

Evaluation of the Chemical Compositions of Solar Salts Produced in Korea

Ji-Hyun Seo¹, Hyun-Jeong Kim¹ and Sam-Pin Lee^{1,2*}

¹The Center for Traditional Microorganism Resources(TMR), Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

²Dept. of Food Science and Technology, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

국내 시판 천일염의 성분 조사

서지현¹ · 김현정¹ · 이삼빈^{1,2*}

¹계명대학교 전통미생물자원 및 산업화연구센터, ²계명대학교 식품가공학과

Abstract

To evaluate the effect of aging on solar salts produced in Korea, the chemical compositions of the solar salts, including their heavy metal contents, were analyzed after they were aged for one-year (OA) and for three years (TA). The average contents of the components were: sodium chloride; 81.4% (OA) and 90.9% (TA), chloride; 57.7% (OA) and 65.0% (TA), moisture content; 4.7% (TA) and 12.0% (OA), insoluble solids; 0.03% (OA) and 0.04% (TA), and SO₄ ions; and 0.57% (TA) and 0.85% (OA). No significant difference was found, however, in the heavy metal contents. Heavy metals such as As, Pb, and Hg were detected with values far below the maximum permissible limit, and Cd was not detected in the salts. The TA solar salts showed higher values of sodium chloride, chloride, and insoluble solids than the OA solar salts, but the TA solar salts had lower moisture and SO₄ values. These results clearly indicate that the levels of heavy metals in the OA and TA solar salts that are produced in Korea are safe.

Key words : solar salts, sodium chloride, heavy metals

서 론

소금은 인간의 생존에 필수적인 무기물 소재로서, 짠맛을 내는 조미료와 방부력을 갖는 보존료로 이용되기도 하며, 생체내의 신경이나 근육 흥분성을 조절하여 신진대사를 왕성하게 한다. 특히, 체액과 세포의 삼투압성을 유지하고 산과 알칼리의 균형을 이루게 하여 정상적인 생리기능을 유지하는 생체조절 물질로서도 중요하다(1-4).

식염원료는 암염, 염토, 해수 등으로 해수는 암염에 비해 제염 원료로 염도가 낮고 타 염류가 많이 함유되어 있다는 단점도 있지만, 지구상 최대의 염 저장고이며 그 양이 막대하여 쉽게 얻을 수 있는 장점이 있다. 특히 삼면이 바다로 둘러싸여 있는 우리나라는 식염생산에 좋은 자연 지리적 환경을 가지고 있어, 예로부터 많은 양의 식염을 해수로부터

터 생산해 오고 있다. 염전에서 천일염은 3월부터 10월 정도까지 주로 생산되고, 간장, 된장, 고추장, 김치, 젓갈류 등의 우리 전통발효식품 제조에 널리 사용되고 있어 천일염은 아주 중요한 식자재 중의 하나라 할 수 있다(5).

식용 소금은 천일염과 정제염으로 구분되고, 천일염은 태양열과 바람 등 자연을 이용하여 해수를 저류지로 유입하여 바닷물을 단계적으로 농축시켜서 염의 결정으로 얻은 소금이다(6). 반면 정제염은 다시 기계적으로 대량생산되는 기계염과 가열공정을 거친 구운 소금, 볶은 소금, 죽염 등의 가공염으로 구분된다(1). 원료소금을 정제수, 해수 또는 해수농축액 등으로 용해, 여과, 침전, 재결정, 탈수, 염도 조정 등의 과정을 거쳐 제조한 소금을 제제소금이라 하며, 원료소금을 천일염, 제제소금, 태움·용융소금, 정제소금, 기타소금을 50% 이상 사용하여 식품 또는 식품첨가물을 가하여 가공한 소금을 가공소금이라고 한다(7).

