

소금의 종류별 미네랄 함량과 외형구조 비교연구

하정옥 · 박건영[†]

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소

Comparison of Mineral Contents and External Structure of Various Salts

Jung-Ok Ha and Kun-Young Park[†]

Dept. of Food Science and Nutrition, and Kimchi Research Institute,
Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

Abstract

There are several types of salts that classified into raw salts(Chunil salt, Saeng salt), purified salts (NaCl reagent grade, Hanju salt) and processed salts(Gueun salt, Saeng kum, Bamboo salt) in Korea. Their major element is NaCl but raw salt from sea water contains other minerals such as K, Mg and S. Mineral contents of the various kinds of salt analyzed with ICP-AES and AAS were different, especially on the contents of K, Mg and Ca. Chunil salt was abundant in Ca(1,037ppm), K(3,701ppm), Mg(10,266ppm) and S(7,459ppm), and salt water from the Chunil salt contained small amounts of Pb, Al, Cr and Hg. Processed salts contained high levels of Ca, K, Mg and Fe. Especially, high levels of K, P, Fe and Ge were detected in bamboo salt. Purified salts showed regular crystal form and raw salts exhibited irregular crystal form under the SEM. The processed salts were not crystal form, but fused and irregular round form.

Key words: salt, NaCl, mineral content, ICP-AES, SEM

서 론

소금은 신경이나 근육흥분성을 유지하고 신진대사를 촉진시킬 뿐만 아니라 체내의 삼투압을 일정하게 유지시키며 산과 알칼리의 균형을 이루게 한다. 결핍시에는 저혈압, 탈력감, 식욕부진을 초래하고 특히 소금은 식품의 저장성과 풍미에 중요한 영향을 주기 때문에 거의 모든 식품, 특히 우리나라의 발효식품 중 김치, 된장 등에 첨가되고 있다(1,2).

그러나 과량의 소금섭취는 위암 발생의 원인으로 추측되고 있으며 특히, 암발생을 돕는 역할(3)을 한다는 두가지 설이 알려져 있다. 먼저 과량의 소금은 산성의 mucopolysaccharide를 파괴시켜 점막안으로 발암원의 유입을 증가시키며 그리고 소금은 표면점막세포에 손상을 주어 세포증식을 촉진시킨다는 것이다. 이러한 세포증식설로 추측되는 기작은 먼저 세포독성으로 인한 세포의 S-phase 수를 증가시키고, 점막지질의 과산화를 유발하고 세포 성장 조절과 암화에 중요한 인자로

polyamine을 생성하는 효소인 ornithine decarboxylase와 transglutaminase의 활성을 증가시킨다는 것이다(2-13).

우리나라 성인의 15~20%나 되는 고혈압은 각종 뇌출혈, 심장병, 신장병 등 합병증을 초래하는데, 특히 지속적인 고혈압은 혈관손상을 초래해 뇌졸중의 소지를 만들어 준다. 그 중 유전적 소인으로 원인은 불분명하나 염분의 과다섭취가 주요 원인이 될 수 있는 본태성 고혈압이 75~90%이다(14).

한편 국내에 유통되고 있는 식탁용 소금은 여러 종류가 있는데 소금은 KS규격에 따라 정제염의 규격을 원용하면 크게 천일염과 정제염으로 나누어지고 정제염은 기계염과 가공염으로 분류되고 있다(15). 천일염은 서해안의 해수를 모아 태양열과 바람에 의해 수분을 증발시켜 염의 결정을 얻은 것이다. 최근에는 해수 오염과 쓴맛이 있는 간수를 제거한 천일염(생소금)이 나오는데 이것은 서해안의 천일염을 물세척하여 불순물과 간수를 제거한 후 원심분리한 것을 말한다. 이에 비해

