# 식용소금의 안전성

## Safety of Table Salt

이 병 훈

Byung-Hoon Lee, Ph.D.

서울대학교 약학대학

College of Pharmacy, Seoul National University

## Ⅰ. 서론

식품 위생학적 측면에서 식용소금은 식품의 변색방지, 보존 및 발효조정 등 매우 다양하고 중요한 의미를 갖고 있다. 소금은 그 생산방식에 따라 천일염, 정제소금, 재제소금, 용융소금, 및 가공소금으로 나눌 수 있고, 각각은 고유의 NaCl 함량기준, 유해성분 허용기준 등을 갖고 있다. 소금의 안전성은 크게 소금 자체의 안전성과 소금에 오염되어 있는 유해물질에 의한 안전성으로 구분된다. NaCl의 $LD_{50}$는 3.8g/kg으로 GRAS-4 (Generally Recognized As Safe)고 분류되어 매우 안전한 물질이다. 소금의 나트륨은 대부분의 필수영양소, 미량원소 등의 공통적인 특징인 U자형의 용량반응곡선을 보인다. 따라서 소금은 정상수준 (Na농도 136-145 mEq/L) 이하일 경우 신경증상을 포함하는 결핍증을, 그 이상일 경우 고혈압, 뇌졸중 등의 독성을 나타낸다.

소금에는 주성분인 염화나트륨 이외에 카드뮴, 수은, 납, 비소 등의 중금속, 내분비장해 및 발암성의 다이옥신, 천일염의 결정지 바닥재로서 염화비닐수지, 프탈레이트 화합물, 제조과정에서 혼입되는 이물 (동식물성 이물, 토사, 먼지, 해충 등)뿐 아니라 가공소금의 고결을 방지하는 페로시안화이온 등 다양한 물질들이 의도적 혹은 비의도적으로 함유되어 있다. 1999년 소비자보호원 시험결과 소금 중 납, 카드뮴이 검출된 바 있으며, 2002년 죽염 등 구운소금에서 다이옥신이 검출되어 사회적 혼란을 야기시킨 바 있다. 본 기고에서는 소금에 함유될 수 있는 유해화학물질의 독성학적 특성과 소금섭취에 따른 위해성 관련 정보를 종합하여 검토함으로써 이들 오염물질에 대한 위해관리 (Risk management) 및 위해정보공유 (Risk communication)에 필요한 자료를 제시하고자 한다.

Corresponding author: Byung-Hoon Lee, PhD
College of Pharmacy, Seoul National University, Sillim-dong, Gwanak-gu Seoul, 151-742 Korea
Tel: +82-2-880-7843
E-mail: lee@snu.ac.kr

## 2. 소금의 종류 및 특성

식품공전상의 식염이라 함은 해수나 암염 등으로부터 얻은 염화나트륨이 주성분인 결정체를 재처리하거나 가공한 것 또는 해수를 결정화하거나 정제, 결정화한 것을 말한다. 최근 식품의약품안전청에서는 음식을 조리하는데 사용하는 식용소금의 종류가 다양해짐에 따라 사용 목적에 맞는 소금을 구입할 수 있도록 식용소금의 종류 및 특성에 대한 정보를 제공한 바 있으며 이에 따르면 식용소금을 천일염, 재제소금, 태움 · 용융소금, 정제소금, 가공소금으로 다양하게 분류하고 있다 (표 1) (식품의약품안전청, 2009).

### 1) 천일염

천일염은 지금까지 염관리법으로 관리되어 왔으나 2008년 3월부터 식품위생법에서 식용소금으로 관리하게 되면서 식품제조에 사용이 가능해 졌다. 천일염은 염전에서 해수를 직접 태양열로 증발, 결정하여 만들기 때문에 원수에 함유되어 있는 중금속 등 유해화학물질이 최종제품에 오염되어 있을 가능성이 있다.

### 2) 정제소금

정제소금은 바닷물을 이온교환 등을 통해 정제한 후 진공/증발을 통해 결정화한 소금으로 염화나트륨 농도가 95% 이상으로 다른 소금에 비해 높다. 바닷물을 정제하여 만들었기 때문에 천일염에 비해 유해화학물질에 오염되어있을 가능성이 매우 낮아 안전성 측면에서는 가장 좋게 평가된다.

