 대한 total ion chromatogram(TIC)은 Fig. 1.에 나타낸 바와 같다.

다량미네랄 및 음이온 분석

DS와 FS의 다량미네랄 함량을 분석하기 위해 AAS (atomic absorption spectrometry, Z-2300, Hitachi, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다. 습식분해법에 따라 시료 약 1 g을 분해플라스크에 넣고 질산 5 mL를 가한 후 내용물이 건고 될 때 까지 가열하였으며, 질산용액(1→2) 10 mL와 70% 과염소산 10 mL를 가하여 가열 시킨 후 고형물이 완전 용해되고 액이 무색이 될 때까지 지속적으로 분해하였다. 분해 후 냉각하여 소량의 물로 직경 9 cm의 자제증발접시에 액을 씻어 옮긴 후 증발건조 시켰으며, 과염소산을 증발시킨 후 잔류물에 염산용액(1→2) 약 10 mL를 가하고 동량의 물로 희석하여 가온 한 후 완전히 녹여서 분석원소에 따라 희석하여 최종시료로 사용하였다. 또한 소금의 음이온 함량을 분석하기 위해서 IC(861 advance compact ion chromatography, Metrohm Co., Herisau Switzerland)를 이용하였으며, 시료 1 g을 3차 증류수 100 mL에 녹여서 여과한 후 이 액을 10배 및 100배 희석하여 시료용액으로 이용하였다.

미량미네랄 및 중금속 함량 분석

시료의 미량 미네랄(Li, Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se, Sr, Ag, U)과 중금속(As, Cd, Pb) 함량을 분석하기 위해 ICP-MS(inductively coupled plasma-mass spectrophotometry, 7500 Series, Agilent Technologies, Colorado Springs, Co, USA)를 이용하여 분석하였다. 먼저 마이크로웨이브(CEM Corp, Matthews, NC, USA)를 이용하여 시료 8개 기준으로 0.1 g에 질산 원액 10 mL를 가하여 1,600 W에서 160°C로 30분 동안 분해하였다. 이후 syringe filter(0.25 µm)로 필터링한 후 볼륨을 100 mL로 해서 최종시료로 사용하였다. 수은(Hg) 분석을 위해 direct mercury analyzer(Milestone DMA-80, Bergamo, Italia)를 이용하였으며, 전용표준시약(MESS-3)을 샘플과 동일한 분석방법으로 하여 standard curve를 구한 후 분석하였다.

통계처리 방법

본 연구의 통계처리를 위하여 SPSS statistical package (18.01, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용 하였으며, 모든 시료에 대해 3회씩 분석하여 평균값을 사용하였다. 각 지역 별 분석 자료에 대해 평균과 표준오차(mean±SE)를 산출하여 제시 하였으며, 평균치 차이를 검증하기 위해서 One-way ANOVA 를 적용하였다. 평균치 차이검증에서 유의한 차이가 나타난 변인에 대해서 사후개별비교(post-hoc, Turkey test)를 실시하였으며, 가설검정은 p<0.05 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

국내산 및 외국산소금의 Phthalate 및 adipate 함량

우선적으로 시료에 함유된 환경호르몬의 검출된 값에 대하여 검출한계(LOD)는 DMP 0.64, DEP 0.88, DIBP 2.10, DBP 0.44, DAP 0.64, DEHA 2.33, BBP 1.78, DEHP 1.72, DCHP 1.20 이었으며, 정량한계(LOQ)는 DMP 2.12, DEP 2.94, DIBP 6.99, DBP 2.48, DAP 2.15, DEHA 7.78, BBP 5.95, DEHP 5.73, DCHP 3.98 이었다. 검출한계 이하는 불검출, 검출한계에서 정량한계 사이의 값은 미량(trace)으로 나타내었으며, LOD 및 LOQ를 고려하여 DS와 FS의 phthalate 및 adipate 함량을 분석한 결과는 Table 1에 나타낸 바와 같다. DMP의 경우, MSS는 불검출~5.77 ppb 범위 였으며, FS는 불검출~6.32 ppb 범위로 무시할 수 있는 수준이었다. DEP의 경우, MSS는 불검출~미량검출, FS는 불검출~125.00 ppb 수준을 나타내었으며, FSS 1종(125.00 ppb)과 FRS 1종(114.57 ppb)에서 다소 높게 검출되었지만 인체 안전성을 우려할만한 수준은 아니었다. DIBP의 경우, MSS는 불검출~미량검출, FS는 불검출~279.43 ppb 수준이 검출되었으며, FRB 2종(279.43, 175.35 ppb)에서 다소 높게 검출되었으나 인체 안전성을 우려할만한 수준은 아니었다. DBP의 경우, MSS는 불검출~33.10 ppb 수준이 검출되었으나 무시할 수 있는 수준 이었으며, FS에서는 FSS 1종(214.92 ppb), FLSS 1종(215.00 ppb), FRS 1종(110.30 ppb)에서 다소 높게 검출되었으나 식품공전의 식품의 기구 및 용기·포장의 기준 규격(염화비닐수지의 DBP 용출규격 0.3 ppm이하)을 초과하는 수준은 아니었으며 그 외 FS에서는 불검출~54.61 ppb 수준이 검출되어 무시할 정도의 수준이었다. DAP의 경우, MSS는 불검출 되었으며, FS에서도 불검출~11.31 ppb 수준으로 무시할 수 있는 수준 이었다. DEHA의 경우, MSS는 불검출 되었으며, FS의 FSS 3종(각각 518.81, 220.68, 492.35 ppb)에서 다소 높게 검출되었으나 기준 규격(염화비닐수지 DEHA 용출규격 18 ppm이하)을 초과하는 수준은 아니었으며, 그 외 FS에서도 불검출~80.38 ppb 수준으로 극미량 수준 이었다. BBP의 경우, MSS는 불검출~19.58 ppb, FS에서는 불검출~8.24 ppb 수준으로 검출되었으나, 기준 규격(염화비닐수지 BBP 용출규격 30 ppm이하)보다 낮은 농도를 나타내어 무시할 수 있는 수준 이었다. DCHP의 경우, MSS는 불검출을 나타내었으며, FS에서도 불검출~20.06 ppb로 무시할 수 있는 수준을 나타내었다. phthalate 중에서 가장 문제가 되는 DEHP는 MSS가 9.00~669.89 ppb 수준이 검출되어 인체 안전성을 우려할만한 수준은 아니었으나, MSS 내에서도 함량 차이가 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 MSS를 생산하는 지역특성에 따라 해수의 오염 정도, 바닥재의 노후 및 바닥재의 재질 차이 등에서 비롯된 것으로 평가된다. 반면에 FS는 FSS 5종(각각 3,440.64, 3,266.56, 2,189.65, 4,010.69, 4,554.20