천일염은 2008년부터 국내에서 식품으로 분류되면서 천일염에 대한 식품산업에서의 발전이 지속적으로 이루어지

*Corresponding author. E-mail : splee@kmu.ac.kr
Phone : 82-53-580-5554, Fax : 82-53-580-5729

고 있다. 그러나 우리나라 민간에서는 수백 년 전부터 식품으로 천일염을 사용해 왔으며, 다양한 종류의 천일염이 사용되어 왔다(8). 특히 민간에서는 전통적으로 김치나 장류 담금 시 3년 이상 숙성된 천일염을 사용해야 한다는 속설이 있어 왔다(9). 과학적으로 증명된 바는 없었으나, 3년 이상 숙성된 천일염이 전통 발효식품인 김치나 장류의 품질을 우수하게 할 수 있는 중요한 인자라고 믿는 전통 민간방식이 이어져, 오늘 날에도 시판되는 천일염 중 숙성 천일염은 숙성되지 않는 천일염보다 고가의 가격으로 판매되고 있다(10). 이에 숙성한 천일염과 숙성한 한 천일염과의 과학적 성분 분석도 의의가 있다고 하겠다.

한편 천일염은 해수를 원료로 하기 때문에 바다에서 비롯된 함유하는 무기질이 다를 수 있고, 최근에는 해양의 이용도가 높아지면서 연안 오염요인이 증가하여 소금에서 중금속과 같은 유해물질 오염의 가능성도 높아지고 있다(6,11). 또한 천일염의 수입개방으로 외래산 소금이 국내에 자유롭게 반입되고 있어 국내 염업종사자는 큰 위협에 직면하고 있어, 시판중인 국내산 천일염에 대한 좀 더 과학적인 성분이나 품질에 관한 연구 보고가 필요하다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 주로 시판되고 있는 1년산 및 3년산 천일염의 성분 및 비소, 납, 카드뮴, 수은 등 유해 중금속 함량 등의 차이를 비교 분석하였다.

재료 및 방법

실험재료

시료는 국내의 전라남도 여수시 울촌면, 무안군 청계면, 신안군 중도면 및 도초면 그리고 충청남도 태안군 태안읍 등에서 채취한 총 24종의 천일염을 사용하였다. 이때 12종은 1년 묵은 천일염이고, 나머지 12종은 3년 묵은 천일염을 사용하였다.

천일염의 염화나트륨 및 총 염소 함량 측정

천일염에 대하여 식품공전(7)에 따라 염화나트륨 및 총 염소 함량을 측정하였다. 염화나트륨은 각각의 천일염 1 g을 취하여 수욕상에서 증발건조한 후 회화시켜 500 mL의 증류수로 용해하여 시료로 사용하였다. 시료 용액 10 mL를 취하여 크롬산칼륨 시약 2~3 방울을 가한 후 0.02 N 질산은 용액으로 적정하여 아래의 계산식에 따라 계산하여 식염함량으로 표시하였다.

$$\text{식염}(\%) = \frac{b}{a} \times f \times 5.85$$

a: 검체채취량(g)

b: 적정에 소비된 0.02 N 질산은 용액(mL)

f: 0.02 N 질산은 용액의 역가

천일염에 대한 총염소(CI) 함량은 불용분에서의 시료용액 25 mL을 취하여 중화(알칼리성일 때는 질산으로, 산성일 때는 암모니아수로)시킨 후, 250 mL 메스플라스크에 옮겨 희석한 후, 이 용액 25 mL에 10% 크롬산칼륨용액 2방울을 가한 후 0.1 N 질산은 용액으로 붉은색의 침전이 나타날 때까지 적정하여 아래 식에 따라 계산하여 총염소 함량으로 표시하였다.

$$\text{총염소(CI)}(\%) = \frac{0.1 \text{ N 질산은용액의 소비량(mL)} \times 35.45 \times f}{\text{시료의 무게(g)}}$$

f: 0.1 N 질산은용액의 농도계수

천일염의 수분, 불용분 및 황산이온 측정

천일염의 수분, 불용분 및 황산이온 함량은 식품공전(7)에 따라 측정하였다. 먼저 수분함량은 105°C 상압건조법에 따라 측정하였다.