### 3) 재제소금

재제소금은 천일염이나 암염을 정제수나 바닷물 등에 녹여 불순물을 여과한 후 다시 결정화시킨 소금으로 흔히 '꽃소금' 으로 불리는 소금이다. 불순물의 여과과정을 거쳤기 때문에 불순물이 걸러지긴 하나 천일염에 오염되어있는 유해화학물질을 완전히 제거하기는 어렵다.

### 4) 태움/용융소금

죽염 등으로 잘 알려진 태움 · 용융소금은 암염이나 천일염 등을 800℃ 이상의 고온에서 수차례 가열과 분쇄를 반복하여 만든 소금이다. 낮은 온도로 가열할 경우 인체에 유해한 다이옥신이 생성될 수 있어 주의를 요한다.

### 5) 가공소금

가공소금은 앞서 설명한 천일염, 정제소금, 재제소금이나 태움 · 용융소금에 영양성분이나 맛을 증진시킬 목적으로 다른 식품이나 식품첨가물을 첨가한 소금으로 원염의 순도, 첨가된 첨가물의 종류에 따라 안전성에 관한 특성이 달라질 수 있다.

[표 1] 소금의 종류별 특성 및 안전성 문제

| 구 분 | 천일염 | 정제소금 | 재제소금 | 태움/용융소금 | 가공소금 |
|---|---|---|---|---|---|
| 생산방식 | 염전에서 해수를 태양열로 증발, 결정 | 해수의 이온교환, 진공/증발 결정화 | 원염의 용해, 여과, 침전,자비, 재결정 | 원염의 원형변형 (볶음, 태움, 용융) | 제조된 소금에 첨가 (식품, 식품첨가물) |
| NaCl (%) | 70% 이상 | 95% 이상 | 88% 이상 | 88% 이상 | 35% 이상 |
| 비소 (mg/kg) | 0.5 이하 | 0.5 이하 | 0.5 이하 | 0.5 이하 | 0.5 이하 |
| 납 (mg/kg) | 2.0 이하 | 2.0 이하 | 2.0 이하 | 2.0 이하 | 2.0 이하 |
| 카드뮴 (mg/kg) | 0.5 이하 | 0.5 이하 | 0.5 이하 | 0.5 이하 | 0.5 이하 |
| 수은 (mg/kg) | 0.1 이하 | 0.1 이하 | 0.1 이하 | 0.1 이하 | 0.1 이하 |
| 페로시안화 이온 (g/kg) | 불검출 | 0.010 이하 | 0.010 이하 | 0.010 이하 | 0.010 이하 |
| 안전성 문제 | 중금속 등 유해 화학물질 | ? | 중금속 등 유해 화학물질 | 다이옥신류 | 첨가물, 유해화학물질 |

## 3. 소금자체의 안전성

### 1) Na의 U자형 용량반응관계

NaCl의 $LD_{50}$는 3.8g/kg으로 GRAS-4 (Generally Recognized As Safe)고 분류되어 매우 안전한 물질이다. 용량에 따라 반응이 증가하는 대부분의 외인성물질에 의한 용량반응관계와 달리 체내에 필수적인 미량원소 등의 용량반응곡선은 U자 형태를 보이는 게 일반적이다. (그림 1.) Na의 경우 정상적인 혈중농도인 136-145 mEq/L가 미달되거나 초과될 경우 그에 상응하는 부작용(독성)이 나타나게 된다. Na이 부족한 상태 (hyponatremia)에는 피로감, 방향감각상실(disorientation), 두통, 근육경련, 구토 등의 증상이 나타나게 되고 심하면 발작(seizure)과 혼수(coma)가 일어나는데, 대부분 음식물을 통해 충분한 양의 Na이 섭취되기 때문에 그리 흔한 경우는 아니다. 이는 삼투압 차이 때문에 뇌세포로 체액이동이 증가하고 이로 인한 세포의 팽창(swelling) 및 기능감퇴가 원인으로 지적되고 있다.

반면 Na의 혈중농도가 높은 hypernatremia의 경우에는 고혈압, 뇌졸중, 좌심실비대, 위암, 단백뇨, 신장결석, 골다공증의 증상이 나타날 수 있다. 이중 소금의 섭취와 고혈압의 상관관계에 대해서는 그간 수많은 연구로 입증되었다. 최근 수행된 DASH (Dietary Approaches to Stop Hypertension) Sodium trial에서는 소금의 섭취를 줄일 경우 혈압이 낮아진다는 연구결과 발표된 바 있으며 (He and MacGregor, 2009), 뇨 중 Na의 배설과 뇌졸중, 좌심실비대 및 위암과 높은 상관관계가 있다는 결과가 보고되고 있다 (그림 2.) (He and MacGregor, 2009; Pfeffer et al., 1984; Wang et al., 2009).