Table 1. Contents of phthalate and adipate in MSS, FSS, FLSS and FRS

Type ²⁾	Concentration (ppb, mean±2 _{SD})								
	DMP	DEP	DIBP	DBP	DAP	DEHA	BBP	DEHP	DCHP
MSS (n=15)	3.19±2.73 ¹⁾	ND ³⁾	trace	12.22±3.59	ND	ND	trace	530.52±14.79	ND
	5.77±0.79	trace	trace	33.10±11.30	ND	ND	ND	326.42±13.28	ND
	3.60±2.26	ND	ND	ND	ND	ND	ND	669.89±17.29	ND
	3.47±0.44	ND	ND	ND	ND	ND	ND	56.50±9.06	ND
	4.18±0.65	ND	trace	29.28±12.66	ND	ND	ND	9.00±0.26	ND
	ND	ND	trace	19.09±5.64	ND	ND	19.58±0.40	456.14±9.33	ND
	ND	ND	ND	trace	ND	ND	ND	106.17±19.64	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	226.05±22.47	ND
	ND	trace	ND	trace	ND	ND	ND	32.99±2.87	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	66.76±4.67	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	92.08±8.12	ND
	ND	ND	ND	trace	ND	ND	ND	61.90±5.06	ND
	ND	ND	ND	8.29±3.24	ND	ND	ND	55.78±2.83	ND
ND	ND	ND	15.16±7.30	ND	ND	ND	81.22±6.76	ND	
ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	30.21±2.28	ND	
FSS (n=23)	2.31±1.85	9.19±1.09	trace	50.04±12.50	ND	518.81±9.72	ND	3,440.64±74.79	ND
	ND	42.91±4.50	ND	11.16±0.18	ND	ND	ND	20.09±4.02	ND
	ND	trace	ND	trace	ND	trace	trace	15.73±5.82	ND
	ND	trace	trace	2.83±1.96	ND	ND	ND	6.20±0.71	ND
	ND	3.01±0.24	ND	ND	ND	ND	ND	8.42±0.42	ND
	ND	35.79±9.58	ND	trace	ND	ND	ND	385.48±18.86	ND
	ND	4.66±0.78	trace	trace	ND	44.62±2.71	ND	3,266.56±145.91	ND
	ND	trace	trace	trace	ND	ND	ND	trace	trace
	5.22±1.18	trace	8.02±5.36	10.44±3.96	ND	80.38±2.15	ND	171.09±6.50	trace
	ND	14.17±3.00	ND	3.98±1.46	ND	ND	ND	54.56±4.22	trace
	ND	trace	ND	trace	ND	220.68±0.28	ND	930.15±35.32	ND
	ND	ND	trace	4.51±3.52	ND	ND	ND	9.48±2.94	7.73±3.15
	ND	61.73±7.25	40.31±11.76	54.61±18.72	ND	9.47±0.80	ND	503.27±87.08	7.12±2.06
	ND	trace	12.28±3.54	15.71±6.33	5.81±2.22	492.35±35.82	trace	2,189.65±127.07	7.83±4.88
	ND	trace	trace	6.36±3.34	5.90±1.85	trace	trace	26.22±4.87	ND
	trace	34.51±4.68	ND	3.25±1.77	11.23±0.07	ND	trace	24.63±8.13	ND
	ND	3.33±1.15	ND	3.76±1.84	11.26±0.06	trace	trace	15.98±4.44	ND
trace	6.68±0.79	trace	16.59±6.12	ND	trace	trace	4,010.69±123.36	ND	
trace	ND	trace	trace	trace	ND	trace	14.67±5.93	ND	
ND	125.00±12.84	9.16±3.39	19.46±3.65	ND	ND	6.81±5.39	11.33±3.15	ND	
ND	5.46±3.48	ND	3.67±2.36	11.31±0.01	ND	trace	26.62±1.27	ND	
ND	trace	64.53±19.84	214.92±35.10	ND	11.72±4.92	8.24±4.02	4,554.20±153.58	ND	
ND	ND	trace	16.06±3.51	ND	ND	7.19±4.51	1,310.07±68.46	ND	
FLSS (n=8)	5.67±4.31	ND	ND	4.08±0.42	5.98±3.17	trace	trace	335.51±14.58	ND
	5.82±2.77	ND	trace	18.70±8.23	6.35±1.23	ND	trace	375.29±40.26	ND
	6.16±2.46	ND	trace	35.83±8.24	6.27±1.34	trace	trace	924.92±46.84	ND
	ND	ND	ND	4.81±3.97	ND	trace	trace	1,983.27±31.55	ND
	6.32±0.44	13.8±1.62	43.99±7.53	215.00±71.36	ND	ND	ND	88.48±10.64	ND
	ND	3.76±0.14	10.32±1.02	8.58±1.90	ND	ND	trace	10.78±5.12	ND
	5.71±2.14	trace	ND	9.23±3.15	5.57±2.22	ND	ND	184.55±3.18	ND
trace	61.61±4.60	trace	5.90±2.69	trace	ND	trace	555.68±18.19	20.06±4.86	
FRS (n=7)	ND	ND	ND	trace	ND	ND	trace	83.90±18.13	ND
	ND	114.57±0.75	279.43±30.11	16.65±9.12	ND	19.69±3.66	trace	88.45±12.20	ND
	ND	13.63±1.60	175.35±18.65	trace	5.56±2.21	trace	ND	trace	ND
	ND	ND	ND	4.61±0.49	ND	ND	trace	5.89±2.76	ND
	ND	trace	8.88±0.45	5.43±0.89	ND	ND	ND	54.79±8.16	ND
	ND	trace	trace	110.30±14.42	ND	ND	7.47±3.95	23.99±6.29	ND
	ND	trace	11.44±1.13	trace	ND	40.48±1.27	7.15±4.45	8.17±0.41	ND