불용분은 시료 10 g을 칭량하여 비이커에 넣고 약 200 mL의 증류수에 용해시켜 미리 100~110°C에서 건조하여 항량을 구한 유리여과기에 여과하고 이 액에서 염소이온이 나오지 않을 때까지 물로 충분히 세척하였다. 씻은 유리여과기는 100~110°C에서 건조한 후 항량을 구하여 정량하였다.

황산이온은 불용분에서의 시료용액 25 mL를 정확히 비이커에 넣고 50 mL 되게 희석한 염산(1:1)을 가하여 산성으로 하고, 끓인 후 5% 염화바륨용액을 서서히 가하여 물중탕에서 가열한다. 약 2시간 가열하고 정량용 거름종이에 여과한다. 잔류물은 더운물로 염소반응이 일어나지 않을 때까지 충분히 씻고 잔류물을 여과지와 함께 건조한다. 이를 도가니에 넣고 탄화시켜 강열, 회화하고 냉각한 후 무게를 달아 아래 식에 따라 황산이온을 계산하였다.

$$\text{황산이온(SO}_4\text{)}(\%) = \frac{\text{잔사의 무게(g)} \times 0.4115}{\text{시료의 무게(g)}} \times 1000$$

천일염의 중금속 함량측정

천일염의 비소(As)함량은 식품공전(7)에 따라, 시료 20 g을 회화시켜 얻은 회분을 물로 녹이고, 염산 4 mL을 가하여 수욕상에서 증발건조한 후, 잔류물에 염산 2 mL을 가하여 가온해서 녹여 여과 후 이를 시험용액으로 하였다. 그중 20 mL을 취하여 브롬페놀블루시약 1 방울을 가하고 암모니아수로 중화시킨 후 염산 5 mL, 요오드화칼륨용액 5 mL 및 산성 염화제일주석시약 5 mL을 넣고 10분간 방치한 다음 물을 가하여 40 mL로 한다. 이에 아연 2 g을 넣고 즉시 비소시험 장치에 연결하여 25°C의 물에 1시간 방치한 후 비색하였다. 표준용액 및 공시험용액은 위와 동일한 방법으로 행하여 비교하였다.

천일염의 납(Pb) 및 카드뮴(Cd) 원소의 분석에 필요한 시험용액은 천일염 일정 양을 Microwave acid digestion system(MARS 5, CEM Corp., Matthews, NC, USA)에 넣고 70% 질산으로 처리하여 분해한 후, 100 mL로 정용하고 표준용액을 얻은 검량선을 이용하여 ICP-OES(Optima 7000DV, Perkin-Elmer, Shelton, CT, USA)로 정량하였다. 이때 분석은 nebulizer gas flow: 0.6 L/min, plasma gas flow: 15 L/min, auxiliary gas flow: 0.2 L/min, power: 1500 watts, viewing distance: 15.0, plasma view type: axial의 조건에서 납 및 카드뮴은 각각 220.4 nm 및 228.8 nm에서 측정하였다.

또한 수은(Hg)은 Mercury analyzer(MA-2, NIC, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였으며, 표준용액으로 얻은 검량선을 이용하여 계산하였다.

통계처리

본 연구에 대한 통계처리는 SPSS 18.01(statistical package for the social science, Chicago, IL, USA) P/C package를 이용하여 모든 자료에 대해 평균과 표준편차를 구하였다. 결과는 평균(mean)±표준편차(standard deviation)로 나타냈으며, 각 변수에 대해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다.

결과 및 고찰

천일염 성분분석

국내에서 시판되는 천일염 24종의 식염 및 총염소 함량을 분석한 결과는 Table 1에 나타내었다. 그 결과, 1년산 및 3년산의 식염 함량은 각각 81.4±2.83%, 90.9±1.35%로 나타났고, 1년산 및 3년산의 총염소 함량은 각각 57.7±3.20%, 65.0±5.14%로 나타났다. 즉 1년산 천일염에 비해 3년 묵은 천일염에서 식염 및 염소함량이 높게 나타났다.

