시판 소금 중, 유해물질함량

Hazardous contaminants in commercial salts

배 동 호
Dong-Ho Bae

건국대학교 생명공학과
Konkuk University, Department of Bioscience & Biotechnology

Ⅰ. 서론

인간의 생명 활동을 위해 필수적인 소금의 섭취에 대한 논쟁은 전 세계적으로 큰 이슈가 되고 있다. 소금은 인체의 혈액 중 약 0.9%를 차지하고 있을 뿐만 아니라, 여러 소화액, 임파액 등의 각종 체액의 성분이며, 삼투압 조절에 있어 가장 중요한 존재이다. 뿐만 아니라 근 수축 및 산-염기 평형 등 생리기능에 관여하는 생체조절 물질로서 사람이 살아가는데 있어 필수적인 물질이다. 식품에서는 소금의 역할 중 가장 중요한 것이 조미료로서 이용되는 것이며, 식품의 보존 및 저장에 있어서 전통적으로 사용되어 온 식재료이다. 그러나 소금의 과도한 섭취는 고혈압의 주요한 원인이 되며, 심장병, 뇌졸중 등의 심혈관 질환과 관련되어 있을 뿐만 아니라 위염, 위암 등의 원인이 될 가능성이 있다는 연구가 보고되고 있기 때문에 최근 들어서는 개인에 맞는 적정량의 소금섭취가 강조되고 있다. WHO의 적정 소금 섭취량은 5g 이며 미국과 영국은 6g이다[1, 2]. 우리나라 경우 여러 가지 고추장, 된장, 간장 등의 장류 및 김치류 등의 전통적인 식단으로 인해 WHO나 미국의 권장량을 준수하는 것은 현실적으로 어려움으로써 이보다 두 배 높은 10g 이하이지만 실제로 성인이 평균적으로 하루에 섭취하는 소금의 양은 13.5 g으로 WHO의 약 2.5배 높다. 따라서 날로 증가하는 소금섭취량으로 인한 위해 및 부작용을 우려하여 여러 매체를 통해 적정소금섭취량을 권장하고 있고 높은 소금 섭취량으로 인한 질병 유발의 위험성을 대대적으로 홍보하는 등 소금의 섭취를 줄이기 위해 다양한 방법을 모색 또는 진행 중이다. 이렇듯 소금에 관한 안전성은 소금 자체의 섭취에 의한 것이 대부분이지만 이 외에도 다양한 종류의 소금을 제조 가공하는 과정에서 인간의 건강에 위협을 줄 수 있는 여러 가지 유해물질 또한 함유할 수 있다. 토양, 해양, 대기 등의 환경오염은 해수에 영향을 미치고 이는 소금 제조원에 악영향으로 이어져 우리가 섭취하는 식염에 어쩔 수 없

Corresponding author: Dong-Ho Bae
1 Hwayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea
Tel: +82-2-450-3756
Fax: +82-2-456-7011
E-mail: donghoya@konkuk.ac.kr

표 1. 소금의 유형별 기준 및 규격[3]

유형 / 항목	천일염	재제소금	태움 · 용융소금	정제소금	가공소금
(1) 염화나트륨(%)	70.0 이상	88.0 이상	88.0 이상	95.0 이상	35.0 이상
(2) 총염소(%)	40.0 이상	54.0 이상	50.0 이상	58.0 이상	20.0 이상
(3) 수분(%)	15.0 이하	9.0 이하	4.0 이하	4.0 이하	5.5 이하
(4) 불용분(%)	0.15 이하	0.02 이하	3.0 이하	0.02 이하	-
(5) 황산이온(%)	5.0이하	0.8 이하	1.5 이하	0.4 이하	2.5 이하
(6) 사분(%)	0.2이하	-	0.1 이하	-	-
(7) 비소(mg/kg)	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하
(8) 납(mg/kg)	2.0 이하	2.0 이하	2.0 이하	2.0 이하	2.0 이하
(9) 카드뮴(mg/kg)	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하	0.5 이하
(10) 수은(mg/kg)	0.1이하	0.1 이하	0.1 이하	0.1 이하	0.1 이하
(11) 페로시안화이온(g/kg)	불검출	0.010 이하	0.010 이하	0.010 이하	0.010 이하

이 개입되기 때문이다. 따라서 우리나라 식품위생법에서는 아래와 같이 소금 (식염)을 제조 및 가공방법에 따라 천일염, 제제소금, 태움용융소금, 정제소금, 가공소금 등 5가지로 분류하고 있으며 각각에 대한 기준규격을 준수하도록 규정하고 있다 (표 1).