¹⁾Values are mean and standard deviation of triplicate analysis.²⁾MSS: Mudflat solar salt produced in Korea, FSS: Foreign sea salts, FLSS: Foreign large solar salts, FRS: Foreign refined salts.³⁾ND: Not detected(Below of LOD is none detected), Interval LOD and LOQ is trace.

ppb)과 FLSS 1종(1,983.27 ppb)에서 식품공전의 식품의 기구 및 용기·포장의 기준 규격(염화비닐수지 DEHP 용출규격 1.5 ppm이하)을 초과하는 상당히 심각한 수준의 DEHP가 검출되었으며, FSS 2종(930.15, 1,310.07 ppb) 및 FLSS 1종(924.92 ppb)에서도 상당히 높은 수준이 검출되었다. 국내의 경우, MSS를 생산하기 위한 결정지 바닥재질은 대부분이 PVC를 사용하고 있으며, 이로 인해 바닥재질의 굽힘, 마모현상으로 인해 중금속 및 phthalate 오염에 대한 문제가 일부 연구자들에 의해 제기된 바 있다(2,10). 그러나 이미 본 연구자들이 증명 하였듯이 PVC 바닥재에서 생산한 천일염에서 중금속 및 phthalate 함량이 기준치를 초과하여 검출된 경우는 없었으며, 안전한 수준임을 보고한 바 있다(2). 이러한 결과는 천일염에 포함된 유해물질이 PVC에도 영향이 있겠으나, 또 다른 간섭요인이 있음을 시사하는 것이다. 더욱이 외국의 경우, 소금을 생산하는 결정지에 PVC 장판을 사용하는 사례가 없기 때문에 다양한 외국산 소금에서 국내의 기준치를 초과한 DEHP 함량이 검출 되었다는 것은 이러한 설명을 뒷받침하는 중요한 요인일 것이다. 현재 연구에서 외국산소금(FS)의 경우, 국내 기준치를 초과하여 검출된 DEHP 발생 원인을 명확하게 설명할 수는 없었으나, 소금에 원료가 되는 해수의 오염, 제조과정 및 포장 재질 등도 원인으로 작용될 수 있을 것이다. Lee 등(5)은 phthalate 및 adipate 함량이 높은 식품포장용기를 사용할 경우, 식품에 접촉하여 사용하게 되면 식품으로 이행될 가능성이 있음을 시사하였으며, IARC(15)에서는 plastic packaging film으로부터 이행된 DEHP 양이 오렌지주스, 감자스낵 및 크림스프 등에서 0.05~68.0 mg/kg 이었으며, 식품에서 DEHP와 관련하여 어류, 우유 및 치즈에서 각각 0.2 mg/kg, 31.4 mg/L, 35 mg/kg 이 검출 되었음을 보고 하였다(15,16). 뿐만 아니라 DEHP는 주변환경에도 폭 넓게 오염되어 있어 공기 중에는 0.4~132 ng/m(4,17,18), 강이나 바다 등의 물에는 0.6~300 ug/L 오염 되어 있다고 보고(4,19,20)된 바 있다. 따라서 국내와 같이 소금을 결정하는 결정지 바닥재질이 PVC가 아닐지라도 phthalate에 대한 오염 가능성은 크다고 볼 수 있으며, 외국산 소금일지라도 소금제조에 대한 원료, 생산관리 및 packaging에 대한 철저한 관리가 선행되어야 할 것이다.