[†]To whom all correspondence should be addressed

고도로 정제된 기계염은 바닷물을 끌어 들여 이온 교환막을 이용해 염화나트륨만을 추출한 소금(시약용 NaCl 및 기계염; 한주소금)은 기계적으로 대량생산을 한다. 최근에 시중에 나와 있는 대표적인 가공염들은 가열공정을 거쳐 가공하는 방법이 공통적인데 천일염을 세라믹 반응로에서 800°C 이상 고온으로 2번 구워 불순물과 간수, 유해성분을 제거한 것(구운 소금)과 이보다 높은 온도인 1300°C 이상 고온으로 3번 구운 것(생금)이 있다. 우리나라의 사찰 등지에서 제조되어 오던 가공염의 일종인 죽염은 천일염을 대나무 속에 다져넣고 대나무 입구는 진흙을 반죽하여 봉한 후 가마에서 8번 1,000~1,300°C로 가열한 후 9번째 송진가루를 장작 위에 뿌려 1,300~1,700°C로 가열하여 소금은 용융되고 식으면 죽염의 결정이 된다(2,16).

이러한 소금은 주성분인 NaCl 뿐만 아니라 바다에서 비롯된 다양한 무기질을 함유하고 있는 해수를 원료로 하기 때문에 소금의 종류에 따라 제조하는 방법이 다를 뿐 아니라 함유하고 있는 무기질도 다르다. 이러한 무기질 중 K, Mg 및 Ca 등은 혈압을 낮추는 효과가 있다고 알려져 있는데(17) 특히 K는 혈관확장효과, aldosterone, rennin 분비 저해, angiotensin II의 기능억제작용이 있다고 하며 여러 연구자들의 역학조사 결과를 살펴보면 Ca과 Mg을 많이 함유하고 있는 경수(硬水)를 섭취하는 지역의 주민들이 연수(軟水)를 마시는 지역주민보다 고혈압 및 순환계질환으로 인한 사망율이 낮았다는 보고(18)를 통해 혈압의 항상성 유지를 위한 Ca과 Mg 대사의 중요성이 여러 연구에 의해 보고된바 있다(19-21).

본 연구에서는 과량 섭취시 암발생 및 고혈압의 위험 인자로 알려진 소금에 대해 소금의 종류(국내에서 주로 시판되고 있는 소금)에 따른 이런 생리적 기능의 차이를 측정하기 위한 연구의 기초연구로 무기질의 함량차이와 소금의 형태적 표면구조를 살펴보고자 하였다. 또한 천일염에서 제거된 간수 속의 무기질의 종류와 함량을 측정하였다.

재료 및 방법

소금 재료

소금 시료로는 국내에서 사용되고 있는 소금의 원료가 가능한 동일한 대표적인 소금종류와 균일한 소금재료를 선택하도록 하였다. 즉, 정제과정을 거친 기계염 2종[NaCl시약용(Junsei Chemical Co., Ltd.), 기계염(한주소금); (주)한주]과 천일염 2종[서해안 천일염, 생소금((주)산내들)] 그리고 가열처리 공정을 거친 가공

염 3종[(구운 소금((주)산내들), 생금((주)산내들), 죽염(개암죽염)]을 각각 실험에 이용하였으며 각 소금시료는 80°C에서 5시간 건조시켜 시료로 하였다. 한편 간수는 천일염을 9,000rpm에서 20분간 원심분리시켜 하층액(천일염 50g중 2ml)을 시료로 하였다.

ICP와 AAS를 이용한 소금 종류별 무기질 함량측정

여러 종류의 소금으로부터 무기질의 함량을 측정하기 위해 각 소금 1g을 1% 질산용액에 녹여 가열판에서 3시간 가열시킨 후 Na은 1,200배 희석, 다른 무기질은 600배 희석하여 시료로 사용하였다.

유도결합 플라즈마 방출 분광기(Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer; Thermo Jarrell Ash ICP-AES-IRIS, USA)를 이용하여 시료의 무기질 함량을 측정하였고 조건은 Table 1과 같다. 소금 내의 Na 함량은 원자흡수 분광기(Atomic Absorption Spectrometer; Thermo Jarrell Ash AA Spectrometer 1000/4000, USA)로 측정하고, Cl은 Mohr법(22)에 따랐는데 0.1N AgNO₃를 이용한 적정법으로 NaCl 양을 측정하였다.