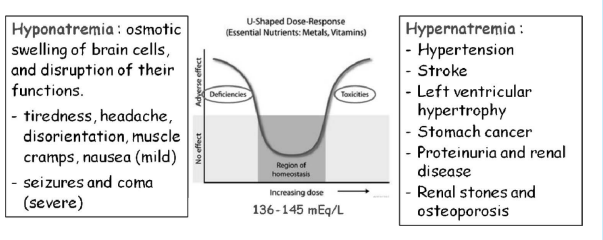


그림 1. Na의 U자형 용량반응곡선과 독성

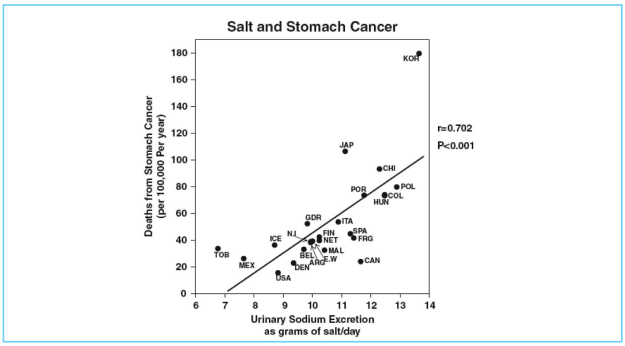


그림 2. 뇨중 Na의 배설과 위암과의 상관관계 (Wang et al, 2009)

## 4. 소금에 함유되어있는 유해화학물질의 안전성

표 1에서 보는 바와 같이 소금에는 제조과정에서 중금속, 다이옥신 등 다양한 유해화학물질이 오염될 수 있다. 실제로 1999년 소비자보호원은 가공소금 11종 중 8종에서 납이 검출되었으며 그 중 4종에서는 0.01-0.22 ppm의 카드뮴도 함께 검출되었다고 보고하였다. 또한 2002년 8월 식품의약품안전청의 검사결과에 따르면 구운소금 4개 제품에서 평균 11.09 pgTEQ, 최고 43.54 pgTEQ의 다이옥신이 검출되었으며 이는 2000년과 2001년에 조사한 국내 어류의 다이옥신 평균 잔류량의 7.6배에 해당하는 양이다.

하지만 국내 소금 중 중금속을 분석한 최근 논문 (Park et al., 2000)에 의하면 국내 소금중 카드뮴, 수은, 납, 비소 등 대표적인 중금속의 양을 한국인의 일일 소금섭취량으로 환산했을 때 JECFA에서 정한 PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake)에 훨씬 못 미치는 양임을 알 수 있다. 하지만 이들 유해화학물질의 노출이 소금에 한정되어 있는 것이 아니기 때문에 가급적 알려진 노출원으로부터의 노출을 줄이는게 좋다. 본 기고에서는 이들 유해화학물질의 독성학적 특성에 대해 다루고자 한다.

| | Contents in salts | PTWI[a] | Weekly Intake[b] |
|---|---|---|---|
| Cd | ~ 310 μg/kg | 7 μg/kg bw | 0.49 μg/kg bw |
| Hg | ~ 20 μg/kg | 5 μg/kg bw | 0.03 μg/kg bw |
| Pb | 390 ~ 1,360 μg/kg | 25 μg/kg bw | 2.1 μg/kg bw |
| As | ~ 0.78 μg/kg | 15 μg/kg bw | 1.2 μg/kg bw |

a. Provisional Tolerable Weekly Intake
b. 한국인 일일 평균 소금 섭취량 13.4g

### 1) 카드뮴

가. 노출

크게 음식물에 의한 노출과 산업장에서의 노출로 나눌 수 있으며, 산업장 이외의 노출중 가장 중요한 것은 흡연이다. 식물은 토양이나 물속의 카드뮴을 잘 흡수하므로 씨리얼, 채소 등으로부터 카드뮴에 노출되며 해산물로부터의 노출 또한 매우 크다.