다량미네랄 및 음이온 함량

MSS와 FS의 다량미네랄 함량을 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 소금에 포함된 양이온 중 가장 높은 함량을 나타내는 Na 함량은 MSS(363,633.98)에 비해 FSS(407,345.87), FLSS(422,658.75), FRS(426,612.14 ppm)에서 유의하게 높은 수준을 나타내었다($p < 0.05$). 이러한 결과는 국내산 천일염의 Na 함량이 284,400~321,800 ppm 범위(11)였으며, 국내산 토판염에서 351,803 ppm, 국내산 장관염에서 343,298 ppm을 보고(21)한 선행연구결과보다 높은

함량을 보이는 것으로 나타났다. 또한 수입산 천일염의 Na 함량이 338,400~385,000 ppm 범위(21)였으며, 프랑스 천일염에서 358,821 ppm의 함량을 보고(21)한 결과와 비교해 볼 때 본 연구의 MSS 뿐만 아니라 FLSS보다 낮은 함량을 나타내고 있다. 이러한 결과는 소금에 포함된 Na 함량이 품질을 결정하는 중요한 요소가 되지 못한다는 것을 의미하는 것이다. 즉, 소금에 포함된 수분함량의 변화에 따라 Na 함량이 변화될 수 있다는 보고(22)에 따라 이에 대한 정확한 해석을 위해서는 수분과 나트륨 함량을 고려한 세밀한 해석이 필요하다는 것을 시사하는 것이다. Mg 함량은 MSS(6,038.04)와 FSS(8,454.53), FLSS(4,795.75) 및 FRS(141.29 ppm)에서 각각 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.01$). Park 등(11)은 국내산 천일염의 Mg 함량이 10,950~12,650 ppm 범위였음을 보고 하였으며, Lee 등(23)은 8,190 ppm 수준임을 보고하였는데, 이에 비해 본 연구에서는 낮은 수준이었다. 또한 Park 등(11)의 연구에서는 수입산 천일염에서 120~2,780 ppm, Shin 등(12)의 여름과 겨울에 생산한 중국산 천일염에서 각각 8,410 ppm, 7,020 ppm, Jin 등(21)의 프랑스산 천일염에서 4,671 ppm으로 보고하고 있어 함량 차이가 많은 것으로 나타났다. K 함량에 있어서도 MSS(1,812.70)와 FLSS(1,747.25)에서 유의한 차이는 없었으나 FSS(2,143.38)와 FRS(351.29 ppm)간에 각각 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이는 국내산 천일염의 K 함량을 보고한 선행연구에서도 74~141 ppm(11), 2,494 ppm(23) 수준으로 큰 차이가 있었으며, 수입산 천일염에서도 14~27 ppm(11), 프랑스산 천일염에서 1,413.5 ppm(21)을 보고하여 현재연구와 많은 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 Ca 이온은 MSS(1,337.46)에 비해 FLSS(2,271.00)와 FSS(3,105.28)에서 높은 함량을 나타내었으며, FRS(400.86 ppm)에서 가장 낮은 함량을 나타내면서 각각 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 이는 국내산 천일염의 Ca 함량이 676~3,144 ppm(11)범위였으며, 1,459.3 ppm(23), 2,130 ppm(24) 수준을 보고한 선행연구와 유사한 수준이었고, 프랑스 천일염이 1,407 ppm(21), 중국 여름과 겨울 천일염에서 각각 1,470, 2,460 ppm(12)으로 보고하고 있어 본 연구의 FS보다 낮은 수준이었다. 현재 연구에서 보여 지듯이 소금에 포함된 다량미네랄 함량은 연구자들마다 제시한 함량에 차이가 있는 것으로 보여지며, 소금의 품질을 결정할 수 있는 일관성 있는 범위를 제안하지 못하고 있다. 현재연구에서도 MSS의 높은 수분함량으로 인해 탈수된 천일염을 사용함으로써 수분함량을 균형 있게 조절하였으나 낮은 미네랄함량에 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 소금성분 함량을 건조중량이 아닌 습식중량으로 처리하여 분석하기 때문이며, 소금에 포함된 수분함량의 정도에 따라 많은 차이가 있는 것으로 평가된다. 특히 천일염의 경우 수분함량은 생산에서 출하까지 4~20%로 큰 차이를 보이기 때문에 소금의 조성을 비교할 때 수분함

량을 고려하는 것이 절대적으로 필요할 것으로 판단된다 (22).

Table 2. Macro-mineral contents of domestic mudflat solar salts and foreign salts

Type ²⁾	Macro-mineral (ppm)			
	Na	Mg	K	Ca
MSS (n=15)	363,633.98 ^{a,1)} ±4,409.97	6,038.04 ^a ±641.15	1,812.70 ^a ±189.56	1,337.46 ^{ab} ±323.79
FSS (n=23)	407,345.87 ^b ±15,223.10	8,454.53 ^b ±2,277.05	2,143.38 ^b ±441.88	3,105.28 ^b ±524.47
FLSS (n=8)	422,658.75 ^b ±12,230.42	4,795.75 ^c ±1,072.48	1,747.25 ^{ab} ±373.53	2,271.00 ^{ab} ±1021.60
FRS (n=7)	426,612.14 ^b ±15,073.79	141.29 ^d ±62.90	351.29 ^c ±34.81	400.86 ^a ±104.86
F-value	3.535 [*]	5.275 ^{**}	3.476 [*]	3.887 [*]

¹⁾Values are mean±SE.