1) 천일염: 염전에서 해수를 자연 증발시켜 얻은 염화나트륨이 주성분인 결정체를 말한다.
2) 재제소금(재제조소금): 원료 소금(100%)을 정제수, 해수 또는 해수농축액 등으로 용해, 여과, 침전, 재결정, 탈수, 염도조정 등의 과정을 거쳐 제조한 소금을 말한다.
3) 태움 · 용융소금: 원료 소금(100%)을 태움 · 용융 등의 방법으로 그 원형을 변형한 소금을 말한다.
4) 정제소금: 해수를 이온교환막에 전기투석시켜 정제한 농축함수 또는 암염이나 천일염을 용해한 것을 진공증발관에 넣어 제조한 소금을 말한다.
5) 가공소금은 천일염, 재제소금, 정제소금, 태움 · 용융소금(50% 이상)에 식품 또는 식품첨가물을 가하여 가공한 소금을 말한다.

위의 열한 가지 소금의 유형별 규정에는 소금에 함유될 수 있는 유해물질로는 품질 유지를 위한 첨가물, 해수 및 소금 제조원의 오염에 의한 중금속, 천일염 제조원 (염전)의 지리적인 요인에 의한 불순물 등이 포함되어 있다. 하지만 이 외에도 소금의 제조과정 중 용출 또는 혼합될 수 있는 물질 등이 있는데 그 중 특히 내분비장애물질 (endocrine disrupters)로 규정된 DEHP (diethylhexyl phthalate)가 그것이다. 따라서 본 논단에서는 소금에 관해 일반적으로 알려지지 않고 있는 유해물질인 중금속, 페로시안화이온, DEHP 및 사분에 관해 설명하고 실제로 유통중인 소금을 수집 및 분석하여 이것에 의한 위해가 어느 정도 인지 가능성을 추정해 보고자 한다.

II. 소금에 포함 가능한 유해물질의 종류 및 위해성

1. DEHP (Diethylhexylphthalate)

1) DEHP란?

DEHP는 공식명칭이 [Bis (2-ethylhexyl) phthalate] 이고 화학식이 $C_{24}H_{38}O_4$, 분자량이 390.56이 되는 프탈레이트계 화합물이며 염화비닐수지 (polyvinyl chloride, PVC) 제조 산업 및 이를 원료로 한 제품에 가소제로서 널리 사용되고 있다. 전 세계적으로 생산되는 DEHP 중 80% 이상이 가소제로 사용되고 있고 PVC 제품 및 이를 원

표 2. US EPA(Environmental Protection Agency)와 OECD에서 말하는 내분비계장애물질 정의

기관	내분비계 장애물질의 정의
US EPA[6]	[Exogenous agents that interfere with the production, release, transport, metabolism, binding, action, or elimination of the natural hormones in the body responsible for the maintenance of homeostasis and the regulation of developmental processes] *체내의 항상성 유지와 발달과정을 조절하는 생체 내 호르몬의 생산, 분비, 이동, 대사, 결합작용 및 배설을 간섭하는 외인성 물질*
OECD[8]	[An exogenous substance that causes adverse health effects in an intact organism, or its progeny, consequent to changes in endocrine function] 내분비 기능에 변화를 일으켜 생체 또는 그 자손의 건강에 위해한 영향을 나타내는 외인성 물질,

료로 한 산업용품, 생활용품, 일회용품을 통해 인체에 광범위하게 노출되고 있다. 프탈레이트류 중에는 내분비장애물질로 분류된 것이 몇 개 있는데 DEHP가 여기에 포함된다[4], [5]. 여기서 잠깐 내분비계장애물질에 대해서 짚어 보기로 하자. [내분비장애물질 (Endocrine disruptors)]에는 bisphenol A (BPA), PCBs, amitol, phthalate, dioxin, 중금속 등이 있으며 일명 환경호르몬이라고 알려져 있다. 그 이유는 내분비계장애물질이라는 용어에서 나타나듯이 우리 몸에 들어오면 체내의 내분비 기능을 교란시켜 인체에 악영향을 나타내기 때문이다. 미국 환경보호청인 EPA와 경제협력개발기구인 OECD의 내분비계장애물질에 대한 정의를 표 2에 나타내었다. 각 기관의 정의는 약간 다르지만 공통적으로 내분비계장애물질은 생체기능에 변화를 일으키는 외인성 물질이라는 것이다. 이러한 외인성 물질에는 살충제나 가소제, 식품에서 발견되는 천연화합물(phytoestrogen), 의약품, 또는 동물 또는 인간의 폐기물에서 분비되는 호르몬 등 인간이 만들어낸 chemicals 을 포함한다[6], [7]. 전반적인 내분비계장애물질의 특성은 지용성이고, 쉽게 분해되지 않고 지방에 축적되며 생물농축으로 인해 먹이사슬을 따라 상위를 차지하는 포유류에 가장 큰 피해가 갈수 있기 때문에 결국 먹이사슬의 꼭대기에 존재하는 인간에게 가장 큰 악영향을 미치게 된다.