나. 흡수

소화기를 통한 흡수는 매우 낮으나(5-8%) 호흡기를 통한 흡수는 15-30%에 달하고 흡연 등을 통한 카드뮴 증기는 약 50% 정도 흡수된다. 카드뮴은 체내 반감기가 매우 길어 약 30년 이상으로 알려져 있으며 주로 신장, 간, 췌장 등에 축적된다.

다. 독성

급성독성으로는 경구 노출의 경우 소화기장해, 경기도 노출일 경우 폐렴, 폐부종 등이 있다. 만성독성으로는 기종(氣腫; emphysema), 신장의 세뇨관장해, 골변형(bone deformation) 등이 있다. 카드뮴이 신장에 독성을 유발하는 이유는 간에서 만들어지는 중금속 해독단백질인 metallothionein과 결합되어있던 카드뮴이 신장에 도달하면 신장의 세뇨관세포에서 이들이 다시 분리되어 카드뮴이 유리되기 때문이다. 골변형의 원인으로는 비타민D 활성화 효소억제에 의한 칼슘흡수장해, 세뇨관장해에 의한 칼슘재흡수장해, 파골세포의 활성화 등이 있다.

### 2) 수은

수은은 금속수은($Hg^0$), 이온형 수은($Hg^+$, $Hg^{++}$), 유기수은의 형태가 있으며 독성학적 측면에서 가장 중요한 유기수은은 메틸수은이다.

가. 노출

수은은 상온에서 액체인 유일한 금속으로 병원용 기구(체온계), 치과용 재료(아말감), 전기전도체 및 다양한 소비재(배터리, 형광등, HID램프 등)에 사용된다. 수은이 사람에게 노출되는 양을 크게 보면 반은 지구표면의 자연적인 배기(degassing)에, 반은 인간의 활동에 기인한다. 씨리얼, 채소, 생선, 육류, 유제품이 음식물에 의한 노출원이고 그밖에 작업장에서의 노출이 있다.

나. 흡수

금속수은의 경구흡수율은 무시할만한 수준으로 매우 낮다. 하지만 호흡기를 통한 흡수율은 매우 높아 흡수된 후 이온형으로 산화된다. 일가이온형은 수용성이 낮아 소화기를 통한 흡수가 낮고, 이가이온형은 이보다 높아 음식물로부터 노출될 경우 약 15% 정도 흡수된다. 하지만 메틸수은의 경구흡수율은 90-95%에 이르고 이의 주요 노출원이 생선 등 해산물인 것을 감안하면 그 위험성은 매우 크다 할 수 있다.

다. 독성

금속수은 증기의 경우 급성독성은 기관지염, 폐렴이며 만성독성은 중추신경계에 나타난다. 메틸수은의 주요 표적장기는 뇌이고 임상적 증상으로는 지각이상, 운동실조, 신경쇠약, 시각 및 청각장해, 경직, 진전, 혼수, 사망 등이 있다. 메틸수은은 태반을 통과할 수 있기 때문에 태아의 중추신경계에 영향을 줄 수 있어 임산부와 가임여성들의 주의가 요구된다. 특히 임산부의 생선섭취, 특히 유기수은 함량이 높은 생선섭취는 태아에게 큰 위험요인이 될 수 있어 2004년 미국 EPA와 FDA에서는 임산부, 가임여성, 아기엄마, 어린이들을 대상으로 수은함량이 높은 생선의 권고섭취량을 제시하고 있어 주목된다 (Smith and Sahyoun, 2005).

### 3) 납

납은 과거에 페인트의 성분과 휘발유의 노킹방지제로 널리 사용되었으나 1970년대에 미국을 비롯한 대부분의 나라에서 사용이 금지됨에 따라 사람에 대한 위험성도 많이 낮아진 금속이다.

가. 노출

납은 주로 식품과 환경으로부터 노출된다. 식품통조림의 납땜, 세라믹용기의 유약에서 녹아 나온 납이 중요하였으나 납땜캔의 사용은 감소하고 있다. 환경 중 노출의 경우 페인

트, 납 함유 폐기물의 연소에 따른 공기중 노출, 어린이의 hand-to-mouth activity등이 있다.

나. 흡수

납의 경구흡수는 성인(5-15%)에 비해 어린이에서 매우 높다(41.5%). 호흡기 노출의 경우 30-40% 정도 흡수되는데 농도, 공기흡입량, 형태, 크기 등이 영향을 미친다. 흡수된 납은 주로 뼈에 분포되고 그밖의 장기로는 간, 신장 등이 있다.