²⁾MSS: Mudflat solar salt produced in Korea, FSS: Foreign sea salts, FLSS: Foreign large solar salts, FRS: Foreign refined salts.

^{a-c}The different letters in the same column is significant difference at the p<0.05 level by ANOVA.

MSS와 FS에 대한 음이온 함량은 Table 3에 나타난 바와 같다. Cl 이온은 MSS(532,727.07)에 비해 FRS(669,533.29 ppm)에서 높은 함량을 나타내었으며, 대부분의 FS에서 높은 Cl 함량을 나타내면서 각각 유의한 차이를 나타내었다 (p<0.001). Shin 등(22)은 전남 영광의 염산과 백수지역을 구분하여 저장 년수에 따른 천일염의 성분변화 연구에서 Cl 이온이 저장기간이 더해짐에 따라 증가(487,800 ppm~576,600 ppm)하는 것으로 보고하고 있다. 이러한 결과는 Yoon 과 Jang(25)의 연구에서도 1년 숙성 토판염에서 485,966.00 ppm 이었으나, 4년 숙성 천일염에서 575,171.00 ppm으로 증가된 수준을 나타내어 소금에 포함된 Cl 함량이 기간경과에 따라서 증가되는 특성이 있는 것으로 보여진다. Br 이온은 MSS가 FS에 비해 높은 함량을 보였고 FRS(135.47 ppm)에서 가장 낮은 함량을 나타내면서 각각 유의한 차이를 나타내었다(p<0.01). Shin 등(22)의 연구에서 염산과 백수의 1~5년산에서 불검출~910.5 ppm을 나타내었는데 이는 저장 년수가 증가할수록 낮아져 나중에는 검출되지 않는다고 보고하였으며, Yoon 과 Jang(25)의 연구에서도 1년 숙성 토판염에서 541.00 ppm 이었으나, 4년 숙성 천일염에서 421.50 ppm으로 낮아져, 소금에 포함된 Br 함량이 기간경과에 따라서 감소되는 특성이 있는 것으로 나타났다. SO₄ 이온은 MSS와 FS 간에 유의한 차이를 나타내지 않았으며, MSS에서 21,641.33 ppm의 함량을 나타내었는데, FSS에서 32,534.83 ppm으로 가장 높은 함량을 보였다. 이는 Jo 와 Shin(24)의 연구에서 SO₄ 함량인 1.93~3.72%와 비슷한 함량을 나타내었으나 Shin 등(22)이 보고한 SO₄ 함량(1,421.6~3,107.3 ppm)과는 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 천일염에 함유된 염화마그네슘, 황산마그

네슘 및 황산칼슘 등의 황 화합물 관련 불용분은 천일염의 맛에 영향을 미치는 성분으로 이들 불용분이 충분히 제거되지 않을 경우 습기를 흡수하여 녹아내리는 조해현상이 발생하며, 염소와 황산이온 및 사분함량이 높아지는 원인이 되어 천일염의 품질을 저하시킨다고 보고(26)되고 있어 충분한 저장기간이 필요할 것으로 판단된다.

Table 3. Anion content of domestic mudflat solar salts and foreign salts

Salt type ²⁾	Anion (ppm)		
	Cl	Br	SO ₄
MSS (n=15)	532,727.07 ^{a,1)} ±9,836.08	625.07 ^b ±70.88	21,641.33 ^a ±1,721.18
FSS (n=23)	612,142.32 ^{bc} ±15,955.72	444.82 ^{ab} ±71.78	32,534.83 ^a ±7,846.77
FLSS (n=8)	593,131.25 ^{ab} ±14,624.56	245.12 ^a ±27.26	14,947.38 ^a ±1,091.29
FRS (n=7)	669,533.29 ^c ±11,455.05	135.47 ^a ±34.72	21,680.29 ^a ±9,118.14
F-value	10.177 ^{***}	6.331 ^{***}	1.088 ^{ns,3)}

¹⁾Values are mean±SE.

²⁾MSS: Mudflat solar salt produced in Korea, FSS: Foreign sea salts, FLSS: Foreign large solar salts, FRS: Foreign refined salts.

³⁾ns; No significant.

^{a-c}The different letters in the same column is significant difference at the p<0.05 level by ANOVA.