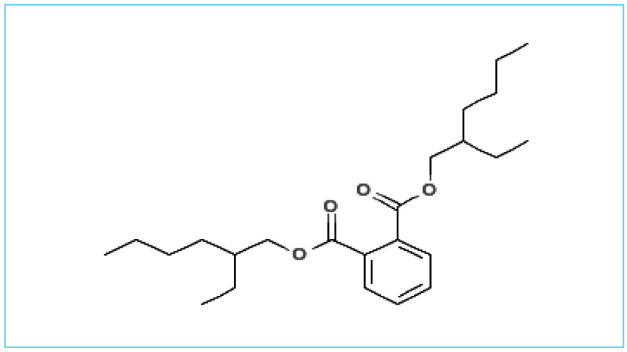

그림 1. DEHP의 구조

다시 본론으로 돌아와서, 이렇듯 DEHP는 내분비계장애물질에 속하기 때문에 각국 및 기관에서는 DEHP를 내분비장애물질로 규정하고 검출 농도를 제한 또는 권고하고 있으며 이를 표에 나타내었다.

인간에의 직접적인 노출은 식품 또는 식품첨가물에 함유되거나 포장재 등을 통한 식품으로의 용출 등 이지만, 사실 식품을 통한 DEHP의 노출량을 추정하는 것은 정확성이 떨어질 수 있는데 그 이유는 식품의 제조과정 및 포장 그리고 가정에서의 저장 중 지용성인 DEHP 가 포장재 및 용기로부터 쉽게 식품으로 용출될 수 있기 때문이다. 이러한 내분비계장애물질 중에 포함되는 DEHP는 천일염 등의 소금에서도 미량 발견되는데 그 이유는 모든 소금의 원료가 되는 원료소금, 특히 천일염 제조 시 염전에 사용되는 바닥재 때문이라고 추정할 수 있다. 실제로 국내 염전에서는 PVC 소재의 장판(바닥재)을 사용 중이며 이 PVC 제조 과정 중 DEHP가 장판으로부터 소금으로 용출될 가능성이 높다.

2) DEHP의 용도

DEHP는 실생활 및 산업에서 널리 사용되는 물질로 편리

표 3. 각 국제기관의 항목별 DEHP 규제현황 (8)

기관	항목	Regulations
WHO IARC	Drinking water	8 μg/L (MCL (Maximum contaminant level)
US EPA	Drinking water	6 μg/L (MCL (Maximum contaminant level)
EU	완구 및 유아용품	물질 또는 준비성분으로 농도 0.1% 이상 사용될 수 없음 (판매금지)
Canada	의료용구	사용금지
	유아용 장난감	PVC 사용금지 권고
독일 환경청	프탈레이트 함유 PVC	점진적 사용금지 권고 (1999)
일본 후생성	DEHP 등 8종	내분비계장애물질로 규정
국내 환경부	DEHP, DHP, BBP 등	내분비계장애물질로 규정 DEHP : 유해 및 관찰물질로 지정
국내 식약청	DEHP	식품에 혼화할 우려가 있는 경우 기구 및 용기포장 제조시 사용금지, PVC 용출규격 1.5 mg/L