Ha와 Park(1)에 의하면 정제염은 99.8%의 NaCl을 함유하고 있으나 천일염과 가공염은 92.4~94.4%의 NaCl를 함유한다고 보고되고, Park 등(12)은 국내 천일염의 NaCl 함량은 80.31~89.84%로 보고되기도 하였는데, 이처럼 천일염에 존재하는 NaCl 함량은 생산되는 지역이나 자연 환경 등에 의해 다소 차이를 보이는 것으로 보인다. 본 실험에서 분석한 천일염의 NaCl 함량은 81.4~90.9%로 1년산, 3년산 차이 없이 Park 등(12)의 보고와 유사한 값을 나타냄을 알 수 있었다.

천일염에 함유된 염화마그네슘, 황산마그네슘 및 황산칼슘 등의 황화합물 관련 불용분은 천일염의 맛에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(13,14). 또한 이들 불용분이 충분히 제거가 되지 않을 경우 유통 중 습기를 빨아들여 녹아내리는 조해현상이 발생하며, 염소와 황산이온 그리고 사분

함량이 높아지는 등 천일염의 품질을 저하시킨다고 한다(14).

천일염 24종의 수분, 불용분 및 황산이온 함량을 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 총 24종 천일염의 수분함량을 비교해보면 1년산은 12.0±1.30%, 3년산이 4.7±1.51%로 나타났다. 이는 1년산 천일염에 비해 3년산 천일염의 수분함량이 낮아 식염함량이 높아졌음(Table 1)을 알 수 있었으며, 수분함량의 차이가 순도에 영향을 미친다는 Jo와 Shin(5)의 결과와도 일치하였다.

불용분의 경우 1년산 천일염은 0.03±0.03%, 3년산 천일

Table 1. Comparison of NaCl and chloride contents in solar salts based on aging period

(unit: %)			
Year	Sample ¹⁾	NaCl	Chloride
1	S1	75.1	60.7
	S2	84.1	61.3
	S3	82.4	59.8
	S4	78.3	62.8
	S5	78.3	52.3
	S6	82.5	55.4
	S7	81.6	55.1
	S8	80.7	55.1
	S9	83.0	57.2
	S10	83.9	56.2
	S11	82.1	60.5
	S12	84.5	56.4
Mean±SD ²⁾		81.4±2.83	57.7±3.20
3	L1	90.8	70.4
	L2	88.7	68.1
	L3	90.6	69.9
	L4	88.6	60.8
	L5	89.6	59.2
	L6	91.2	71.2
	L7	90.5	59.0
	L8	91.8	60.0
	L9	92.6	71.2
	L10	92.6	65.8
	L11	91.8	60.7
	L12	91.5	62.2
Mean±SD		90.9±1.35	65.0±5.14
F value ³⁾		110.172	17.049
p		0.000	0.000

¹⁾S1-S3, Docho; S4-S5, Muan; S6-S9, Taean; S10, Dangjin; S11, Andong; S12, Jongro; L1-L3, Yeulchon; L4-L12, Jeungdo; ²⁾Mean±standard deviation; ³⁾F value and p value analysis of variance shown as a one-way ANOVA.