SEM을 이용한 소금 종류별 표면구조관찰

소금 시료를 각각 aluminum specimen holder에 넣고, 이온 코팅기(Ion-Sputtering Device; JEOL, JEC-1100E)로 gold coating시킨 후 SEM(Scanning Electronic Microscopy; JSM-5400, JEOL Co., Japan)을 사용하여 시료의 표면 구조를 100배와 1,000배로 관찰하였다(23).

결과 및 고찰

소금속의 무기질 함량

최근 우리나라에서 시판되고 있는 소금은 크게 천일

Table 1. ICP/AES instrument¹⁾ setting

Forward power /W	1150
Cool gas flow/1 min.	14
Auxiliary gas	low
Nebulizer pressure(PSI)	28
Nebulizer pump	
Flush pump rate(rpm)	110, 2.035ml/min
Analysis pump rate(rpm)	110, 2.035ml/min
Relaxation time(sec)	0
Pump tubing type	Tygon-Orange
Wavelength range	174~800nm
Sample uptake rate/1 min.	0.8
Spray chamber	Glass

¹⁾Model : Thermo Jarrell Ash ICP-IRIS, USA

Table 2. Mineral contents of various salts analyzed with ICP-AES

(Unit : ppm)

Salt var. Mineral	Purified salt		Raw salt		Processed salt		
	NaCl(Reagent)	Hanju salt	Chunil salt	Seang salt	Gueun salt	Seang kum	Bamboo salt
As	6.0	1.4	ND	ND	ND	ND	ND
Ca	36	161	1037	579	926	1952	390
Cu	4.5	1.2	4.1	3.2	1.5	2.1	6.8
K	21	870	3701	1662	2729	4255	11136
Mg	ND	10	10266	5883	8750	12628	3552
Mn	0.1	0.1	4.5	2.1	3.4	3.1	4.1
P	1.3	0.3	89	66	82	100	809
Pb	5.3	7.7	11.7	ND	1.2	ND	ND
S	24	33	7459	4708	5585	7873	1525
Zn	9.3	2.8	4.3	4.6	1.6	3.0	3.1
Fe	1.4	0.4	2.6	0.6	9.9	12.7	99.5
Ge	ND	93	78	23	14	ND	256
Si	9	4	22	9	258	423	478
Na(%) ¹⁾	39.4	33.6	36.2	38.1	35.0	31.9	31.6
NaCl(%) ²⁾	99.8	99.8	94.4	97.9	93.0	92.4	93.6

¹⁾Na(%) is analyzed with AAS

²⁾NaCl(%) is analyzed with titration of 0.1N AgNO₃

염, 기계염 그리고 가공염으로 분류되는데 이러한 여러 종류의 소금속에 존재하는 생리 활성을 가지는 무기질의 상대적인 함량을 ICP-AES를 이용하여 측정한 결과는 Table 2와 같다. 정제과정을 거친 시약용 NaCl은 대부분이 NaCl(99.8%)이며 다른 무기질원소들 즉, Ca, K, S 등은 미량검출되었고 역시 기계적으로 추출된 기계염(한주소금)도 NaCl은 99.8%였으나 Ca, K, Ge 양이 시약용 NaCl보다 다소 많았다. 그리고 특징적인 것은 기계염의 NaCl 함량은 시약용 NaCl 시료와 같았으나 (99.8%) Na 함량(33.6%)이 시약용 NaCl 시료(39.4%)보다 낮아 상대적으로 Cl 함량이 높은데 이는 NaCl 정량법을 Cl을 측정하여 NaCl로 환산하는 방법을 사용하였기 때문인 것으로 보이며 이에 대한 좀더 자세한 연구가 필요하다. 이와 같이 기계염과 같은 고도의 정제염은

대부분이 NaCl이라고 할 수 있는데 몇몇 연구에서는 발암물질과 함께 한 고농도의 NaCl은 보툴럼변이성(보 발암성)을 보일 뿐만 아니라(2,3,24) 과산화물을 촉진시키는 효과가 있다고 보고되고 있다(11). Takahashi 등(11)은 NaCl이 표적조직에서 지질과산화물을 증가시켜 위점막과 뇨에서 NaCl의 농도가 증가함에 따라 malondialdehyde가 증가되었다고 보고하였다.