다. 독성

납은 적혈구의 수명을 단축하고, heme 생합성을 억제하는 등 혈액에 독성을 나타내고, voltage-gated Ca channel을 막아 신경계에 영향을 미친다. 또한 납의 혈중농도가 높은 사람들은 그렇지 않은 사람들에 비해 평균 지능지수(IQ)가 5포인트 정도 낮다는 보고가 있다. 그밖에 신장, 심혈관계에 독성을 나타내고 암을 유발하기도 한다.

### 4) 다이옥신류

다이옥신류에는 polychlorinated dibenzodioxin (PCDDs), Polychlorinated dibenzofuran (PCDFs) 그리고 coplanar PCB 등이 포함된다.

가. 노출 및 흡수

다이옥신의 인간노출 대부분은 음식물(육류, 유제품, 생선, 우유 등)에 기인하고 공기, 물, 피부접촉 등의 경로는 크게 중요하지 않다. 이들 화학물질은 지용성이 커 쉽게 흡수된다.

나. 독성

실험동물들에게 급성독성실험을 해본 결과 hamster의 LD50는 1,157 μg/kg인데 반해 guinea pig의 그것은 0.5μg/kg으로 약 2,000배의 차이가 난다. 이와 같이 독성의 큰 차이가 나는 이유는 다이옥신의 aryl hydrocarbon receptor (AhR)에 대한 친화력이 다르기 때문으로 평가된다. 다이옥신과 결합한 AhR은 핵으로 이동하여 ARNT (aryl hydrocarbon receptor nuclear receptor)와 결합하고 이들은 DRE (dioxine response element)에 결합하여 생식, 발달, 면역, 발암 등과 관련된 유전자의 발현이 촉진된다 (Bock and Köhle, 2006).

## 5. 결론

소금은 제조과정에 다양한 유해화학물질이 오염 혹은 생성될 수 있다. 소금에 오염될 수 있는 화학물질로는 카드뮴, 수은, 납, 비소 등의 중금속류, 다이옥신류, 프탈레이트류 등이 있으나 이들의 오염정도는 소금 섭취량을 고려해 보았을 때 크게 문제되지 않는 농도이다. 다만 이들 유해화학물질의 노출이 소금에 국한되지 않고 다양한 식품, 환경오염 등에 기인할 수 있으므로 소금중의 유해물질을 철저히 규제, 관리할 필요가 있다.

## 참고 문헌


1. 식품의약품안전청 (2009) 식용 소금(식염) 바르게 알고 선택하세요 (http://www.foodnara.go.kr/portal/site/kfdaportal/template.MAXIMIZE/newsmediasub/?javax.portlet.tpst=3b97e105a738e57ec76ffa0192f1a0a0_ws_MX&javax.portlet.prp_3b97e105a738e57ec76ffa0192f1a0a0_viewID=board_detail&javax.portlet.begCacheTok=com.vignette.cachetoken&javax.portlet.endCacheTok=com.vignette.cachetoken&field_sq=3591)
2. He, F.J. and MacGregor, G.A. (2009) A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programmes. Journal of Human Hypertension, 23, 363-384.
3. Pfeffer, M.A., Pfeffer, J. and Mirsky, I. (1984) Cardiac hypertrophy and performance of Dahl hypertensive rats on graded salt diets. Hypertension, 6, 475-481.
4. Wang, X.Q., Terry, P.D. and Yan, H. (2009) Review of salt consumption and stomach cancer risk: Epidemiological and biological evidence. World Journal of Gastroenterology, 15, 2204-2213.
5. Park, J.W., Kim, S.J., Kim, S.H., Kim, B.H., Kang, S.G., Nam, S.H. and Jung, S.T. (2000) Determination of mineral and heavy metal con tents of various salts. Korean Journal of Food Science and Technology, 32, 1442-1445.
6. Smith, K.M. and Sahyoun, N.R. (2005) Fish consumption: recommendations versus advisories, can they be reconciled? Nutrition Review, 63, 39-46.
7. Bock, K.W. and K?hle, C. (2006) Ah receptor: dioxin-mediated toxic responses as hints to deregulated physiologic functions. Biochemical Pharmacology, 72, 393-404.