Table 2. Comparison of moisture, insoluble solid and SO₄ ion contents in solar salts based on aging period

(unit: %)				
Year	Sample ¹⁾	Moisture	Insoluble solid	SO ₄ ion
1	S1	13.1	0.02	0.1
	S2	11.8	0.07	0.8
	S3	12.7	0.01	2.0
	S4	13.9	0.00	0.1
	S5	11.8	0.01	1.7
	S6	12.1	0.03	0.1
	S7	12.4	0.02	0.0
	S8	13.9	0.02	0.0
	S9	11.3	0.05	0.3
	S10	10.0	0.08	0.5
	S11	11.0	0.01	0.9
	S12	10.0	0.01	3.7
	Mean±SD ²⁾	12.0±1.30	0.03±0.03	0.85±1.12
3	L1	2.8	0.05	0.9
	L2	4.4	0.06	0.6
	L3	2.8	0.04	0.4
	L4	7.8	0.07	0.4
	L5	6.4	0.00	0.4
	L6	6.0	0.04	0.2
	L7	5.2	0.05	1.3
	L8	4.9	0.01	1.1
	L9	4.3	0.05	0.3
	L10	3.0	0.01	0.1
	L11	4.9	0.03	1.0
	L12	4.1	0.03	0.1
	Mean±SD	4.7±1.51	0.04±0.02	0.57±0.41
	F value ³⁾	159.515	0.902	0.680
	p	0.000	0.352	0.418

¹⁾S1-S3, Docho; S4-S5, Muan; S6-S9, Taean; S10, Dangjin; S11, Andong; S12, Jongro; L1-L3, Yeulchon; L4-L12, Jeungdo; ²⁾Mean±standard deviation; ³⁾F value and p value analysis of variance shown as a one-way ANOVA.

염이 0.04±0.02%로 비슷한 값을 나타냈다. 소금 중의 불용분은 국내산 천일염이 0.01~1.24%로 보고된 자료(12)에 비해 0.03~0.04%로 소량 함유되어 있음을 알 수 있었다.

또한 황산이온 함량은 1년산 천일염이 0.85±1.12%, 3년산 천일염은 0.57±0.41%로 나타났다. 1년산 천일염에 비해 3년산 천일염에서 황산이온 함량이 낮아지는 것을 확인하였는데, 이는 천일염의 숙성기간 음이온의 변화로 인해 4년 숙성 천일염은 1년 숙성 천일염보다 SO₄ 이온이 감소한다는 결과(9)와 유사한 경향을 보였다. 그리고 국내산 천일염의 황산이온 함량은 0.21~0.55%로 보고(12)된 자료보다는

본 천일염에서 좀 더 많은 황산이온 이 함유되어 있음을 알 수 있었다. 그러나 천일염내 함유된 불용성분 및 황산이온 함량은 각각 식품공전의 천일염 기준치 0.15%이하 및 5% 이하를 만족하였다.

천일염내 존재하는 Cl 이온은 천일염의 쓴맛을 mellow palate로 바꾸어 주며, SO₄는 쓴맛을 부여하는데(15), 4년 숙성 천일염은 1년 숙성 천일염보다 Cl 이온 함량은 증가하고, SO₄ 이온 함량은 감소하여 숙성기간이 증가할수록 천일염의 맛이 향상된다고 보고된 바 있다(9). 따라서 본 결과에서도 3년 숙성 천일염은 1년 숙성 천일염보다 염소이온 함량은 증가하고 황산이온 함량은 감소하여 숙성기간이 경과함에 좋지 않은 맛이 다소 감소되리라 사료된다.

천일염 중금속함량

천일염 24종의 중금속함량을 측정된 결과는 Table 3에 나타내었다. 그 결과 1년산 및 3년산 천일염에서 As 함량은 기준치 0.5 mg/kg이하로 나타났다. As는 다양한 형태의 화합물로 환경 중에 널리 분포하는 금속물질로서 강한 독성을 가지고 있는 주요 환경오염물질이다. As는 유기와 무기로 나누어지는데 인체에 대한 위해성은 이온의 상태나 화합물의 형태에 따라 다른 것으로 알려져 있다. 즉 유기 As는 자연식품에 존재하는 것으로 체내에서 배설되어 거의 독성이 없지만, 무기 As의 경우는 체내에 축적되어 오심, 설사, 빈혈, 위장장애, 피부 각질화 등과 함께 호흡기 계통 및 비뇨생식기 계통에서 악성 종양의 원인이 되기도 한다(16-19). 하지만 1년산 및 3년산 천일염에서 분석된 As는 모두 식품공전 규격인 0.5 mg/kg이하로 나타나 해수오염에 의한 As의 오염에는 안전할 것으로 생각된다.