기계염과는 대조적으로 천일염은 Ca(1,037ppm), K(3,701ppm), Mg(10,266ppm) 그리고 S(7,459ppm)이 많았으나, 천일염에서 불순물과 간수를 제거한 생소금은 Mg(5,883ppm)이 반으로 줄었고 Ca(579ppm), K(1,661ppm), S(4,708ppm)등 대부분의 무기질이 반 정도 감소되었다. 간수는 천일염을 장기간 보관할때 물과 함께 빠지는 액으로 쓴맛이 많으며 일반적으로 식품제조시 맛의 증진을 위해 제거하여 사용하는데 소금중량의 30~40% 정도된다. 본 연구에서는 간수내에 있는 성분을 측정하기 위해 천일염을 원심분리하여 하층액을 시료로 상대적 무기질 함량을 측정하였다. Table 3에서 보는 바와 같이 간수는 많은 Mg(53,618ppm)을 함유하고 있었고 간수속에는 Mg 이외에도 많은 양의 K(10,030ppm), S(24,299ppm), Zn(9,332ppm)이 함유되어 있었으며 Na은 5.1%로 매우 낮았다. 그외 간수에는 중금속으로 Pb, Al, Cr 등이 소량 검출되었고 Co, Hg, Ni, Se 등도 미량 검출되었다. 이와 같이 천일염은 다량의 무기질을 함유하고 있으나 환경오염의 영향으로 해수가 다소 오염되어 중금속이 미량 검출될 수 있으므로 가능하면 간수를 제거하는 것이 좋다고 하겠다.

한편 구운소금은 Ca(926ppm), K(2,729ppm), Mg(8,750

Table 3. Mineral contents of salt water from Chunil salt analyzed with ICP-AES

Mineral	Content(ppm)	Mineral	Content(ppm)
As	ND	Ge	37.8
Ca	193.0	Si	27.4
Cu	4.2	Al	1135.0
K	10030.0	Ba	ND
Mg	53618.0	Co	1.1
Mn	1.4	Cr	771.3
P	ND	Hg	22.8
Pb	280.8	Ni	3.2
S	24299.0	Se	2.3
Zn	9332.0	Na ¹⁾	5.1
Fe	4.7	NaCl ²⁾	29.8