미량미네랄 함량

MSS와 FS의 미량미네랄 13종에 대한 분석 결과는 Table 4에 나타난 바와 같다. Li 이온은 MSS에 비해 FS에서 낮은 함량을 나타내었으나 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. Shin 등(22)은 소금의 미량미네랄은 저장 년수에 따라 꾸준히 감소하고 Li 이온이 25.86~101.34 ppm의 함량을 나타낸다고 보고하였는데 본 연구와 높은 함량차이를 나타내었다. Al 이온은 MSS(8.34), FRS(6.42)와 FSS(4.45)에 비해 FLSS(21.14 ppm)에서 높은 수준을 보였으며, 각각 유의한 차이를 나타내었다(p<0.01). 이는 Kim 등(27)이 보고한 국내산 천일염에서 3.123 ppm보다는 높은 수준이며, 외국산 천일염에서 19.47 ppm으로 현재연구의 FLSS 와 비슷한 수준이었다. Fe 이온 또한 MSS(7.16)에서 가장 낮은 함량을 보였고 FLSS(32.69 ppm)에서 가장 높게 검출되어 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05). 이와는 대조적으로 Mn은 MSS(3.56)와 FLSS(3.47)간에 유의한 차이는 없었으나 FSS(0.42) 및 FRS(0.61 ppm)보다 높은 함량을 나타내면서 유의한 차이를 나타내었다(p<0.001). 또한 Sr의 경우에도 MSS, FSS 및 FLSS에서 유사한 수준이었으나 FRS에서 낮은 수준을 나타내면서 유의한 차이를 나타내었다 (p<0.05). 결과적으로 현재연구에서 미량미네랄의 경우, MSS는 Mn 함량이 높았으며, FLSS는 Al, Fe 함량이 높은 것으로 나타났고, Sr은 재제염(FRS)에서 높은 것으로 나타

Table 4. Trace mineral contents of domestic mudflat solar salts and foreign salts

Type ²⁾	Trace mineral (ppm)												
	Li	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Sr	Ag	U
MSS (n=15)	0.79 ^{a,1)} ±0.28	8.34 ^a ±2.58	1.11 ^a ±0.63	3.56 ^c ±0.96	7.16 ^a ±2.64	0.01 ^b ±0.00	1.18 ^a ±0.86	2.63 ^a ±1.37	7.79 ^a ±3.16	0.14 ^b ±0.04	50.23 ^a ±13.03	0.03 ^a ±0.01	0.00 ^a ±0.00
FSS (n=23)	0.30 ^a ±0.16	4.45 ^a ±0.88	0.21 ^a ±0.07	0.42 ^a ±0.25	9.92 ^{ab} ±3.49	0.00 ^a ±0.00	0.26 ^a ±0.15	0.55 ^a ±0.22	8.12 ^a ±2.11	0.03 ^{ab} ±0.01	45.99 ^a ±9.63	0.02 ^a ±0.01	0.00 ^a ±0.00
FLSS (n=8)	0.49 ^a ±0.13	21.14 ^b ±7.02	0.44 ^a ±0.15	3.47 ^{bc} ±0.68	32.69 ^b ±12.49	0.00 ^{ab} ±0.00	0.07 ^a ±0.04	0.47 ^a ±0.16	3.02 ^a ±0.94	0.08 ^{ab} ±0.02	48.27 ^a ±11.62	0.11 ^a ±0.07	0.01 ^a ±0.00
FRS (n=7)	0.21 ^a ±0.08	6.42 ^a ±2.09	0.36 ^a ±0.16	0.61 ^{ab} ±0.23	10.48 ^{ab} ±3.29	0.00 ^a ±0.00	0.11 ^a ±0.04	0.45 ^a ±0.26	3.69 ^a ±1.22	0.01 ^a ±0.01	15.52 ^b ±4.53	0.16 ^a ±0.10	0.00 ^a ±0.00
F-value	1.394 ^{ns,3)}	5.822 ^{**}	1.427 ^{ns}	7.803 ^{***}	3.762 [*]	0.551 ^{ns}	1.046 ^{ns}	1.869 ^{ns}	0.864 ^{ns}	0.366 ^{ns}	3.163 [*]	2.714 ^{ns}	0.299 ^{ns}

¹⁾Values are mean±SE.

²⁾MSS: Mudflat solar salt produced in Korea, FSS: Foreign sea salts, FLSS: Foreign large solar salts, FRS: Foreign refined salts.

³⁾ns; No significant.

^{a-c)}The different letters in the same column is significant difference at the p<0.05 level by ANOVA.

났다. 그 밖에 미량미네랄에서 MSS, FSS, FLSS 및 FRS 간에 유의한 차이는 없었다.

중금속 함량

MSS 및 FS에 함유된 중금속(As, Cd, Pb & Hg) 함량은 Table 5에 나타낸 바와 같다. As함량은 국내산 천일염에서 0.06 ppm을 나타내었다. Park 등(11)이 조사한 국내산 천일염의 As 함량은 불검출에서 0.12 ppm이었고 Kim 등(27)이 조사한 국내산 천일염의 As 함량은 0.029 ppm으로 보고하였는데 본 연구결과에서는 Park 등(11)의 조사범위 내였으며 Kim 등(27)보다는 높게 검출되었다. FS의 FLSS에서 0.13 ppm으로 Kim 등(27)의 연구에서의 0.07 ppm보다 높은 함량을 나타내었고 FRS에서 0.06 ppm으로 Kim 등(27)의 0.026 ppm보다 높게 검출되었다. FLSS에서 가장 높은 함량을 나타내었지만 시료간의 유의적인 차이는 보이지 않았다. Cd 함량은 시료간의 유의적인 차이는 보이지 않았으며 본 연구에서 MSS 및 FS 모두에서 극미량 검출되었는데 이는 Kim 등(27)의 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 본 연구에서 Pb 함량이 다른 중금속과 비교해 가장 높았는데 이는 Park 등(11)과 Kim 등(27)의 연구결과와 비슷한 수준이었다. 본 연구에서 MSS의 Pb 함량은 0.28 ppm을 나타내었고 Kim 등(27)이 조사한 국내산 천일염에서의 Pb 함량 0.301 ppm과 비슷한 결과를 나타내었으며 FLSS에서 0.12 ppm으로 Kim 등(27)의 연구에서의 0.496 ppm보다 낮은 함량을 나타내었고 FRS에서 0.41 ppm으로 Kim 등(27)의 연구에서 0.184 ppm보다 높게 검출되었다. FRS에서 가장 높은 함량을 나타내었지만 시료간의 유의적인 차이는 보이지 않았다. Hg 함량은 본 연구에서 MSS 및 FS 모두에서 ppb 농도로 검출되어 극미량을 나타내었으며, 이는 Park 등(11), Kim 등(27), Jo 와 Shin(24), Shin 등(22), Seo 등(26)과 유사한 결과를 나타내었다. Ha 와 Park(14)의 연구에서 천일염에서 분리한 간수에 Pb, Al, Cr 등이 소량 검출되었고