해수의 오염으로 인해 우려되는 유해 중금속 중의 하나인 Pb는 인체에서 쉽게 배설되지 않으며 체내에 축적되어 영양소 대사 이상과 조직의 기능장애를 일으키고 급, 만성 질환을 유발하고, 특히 중추 신경계에 영향을 미쳐 반응시간 단축·기억력 감퇴 등과 같은 신경 장애, 과민반응, 뇌 손상, 정신장애 등을 일으킨다고 알려져 있다(20).

천일염에서 Pb는 1년산이 0.12±0.13 mg/kg, 3년산이 0.09±0.11 mg/kg을 나타내었다. 분석된 모든 천일염은 식품공전 규격인 2.0 mg/kg이하로 측정되어 해수 오염에 의한 Pb의 오염은 거의 없는 것으로 생각되어진다. 국내산 천일염의 Pb 함량은 0.39~1.30 mg/kg으로 보고(12)되었는데 본 시료의 Pb 함량은 0.09~0.12 mg/kg으로 극미량이 함유되었음을 알 수 있었다.

Cd은 최근 들어 오염의 급증으로 인해 국내외적으로 많은 문제가 되는 중금속 중 하나이다. Cd은 체내에서 10~30년의 생물학적 반감기를 지니고 있어 먹이연쇄에 의하여 축적될 경우 독성을 나타내기도 한다. 또한, Cd은 효소와 영양소의 활동을 방해하며 신장과 간장의 장애를 일으키고, 만성중독의 경우 칼슘대사의 장애를 일으켜 골연화증,

콜다공증과 같은 골격계 병변의 원인이 되기도 한다 (21-25). 국내산 천일염의 Cd 함량은 0.05~0.31 mg/kg으로 보고(12)되었는데 본 시료에서 Cd은 검출되지 않았으며, 해수에 의한 천일염의 Cd 오염은 거의 없는 것으로 판단된다.

Table 3. Comparison of As, Pb, Cd and Hg contents in solar salts based on aging period

(unit: mg/kg)					
Year	Sample ¹⁾	As	Pb	Cd	Hg
1	S1	<0.5	0.1	0.00	0.00
	S2	<0.5	0.0	0.00	0.06
	S3	<0.5	0.0	0.00	0.01
	S4	<0.5	0.1	0.00	0.01
	S5	<0.5	0.1	0.00	0.02
	S6	<0.5	0.3	0.00	0.01
	S7	<0.5	0.3	0.00	0.02
	S8	<0.5	0.3	0.00	0.00
	S9	<0.5	0.2	0.00	0.10
	S10	<0.5	0.0	0.00	0.00
	S11	<0.5	0.0	0.00	0.00
	S12	<0.5	0.0	0.00	0.00
Mean±SD ²⁾		<0.5	0.12±0.13 ¹⁾	0.00±0.00	0.02±0.03
3	L1	<0.5	0.1	0.00	0.04
	L2	<0.5	0.1	0.00	0.02
	L3	<0.5	0.1	0.00	0.02
	L4	<0.5	0.1	0.00	0.04
	L5	<0.5	0.0	0.00	0.04
	L6	<0.5	0.0	0.00	0.04
	L7	<0.5	0.0	0.00	0.03
	L8	<0.5	0.1	0.00	0.04
	L9	<0.5	0.0	0.00	0.04
	L10	<0.5	0.3	0.00	0.04
	L11	<0.5	0.3	0.00	0.03
	L12	<0.5	0.0	0.00	0.03
Mean±SD		<0.5	0.09±0.11	0.00±0.00	0.03±0.01
F value ³⁾		-	0.270	-	2.704
p		-	0.609	-	0.114

¹⁾S1-S3, Docho; S4-S5, Muan; S6-S9, Taean; S10, Dangjin; S11, Andong; S12, Jongro; L1-L3, Yeulchon; L4-L12, Jeungdo; ²⁾Mean±standard deviation; ³⁾F value and p value analysis of variance shown as a one-way ANOVA.