¹⁾Na(%) is analyzed with AAS

²⁾NaCl(%) is analyzed with titration of 0.1N AgNO₃

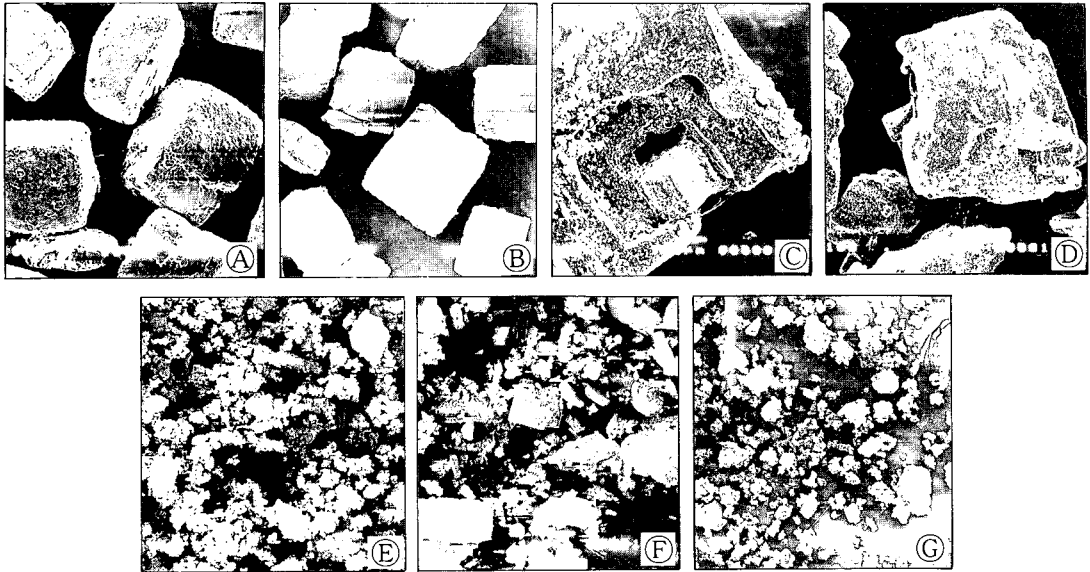


Fig. 1. Comparison of various kinds of salt viewed in the scanning electron microscope($\times 100$).
 (A: NaCl, reagent grade; B: PS, Purified salt; C: CS, Chunil salt; D: SS, Saeng salt; E: GS, Gueun salt; F: SK, Saeng Kum; G: Bamboo salt)

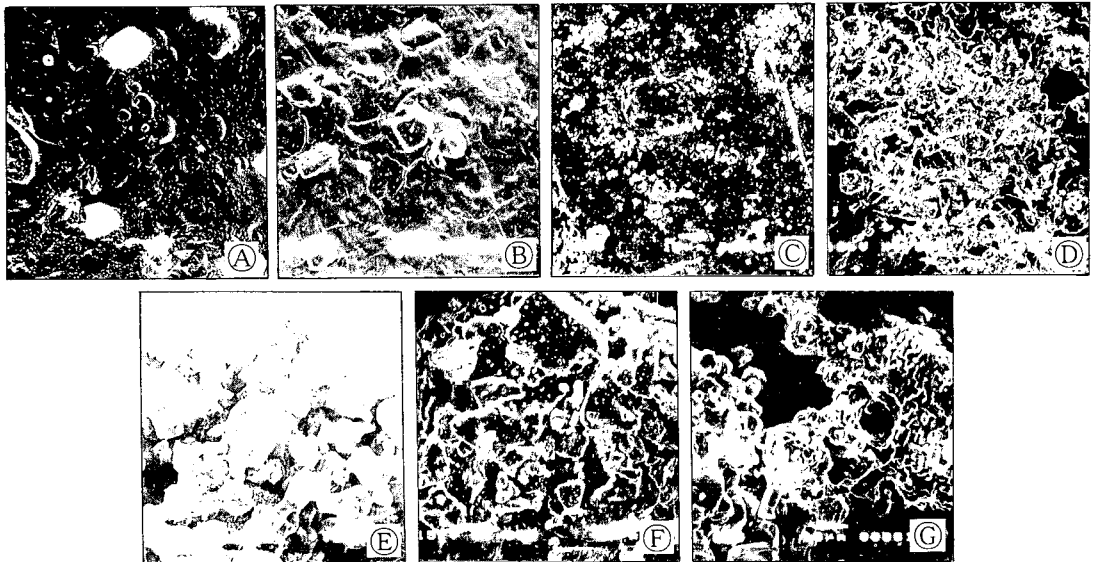


Fig. 2. Comparison of various kinds of salt viewed in the scanning electron microscope($\times 1000$).
 (A: NaCl, reagent grade; B: PS, Purified salt; C: CS, Chunil salt; D: SS, Saeng salt; E: GS, Gueun salt; F: SK, Saeng Kum; G: Bamboo salt)

ppm)이 많았고 Fe은 9.9ppm이었다. 생금은 Ca(1,952 ppm), K(4,255ppm), Mg(12,628ppm)이 많았고, Fe(12.7 ppm)도 가열온도가 높아짐에 따라 이들의 농도가 상대적으로 구운소금보다 증가되는 것으로 나타났다(Table 2).