함을 도모하기 위해 만들어낸 물건에 광범위하게 있다. 특히 우리가 매일 사용하는 PVC제조 및 이를 원료로 한 물질에 많이 함유되어 있고, 화장품, 향수, 세제 등의 개인 및 위생용품뿐만 아니라 가죽, 신발 등의 피복류 및 장난감, 유아용품 그리고 식품에서는 치즈, 우유, 마가린 등의 유제품 특히 많이 들어있다. 한 예로 덴마크에서는 식품을 통한 DEHP 노출의 85 %가 유제품 및 육류와 어류를 통한 것이라고 발표하였다. 이는 지용성인 DEHP가 이러한 유제품 및 육류의 제조 공정 중 사용되는 기기 용기 들로부터 유출 될 뿐만 아니라 가정에서도 이러한 식품을 보관 저장하는데 사용되는 저장재로부터 유출되기 때문이다. 그 외에도 그리고 포장재, 알루미늄 호일, 비닐랩, 비닐백 등의 포장 및 저장재, 그리고 산업에서는 케이블, 와이어, 컨테이너, 건축자재, 바닥재, 살비제, 소포제 등에 널리 사용된다. 의학에서는 수액백, 혈액백, 투석백 등의 PVC 의료용품을 사용해 왔기 때문에 이들로부터 용출된 DEHP가 환자들에게 노출되었을 가능성이 높다. 따라서 의료용품에 PVC 제품을 사용하지 말도록 선진국에서는 규정 또는 권고하고 있다.

3) DEHP의 주요한 노출 경로

앞서 언급했듯이 DEHP는 공기, 토양, 물 등에 노출 함유되어 있어 경구를 통한 DEHP의 노출은 쉽고, 호흡에 의해서도 인체에 유입될 가능성이 높다. 특히DEHP 의 인체 노출 중 가장 고 위험 군은 PVC 제조 및 관련산업, 제지공장, 플라스틱 공장에서 일하는 근로자들이라고 발표하였다. 그 외에 매일 마시는 음용수에도 함유되어 있기 때문에WHO 및 EPA 는 음용수에서 발견될 수 있는 DEHP 의 함량을 각각 8 및 6 μg으로 정하고 있다. 캐나다 보건 기구에서 조사한 자

그림 2. DEHP의 주요한 이용

표 4. 캐나다에서 발표한 DEHP의 연령별 노출 분포 [5]

Substance/medium	Estimated intake for various age ranges (ng/kg bw per day)				
	0-0.5 yrs	0.5-4 yrs	5-11 yrs	12-19 yrs	20-70 yrs
Air (Great lake regions)	0.03-0.3	0.03-0.3	0.04-0.4	0.03-0.3	0.03-0.3
Indoor air	860	990	1200	950	850
Drinking Water	130-380	60-180	30-100	20-70	20-60
Food	7900	18,000	13,000	7200	4900
Soil	0.064	0.042	0.014	0.04	0.03
Total	8900-9100	19,000	14,000	8200	5800

료에 따르면 캐나다 국민의 DEHP 노출 분포를 연령별로 조사하였는데 가장 많은 분포를 보인 것은 역시 식품으로 4900-18000 ng/kg body weight이라고 하였고 특히 우유, 치즈, 버터 등의 유제품 및 육류 와 어류의 섭취에 의한 것이었다. 이는 원래 식품의 원료에 함유되어 있는 것이 아닌 주로 식품의 제조과정 중 식품으로의 용출에 기인한 것이라고 추정할 수 있다. 주목할만한 것은 특히 0.5-11세의 영유아 및 아동에서 식품을 통한 노출이 타 연령대에 비해 매우 높은 것인데 그 이유는 성장기 아이들을 위해 우유 및 치즈 등 유제품을 많이 섭취하도록 하고, 이들의 손, 입, 피부의 접촉이 많은 장난감, 유아 용품이 폴리염화비닐수지를 함유하는 플라스틱이 주 원료이기 때문에 항상 DEHP에 노출된 것으로 사료된다. 또한 식품의 제조 및 유통 저장과정 중 사용되는 각종 기기 및 포장도구에서도 충분한 DEHP가 식품으로 용출될 가능성이 높고 가정에서도 구입한 식품을 일회용 포장용기나, 그릇에 보관함으로써 상당량의 DEHP가 식품으로 용출될 것으로 사료된다 [5].

4) DEHP의 독성

DEHP는 식품, 공기, 토양, 포장재, 섬유, 잉크, 건축자재, 의료용구 등 광범위한 경로를 통해 다양하게 인체에 노출되지만 현재까지 사람 및 영장류에 대한 DEHP의 위해 자료는 아직 미흡한 수준이다. 그러나 DEHP에 대한 급만성 독성 영향이 in vitro 에서는 입증이 되었고 공통적인 것은 DEHP를 고용량 투여한 설치류 그룹에서 정소의 위축에 의한 생식능력의 감소를 확인한 것이다. DEHP의 독성에 관한 실험을 아래에 간단히 나열하였다 [5], [9].