Hg은 인체에 누적될 경우 신경계통 등에 치명적인 피해를 주는 인체에 유해한 가장 대표적인 중금속의 하나라 할 수 있다. 유기 및 원소형태의 수은은 지용성으로 중추 신경계에 분포하고 신경장애를 유발하며, 무기 수은은 주

로 콩팥에 상해를 준다. 또한, Hg은 신장독성 및 면역독성을 지녀 세포의 배양 및 증식을 억제하고 DNA 합성 저하 등을 일으키는 물질로 보고되었다(25-28). Chang 등(9)에 의한 연구에서는 1년 숙성 천일염에서는 Hg 함량이 0.04 mg/kg으로 나타났다고 보고하였으며, 4년 숙성 천일염에서는 전혀 검출되지 않았다고 보고하였다. 본 연구에서의 Hg은 1년산이 0.02±0.03 mg/kg으로 3년산은 0.03±0.01 mg/kg으로 나타나 식품공전 규격 0.1 mg/kg이하로 나타나 해수에 의한 천일염의 Hg 오염은 거의 없는 것으로 판단된다.

요 약

국내에서 주로 시판되고 있는 1년산 및 3년산 천일염의 일반 성분 및 As, Pb, Cd, Hg 등 유해 중금속 함량 등의 차이를 비교 분석하였다. 총 24종 천일염의 식염함량은 1년산 천일염의 경우 81.4%, 3년산은 90.9%로 나타났으며, 총 염소 함량은 1년산이 57.7%, 3년산은 65.0%이었고, 수분함량은 1년산이 12.0%, 3년산이 4.7%이었다. 또한 불용분 함량은 1년산이 0.03%, 3년산이 0.04%이었고, 황산이온함량은 1년산이 0.85%, 3년산은 0.57%이었다. 모든 천일염에서 As는 기준치 0.5 mg/kg이하로 나타났으며, Pb은 1년산이 0.12 mg/kg, 3년산은 0.09 mg/kg이었고, Cd는 모든 천일염에서 0.00 mg/kg으로 나타났으며, Hg는 1년산이 0.02 mg/kg으로 3년산은 0.03 mg/kg으로 검출되었다. 따라서 국내 생산되는 천일염의 일반성분의 함량은 시료별 다소의 차이는 있었으나, As, Pb, Cd, Hg 등의 중금속함량은 식품규격 기준치 이하로 매우 적은 함량을 나타내어 중금속오염이 식품규격에 안전한 수준인 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지원 계명대학교 전통미생물자원 개발 및 산업화연구센터 그리고 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Ha JO, Park KY (1998) Comparison of mineral contents and external structure of various salts. *Korean J Food Sci Nutr*, 27, 413-418
2. Park MW, Park YK (1998) Changes of physicochemical and sensory characteristics of Oiji(Korean pickled cucumbers) prepared with different salts. *Korean J Food Sic Nutr*, 27, 417-424