특히 죽염은 K이 11,136ppm으로 천일염 또는 다른

가공염보다 함량이 월등히 많았는데 Jacobs(25)는 DMH (1,2-dimethylhydrazine)에 의해 흰쥐 소장의 종양을 유도시켰을 때 KCl(0.5%) 보충급수로 인해서 종양생성율이 40%에서부터 5%로 유의적($p < 0.05$)으로 감소되었으며, 또한 대장암의 종양생성율도 감소시켰고, K 보충급수의 농도는 혈액검사에서 전혀 독성을 나타내

지 않았다고 보고하였다. 또한 Fe은 가열 온도와 처리 횟수에 따라 함량이 상대적으로 증가되는 것을 볼 수 있었는데 천일염의 경우 2.6ppm이었는데 구운소금은 9.9ppm 그리고 죽염의 경우는 99.5ppm으로 크게 증가하였다. Fe은 혈액소생성 뿐 아니라 면역계에도 관여하는데 그 기작은 정확하게 알려져 있지는 않지만 백혈구는 Fe-dependant step에 의해 세균을 파괴하거나 탐식하게 되는데 철결핍증 환자들은 이 기능이 떨어진다고 알려져 있다(26). 가열에 의해 P와 Si도 점차적으로 증가하였으며 죽염에는 특히 다량의 Ge(256ppm)도 함유되어 있었다(Table 2).

천일염이나 가공염에 많이 함유되어 있는 Ca은 미국에서 조사한 HANES I(Plan and Operation of the Health and Nutrition Examination Survey I)의 결과에 의하면 고혈압 발병과 17가지 영양소의 상관관계를 분석한 결과 Ca이 가장 큰 부의 상관관계를 보였는데 고혈압환자는 정상인보다 Ca^{++} 섭취량이 18%가 낮았다고 한다(27).

죽염에서 가장 많은 함량을 차지하고 있는 K는 항고혈압성에 대한 많은 연구가 진행되고 있는데 K의 보완기능효과는 다음과 같은 세 가지의 서로 다른 기전으로 작용하고 있는 것으로 보여진다. 첫째로, 칼륨은 나트륨과는 반대로 Na-K펌프의 활성화를 도와서 혈관 확장을 유도하고 그 결과 혈압을 낮춘다는 것이다(28). 둘째로 칼륨의 섭취가 증가할 경우 신장의 원위세뇨관과 집합관에서 나트륨의 재흡수를 촉진시키는 부신피질 호르몬인 aldosterone의 분비를 감소시키게 되고 그 결과 신장을 통한 나트륨의 배설이 증가된다는 것이다(28).

또한 천일염을 이용하여 제조된 각종 가공염은 Ca, K, Mg, Fe 등의 다른 무기질 함량이 많았을 뿐 아니라 NaCl 함량(92.4~93.6%)이 정제염(99.8%)보다 낮았는데 이는 무기질 함량차 뿐 아니라 열가공처리시 Cl이 휘발되어 NaCl 측정량이 감소되었기 때문인 것으로도 사료된다.

결론적으로 소금은 무기질 함량이 많은 천일염이 좋으나 그대로 섭취하기 보다는 최소한도의 간수를 제거하거나 가공과정을 거치는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 정제염과 같이 고순도의 염은 다른 무기질이 대부분 제거되어 있는 순수한 NaCl이라고 할 수 있으며, 식탁용으로는 천일염을 불순물과 간수를 제거한 생소금이던지, 가공 처리된 가공염인 구운소금, 그리고 생금이, 그리고 무기질 함량 및 기능적인 면으로는 죽염이 다른 소금에 비해 유리하리라고 사료된다. 그러나 이들 소금 종류에 따른 미량의 무기질 함량 차이에 대한 반복적인 연구와 이러한 차이가 생리적 기능에 어떤 영향을 미치는지에 대해 계속적인 연구가 필요하다.