Co, Hg, Ni, Se 등도 미량 검출되었다고 보고하여 천일염에서 가능한 간수를 제거하는 것이 필요하다고 하였다. 현행 식품공전에서 식용소금에 대한 중금속 함량은 As 0.5 mg/kg 이하, Pb 2.0 mg/kg 이하, Cd 0.5 mg/kg 이하, Hg 0.1 mg/kg 이하로 규정하고 있다(1). 특히, Cd, Pb, Hg는 FAO/WHO 합동 식품첨가물전문가위원회(Joint Expert Committee on Food Additives : JECFA)에서 감시대상이 되는 금속으로서 인간에게 독성이 있어 잠정주간섭취허용량(provisional tolerable weekly intake : PTWI)을 각각 25, 7, 5 ug/kg/week로 정하여 권고하고 있다(28). 본 연구의 모든 소금에서 식품공전 기준을 초과하지는 않아 소금을 통한 중금속의 섭취는 안전한 수준으로 판단되어진다. 하지만 최근 해양의 이용도가 높아지면서 연안 오염요인이 증가되고 소금의 제조 원료인 해수의 오염이 가속화되고 있는 실정임을 감안하여 중금속에 대한 지속적인 관리가 필요한 것으로 생각되어진다.

Table 5. Heavy metal contents of domestic mudflat solar salts and foreign salts

Type ²⁾	Heavy metal			
	As (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Hg (ppb)
MSS (n=15)	0.06±0.03 ^{a,1)}	0.01±0.01 ^a	0.28±0.08 ^a	0.06±0.01 ^a
FSS (n=23)	0.05±0.02 ^a	0.01±0.01 ^a	0.13±0.04 ^a	0.07±0.01 ^a
FLSS (n=8)	0.13±0.06 ^a	0.01±0.00 ^a	0.12±0.05 ^a	0.10±0.01 ^a
FRS (n=7)	0.06±0.03 ^a	0.01±0.00 ^a	0.41±0.20 ^a	0.10±0.02 ^a
F-value	0.810 ^{ns,3)}	0.220 ^{ns}	2.323 ^{ns}	1.606 ^{ns}

¹⁾Values are mean±SE.

²⁾MSS: Mudflat solar salt produced in Korea, FSS: Foreign sea salts, FLSS: Foreign large solar salts, FRS: Foreign refined salts.

³⁾ns; No significant.

^{a)}The same letters in the same column is not significant difference at the p<0.05 level by ANOVA.

요 약

본 연구는 국내 천일염 생산 대표지역의 갯벌천일염 15 종과 외국산 소금 38종에 대한 이화학적 품질 특성, 중금속 함량 및 phthalate 화합물의 오염 수준을 평가하였다. MSS에서 DEHP는 9.00~669.89 ppb 수준으로 검출되었으나 인체 안전성을 우려할만한 수준은 아니었다. 그러나 FS는 FSS 5종(3,440.64, 3,266.56, 2,189.65, 4,010.69, 4,554.20 ppb)과 FLSS 1종(1,983.27 ppb)에서 DEHP 용출규격 1.5 ppm이하를 초과하는 높은 수준이 검출되었으며, FSS 2종(930.15, 1,310.07 ppb), FLSS 1종(924.92 ppb)에서도 비교적 높은 수준이 검출되었다. 그 외의 phthalate 화합물에서는 MSS와 FS 모두에서 인체 안전성을 우려할만한 수준은 검출되지 않았다. Na 이온은 MSS(363,633.98 ppm)에 비해 FS(407,345.87~426,612.14 ppm)에서 높은 수준($p<0.05$)이었으며, Mg($p<0.01$), K($p<0.05$), Ca 이온($p<0.05$)은 FRS에서 가장 낮은 함량을, FSS에서 가장 높은 함량을 나타내었다. Cl 이온의 경우 MSS(532,727.07 ppm)에서 가장 낮은 함량($p<0.001$)을 나타낸 반면, Br 이온(625.07 ppm)은 가장 높은 함량($p<0.001$)을 나타내었으며 SO_4 이온에서 유의한 차이는 없었다. MSS에서 Mn 함량이 높았으며, Al과 Fe의 함량은 FLSS에서 높은 수준이었다. MSS와 FS의 중금속에서 유의한 차이는 없었으며, 식용소금에 대한 중금속기준을 초과하지는 않아 소금을 통한 중금속은 안전한 수준으로 판단된다.