3. Shin MS, Rhee HI (1983) The properties of salts and their effects on salted vegetables. Korean Home Econ Assoc, 21, 55-63
4. Maurice ES, Vernon RY (1988) Nutrition and diet in hypertension in "modern nutrition in health and disease" 7th ed. Lea & Febiger, Philadelphia, II 1272.
5. Jo EJ, Shin DH (1998) Study on the chemical compositions of sun-dried, refined, and processed salt produced in Chonbuk area. J Fd Hyg safety, 13, 360-364
6. Hwang SH (1988) A study on the heavy metal contents of common salts in Korea. Kor J Env Health Soc, 14, 73-86
7. KFDA (2011) Food code. Korean Food & Drug Administration, Seoul, Korea, p 19-23
8. Lee SM, Chang HC (2009) Growth-inhibitory effect of the solar salt-doenjang on cancer cells, AGS and HT-29. J Korean Soc Food Sci Nutr, 38, 1664-1671
9. Chang JY, Kim IC, Chang HC (2011) Effect of solar salt on the fermentation characteristics of kimchi. Korean J Food Preserv, 18, 256-265
10. Yoon HH, Chang HC (2011) Growth inhibitory effect of kimchi prepared with four year-old solar salt and topan solar salt on cancer cells. J Korean Soc Food Sci Nutr, 40, 935-941
11. Hong KT, Lee JY, Jang BK (1996) Heavy metal contents of marketing salts and bay salts by heating. Kor J Sanit, 11, 79-84
12. Park JW, Kim SJ, Kim SH, Kim BH, Kang SG (2000) Determination of mineral and heavy metal contents of various salts. Kor J Food Sci Technol, 32, 1442-1445.
13. Lee KK (2004) Preparation of magnesium oxide containing salt and bitter taste components. Korean Patent 10-2004-0086458.
14. Lee YK, Kim SD (2008) Recrystallization characteristics of solar salt after removing of bitter and impurities. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 203-209
15. Kim CJ, Kim KC, Kim DY, Oh MJ, Lee SK, Lee SO, Jung ST, Jung JH (1996) Fermentation engineering. SunJin Munhoasa, Seoul, Korea, p 146-147
16. Schoolmester WL, White DR, Salem W (1980) Arsenic poisoning. Southern Med J, 73, 198-208
17. Wong SS, Tan KC, Goh CL (1998) Cutaneous manifestations of chronic arsenicism: review of seventeen cases. J Am Acad Dermatol, 38, 179-185
18. Sommers SC, McManus RG (1953) Multiple arsenical cancers of the skin and internal organs. Cancer, 6, 347-359
19. Cuzick J, Evans S, Gillman M, Price Evans DA (1982) Medicinal arsenic and internal malignancies. Br J Cancer, 45, 904-911
20. Grame KA, Pollack CV (1998) Heavy metal toxicity. Part 2: Lead and metal fume fever. J Emergency Med, 16, 171-177
21. Valencia R, Gerpe M, Trimmer J, Buckman T, Mason AZ, Olsson P (1998) The effect of estrogen on cadmium distribution in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Marine Environmental Research, 46, 167-171
22. Kim MJ, Hong JH, Rhee SJ (2003) Effect of vitamin E on cadmium accumulation and excretion in chronic cadmium poisoned rats. Korean J Nutrition, 36, 691-698
23. Suzuki KT (1982) Induction and degradation of metallothionein and their relation to the toxicity of cadmium. In *Biological roles of metallothionein*. Foulkes EC. ed Elsevier, New York, USA, p 215
24. Porter MC, Miya TS, Bousquet WF (1974) Cadmium: inability to induce hypertension in the rat. Toxicol Appl Pharmacol, 27, 692-695
25. Ha BJ (2002) The effects of mercury and cadmium administered in subcutaneous tissue on enzymatic activity and lipid peroxidation. J Environmental Sci, 11, 583-588
26. Cho JH, Jeong SH, Kang HG, Yun HY (2003) Effects of HgCl₂ on plasma DNA content and blood biochemical values in rats. Korea J Vet Res, 43, 641-648
27. Fischer AB, Skreb Y (1980) Cytotoxicity of manganese for mammalian cells in vitro comparisons with lead, mercury and cadmium. Zentralbl Bakteriell Mikrobiol Hyg (B), 171, 525-537
28. Traoré A, Bonini M, Dano SD, Creppy EE (1999) Synergistic effects of some metals contaminating mussels on the cytotoxicity of the marine toxin okadaic acid. Arch Toxicol, 73, 289-295