소금종류별 외형구조

주사식 전자 현미경(SEM)을 이용한 소금의 외형 및 표면구조를 100배와 1,000배로 관찰하였다(Fig. 1, 2). Fig. 1에서 보는바와 같이 시약용 NaCl(A)과 기계염(한주소금, B)은 소금의 특징적인 육각형의 결정구조를 가지고 있으나 천일염(C)은 다른 미네랄이나 이물질에 의해 결정구조의 핵이 중복되면서 겹을 이루고 있다. 생소금(D)은 물세척과 원심분리과정을 거치는 동안 사각형의 구조가 손상된 형태였다. 한편 구운소금, 생금 및 죽염은 열처리로 인해 용융된 형태로 소금의 결정구조가 파괴되고 불규칙한 작은 등근 형태로 변형되었다. Fig. 2에서는 이들 소금을 1,000배로 관찰했을 때 소금시료들의 표면 구조 및 구조형태를 보여주고 있다. 시약용 NaCl과 한주소금은 결정의 표면이 대체적으로 매끈하나 천일염과 생소금은 다른 결정들이 표면에 겹쳐져 있음을 볼 수 있다. 고온 가열처리를 행한 가공염인 구운소금(E)과 생금(F) 그리고 죽염(G)은 소금의 구조가 작게 부수어져 있으며 용융된 상태에서 다시 식는 동안에 용융된 표면구조를 그대로 유지하고 있다. 앞으로 이 소금들의 NaCl 구조는 어떤 형태로 배열되어 있는지 x-ray 회절법 등을 이용한 연구를 해 보는 것도 흥미있는 일이라 생각된다.

요 약

국내에서 시판되고 있는 소금은 제조방법에 따라 여러 종류가 있는데 그 주성분은 NaCl이다. 정제염은 99.8%가 NaCl이었으나 천일염과 가공염은 92.4~94.4% NaCl을 함유하고 다른 Ca, K, Mg 및 S와 같은 많은 무기질을 함유하고 있었다. 천일염은 여러 무기질을 함유하고 있었으나 천일염 속의 간수를 분석한 결과 Mg이 가장 많았으며 K, S, Zn 함량이 높았고, 미량의 중금속도 검출되었으며, NaCl 양은 29.8%였다. 가공염은 Ca, K, Mg, Fe 함량이 높았으며 죽염은 K, P, Fe, Ge 함량이 특히 많았다. 한편 SEM으로 관찰한 정제소금은 전형적인 소금의 결정구조를 보였지만 천일염과 생소금은 결정구조에 핵이 중복되며 겹을 이루고 있었다. 그리고 가열처리를 한 죽염 등은 용융된 형태로 소금의 결정구조가 파괴되고 작은 등근 형태로 변형되었다.

감사의 글

이 연구는 농림부에서 시행한 농림수산 특정 연구사업의 연구결과 및 (주)산내들의 지원에 의한 것으로 연구지원에 감사드립니다.