References

1. Korea Food and Drug Administration (2011) Food standards codex. Korean Food Industry Association, Seoul, Korea
2. Kim HL, Baek HH, Kim IC (2012) Evaluation of plasticizer pollution levels in mudflat solar salt, salt water, and sea water of nationwide saltpan. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 1460-1466
3. Kim HL, Yoo YJ, Lee IS, Ko GH, Kim IC (2012) Evaluation of heavy metal contents in mudflat solar salt, salt water, and sea water in the nationwide salt pan. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 1014-1019
4. Balafas D, Shaw KJ, Whitfield FB (1999) Phthalate and adipate esters in Australia packaging materials. *Food Chem*, 65, 279-287
5. Lee KH, Kwak IS, Jeong DY, Jeon DH, Choi JC, Kim HI, Choi BH, Lee CH, Koo EJ, Lee CW (2001) A study of phthalate and adipate esters in food packaging and packaged foods. *Korean J Food Sci Technol*, 33, 479-485
6. United States Consumer Product Safety Commission (US CPSC) (1985) Chronic hazard advisory panel on di (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP). Report to the United States Consumer Product Safety Commission. Washington. DC, USA
7. Crocker JF, Safe SH, Acott P (1988) Effects of chronic phthalate exposure on the kidney. *J Toxicol Environ Health*, 23, 433-444
8. Kluwe WM, Haseman JK, Huff JE (1983) The carcinogenicity of DEHP in perspective. *J Toxicol and Environ Health*, 12, 159-169
9. Kluwe W (1982) Overview of phthalate ester pharmacokinetics in mammalian species. *Environ Health Perspec*, 45, 3-10
10. Choi H, Kim DP, Nam HJ, Joo MJ, Ko TS (2008) Report of DEHP in saltfarm. Korea Consumer Agency. Webpage: <http://www.kca.go.kr/modules/board/list.jsp>
11. Park JW, Kim SJ, Kim SH, Kim BH, Kang SG, Nam SH, Jung ST (2000) Determination of mineral and heavy metal contents of various salts. *Korean J Food Sci Technol*, 32, 1442-1445
12. Shin DH, Jo EJ, Hong JS (1999) Chemical composition of imported table salts and Kimchi preparation test. *J Fd Hyg safety*, 14, 277-281
13. Kim AK, Cho SJ, Kwak JE, Kum JY (2012) Heavy metal contents and safety evaluation of commercial salts in Seoul. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 129-135
14. Ha JO, Park KY (1998) Compositions of mineral contents and external structure of various salts. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 27, 413-418
15. International Agency for Research on Cancer (1982) Some industrial chemicals and dyestuffs. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Lyon France, 29, 269-294
16. Sharman M, Read WA, Castle L, Gilbert J (1994) Level of di-(2-ethylhexyl) phthalate and total phthalate esters in milk, cream, butter and cheese. *Food Addi Contam*, 11, 37-395
17. Cautreels W, Van CK (1977) Comparison between the organic fraction of suspended matter at a background and an urban station. *Sci Total Environ*, 8, 79-88
18. Eisenreich SJ, Looney BB, Thornton JD (1981) Airborne organic contaminants of great lakes ecosystems. *Environ Sci and Tech*, 15, 30-38
19. Ritsema R (1989) Trace-level analysis of phthalate esters in surface waters and suspended particular matter by means of capillary gas chromatography with electron-

- capture and mass-selective detection. *Chemosphere*, 18, 2161-2175
20. Wams TJ (1987) Diethylhexylephthalate as an environmental contaminants (Review). *Sci Total Environ*, 66, 1-16
 21. Jin YX, Je JH, Lee YH, Kim JH, Cho YS, Kim SY (2011) Comparison of the mineral contents of sun-dried salt depending on wet digestion and dissolution. *Korean J Food Preserv*, 18, 993-997
 22. Shin TS, Park Ck, Lee SH, Han KH (2005) Effects of age on chemical composition in sun-dried salts. *Korean J Food Sci Technol*, 37, 312-317
 23. Lee DK, Choi CR, Cho JY, Kim HL, Ham KS (2008) Physicochemical and sensory properties of salt-fermented shrimp prepared with various salts. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 53-59
 24. Jo EJ, Shin DH (1998) Study of chemical compositions of sun-dried, refined, and processed salt produced in Chonbuk area. *J Food Hyg safety*, 13, 360-364
 25. Yoon HH, Chang HC (2011) Growth inhibitory Kimchi prepared with four year-old solar salt and Topan solar salt on cancer cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 935-941
 26. Seo JH, Kim HJ, Lee SP (2012) Evaluation of the chemical compositions of solar salts produced in Korea. *Korean J Food Preserv*, 19, 554-559
 27. Kim AK, Cho SJ, Kwak JE, Kum JY (2012) Heavy metal contents and safety evaluation of commercial salts in Seoul. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 129-135
 28. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) (2000) Safety evaluation of certain food additives and contaminants. *WHO Food Additives Series* 44. International Programme on Chemical Safety and WHO, Geneva. p 273-391

(접수 2014년 3월 31일 수정 2014년 5월 22일 채택 2014년 6월 27일)