문헌

1. 박진영 : 김치의 영양학적 평가와 항돌연변이 및 항암효과. 한국영양식량학회지, **24**, 169(1995)
2. 하정옥 : 기능성 및 저염김치의 개발과 소금의 생리적 특성연구. 부산대학교 대학원 박사학위 논문(1997)
3. Takahashi, M., Kokubo, T., Furukawa, F., Kurokawa, Y., Tatematsu, M. and Hayashi, Y. : Effect of high salt diet on rat gastric carcinogenesis induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine. *Gann*, **74**, 28(1983)
4. 이기열, 이양자, 박영심, 윤교희, 김병수 : 한국인의 식이 섭취와 암유발의 관계에 관한 연구. 한국영양학회지, **18**, 301(1985)
5. Tatsuta, M., Iishi, H., Baba, M., Yano, H., Uehara, H. and Nakaizumi, A. : Ornithine decarboxylase inhibitor attenuates NaCl enhancement of gastric carcinogenesis induced N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine. *Carcinogenesis*, **16**, 2107(1995)
6. Takahashi, M., Furihata, S. and Sato, H. : Carcinogenic effect of N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine with various kinds of surfactant in the glandular stomach of rats. *Gann*, **64**, 211(1973)
7. Tatematsu, M., Takahashi, M., Hananouchi, M., Shirai, T., Hirose, M., Fukushima, S. and Ito, N. : Protective effect of mucin on experimental gastric cancer induced by N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine plus sodium chloride in rat. *Gann*, **67**, 223(1976)
8. Charnley, G. and Tannenbaum, S.R. : Flow cytometric analysis of the effect of sodium chloride on gastric cancer risk in the rat. *Cancer Res.*, **45**, 5608(1985)
9. Sorbye, H., Svanes, C., Stangeland, L., Kvinnsland, S. and Stavance, K. : Epithelial restitution and cellular proliferation after gastric mucosal damage caused by hypertonic NaCl in rats. *Virchows Archiv. A Pathol. Anat. Histopathol.*, **413**, 445(1988)
10. Furihata, C., Sato, Y., Hosaca, M., Matsushima, T., Flucawa, F. and Takahashi, M. : NaCl induced ornithine decarboxylase and DNA synthesis in rat stomach mucosa. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **121**, 1027(1984)
11. Takahashi, M., Hasegawa, T., Furukawa, F., Okamiya, H., Shinoda, K., Imaida, K., Toyoda, K. and Hayashi, Y. : Enhanced lipid peroxidation in rat gastric mucosa caused by NaCl. *Carcinogenesis*, **12**, 2201(1991)
12. Baba, M., Tatsuta, M. and Itoh, T. : Increase in ornithine decarboxylase activity as cause of enhancement by low vitamin A diet of hepatocarcinogenesis induced by N-nitrosomorphine in Sprague-Dawley rats. *Yonago Acta Medica*, **37**, 81(1994)
13. Wang, J. Y., Viar, M. J. and Johnson, L. R. : Transglutaminase in response to hypertonic NaCl-induced gastric mucosal injury in rats. *Gastroenterology*, **104**, 65(1993)
14. 장유경, 이보경, 김미라 : 임상영양관리. 효일문화사, 서울, p.192(1996)
15. 비락연구실 가공 2팀 : 소금에 관한 보고서. 주(비락) 비락연구실, 김해(1995)
16. 이성, 김익진 : 열처리된 sodium chloride(Rock Salt) 구조분석 및 위생학적 연구의 결과 보고서 "열처리 조건에 따른 sodium chloride 결정의 물리화학적 및 열적변화에 따른 성분규명과 인체에 미치는 위생학적 영향에 따른 연구. 한서대학교 식품생물공학과(1995)
17. Maurice, E. S. and Vernon, R. Y. : Nutrition and diet in hypertension. In "Modern nutrition in health and disease" 7th ed., Lea & Febiger, Philadelphia, Vol II, p.1272(1988)
18. Schroeder, H. A. : Relation between mortality from cardiovascular disease and treated water supplies. *J. Am. Med. Assoc.*, **172**, 1902(1960)
19. Joffres, M. R., Reed, D. M. and Yano, K. : Relationship of magnesium intake and other dietary factor to blood pressure : the Honolulu heart study. *J. Nutr.*, **116**, 1896(1986)
20. Itokawa, Y., Tanaka, C. and Fujiwara, M. : Changes in body temperature and blood pressure in rats with calcium and magnesium deficiencies. *J. Appl. Physiol.*, **37**, 835(1974)
21. Ackley, S., Barret-Conner, E. and Saurez, L. : Daily products calcium supplementation of women. *Am. J. Clinic. Nutr.*, **42**, 12(1985)
22. 신호선 : 식품분석 -이론과 실험-. 신광출판사, 서울(1983)
23. Hasegawa, Y., Hagegawa, M., Suzuki, T. and Yotsu-moto, H. : Soft tissue observation by crytosan fitted with vaccum evaporating device. *JEOL News*, **12**, 26(1974)
24. Kim, S. H., Park, K. Y. and Suh M. J. : Comutagenic effect of sodium chloride in the *Salmonella*/Mammalian microsome assay. *Food Biotechnol.*, **4**, 246(1995)
25. Jacobs, M. M. : Potassium inhibition of DMH-induced small intestinal tumors in rats. *Nutr. Cancer*, **14**, 95(1990)
26. Mahan, L. K. and Arlin, M. T. : Food nutrition and diet therapy. Saunders Co., Philadelphia, p.387(1992)
27. Mccarron, D. A. : Calcium and magnesium. nutrition in human hypertension. *Annals Internal Medicine*, **98**, 800(1983)
28. Tannen, D. H. : Effects of potassium on blood pressure control. *Ann. Int. Med.*, **98**, 773(1983)

(1998년 1월 22일 접수)