- 복강 투여 후 LD50는 랫에서 30.7 g/kg, 마우스에서 37.8 g/kg 으로 관찰됨
- 대다수의 설치류를 대상으로 DEHP 를 경구 투여한 실험에서 0.2-2.0%의 DEHP를 포함하는 식이 섭취군에서 대조군보다 116-204% 정도의 간 비대증을 관찰
- 1.0-2.0% 투여군에서는 또한 수컷 랫에서 정소의 위축(쇠약)과 관련된 고환의 감소에 의한 생식능력 감소를 확인
- 포유류를 대상으로 한 다양한 연구에서 DEHP는 수컷의 고환에 크나큰 영향을 미치는 것으로 확인
- 하지만 이러한 동물실험 에서 대부분 고농도의 DEHP를 투여한 실험 군에서만 간 비대 및 고환의 감소를 확인 → 저 농도 DEHP 투여군에서의 급성, 만성적인 영향 결과는 일치하지 않음
- 설치류를 대상으로 한 실험을 통해 DEHP는 특히 간독성 및 생식독성을 나타내는 것을 확인

2. 페로시안화이온 (Ferrocyanide ion)

페로시안화합물은 페로시안화칼슘($Ca_2Fe(CN)_6 \cdot 12H_2O$), 페로시안화칼륨($K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$) 및 페로시안화나트륨($Na_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$) 등인데 이들을 식품첨가물로서 소금이 굳어지는 것을 방지하는 고결방지 목적으로 사용되기도 한다. 이 물질은 1975년 JECFA/WHO에서 고결방지 목적으로 사용이 승인되었고, 유럽에서는 단독 또는 평행 사용시 20 mg/kg (anhydrous potassium ferrocyanide로) 규정하고 있다 [10]. 우리나라의 경우 [페로시안화칼륨 및 이를 함유하는 제제의 사용기준으로 페로시

안화칼륨은 식염 이외의 식품에 사용하여서는 아니 되고 그 사용량은 페로시안 이온으로서 식염 1kg에 대하여 0.010g이하이어야 한다. 다만 페로시안화칼슘 및 페로시안화나트륨의 1종이상과 병용할 때에는 각 사용량의 합계가 페로시안이온으로서 식염 1kg에 대하여 0.010g이하이어야 한다] 라고 식품첨가물 공전에서 규정하고 있다 (11).

페로시안화 염에 대한 독성 실험 중 객관적이라고 할 만한 자료는 제한적이다. 그 이유는 그 독성이 다른 유해물질과 비교했을 때 그다지 높지 않기 때문이다. 하지만 미국 및 유럽에서는 이 페로시안화염에 대한 독성 연구를 꾸준히 진행중이며 특이 경구 섭취 시에 발생가능성이 있는 독성 실험에서는 식이 중 고용량(5%)을 투여한 결과 신장손상을 관찰하였다는 연구보고가 있었다. 또한 동물실험들 중 랫 및 마우스 경구투여 시 발생한 독성 자료로 나타난 LD_{50}는 1600-3200 mg/kg으로 산출되었는데 염화나트륨(NaCl)의 LD_{50}가 3.75g/kg과 비교했을 때 그 독성이 그다지 크지 않다는 것을 볼 수 있다. 하지만 페로시안화염이 적게 또는 많이 함유된 식품을 고용량 만성적으로 섭취할 경우 그에 따른 독성이 야기될 가능성이 있다. 페로시안화이온을 포함하는 페로시안화염들의 독성실험 결과를 간단히 아래에 나열하였다 (10), (12).

- 랫에서의 급성 독성 실험으로 NOAEL(최대무독성량, No observed adverse effect level)을 50 ppm으로 평가함
- 유럽에서는 동물사료용 소금에 최대 100mg, 가금류 사료에 80mg/kg로 제안함
- 신뢰할 만한 LD_{50} 자료는 없으나 pottasium ferrocyanide anhydrous의 경우 랫 및 마우스에 경구투여 시 1600-3200 mg/kg 으로 발표함 (International Program on Chemical Safety)
- 비록 동물 및 인체에 대한 제한적인 실험에서 그 독성이 낮다는 것이 입증되었지만 이는 식품 및 직접 투여로 인한 실험이기 때문에 환경적 데이터는 부족.
- JECFA/WHO에 의해 ADI (Acceptable daily intake) 가 0.025 mg/kg bw 로 평가됨

3. 중금속 – 카드뮴(Cd), 납 (Pb), 비소 (As), 수은 (Hg)

소금은 짠맛 및 삼투압작용으로 인한 방부역할로 식품 및 생체조절물질로서 중요한 작용을 하지만 소금의 주 성분인 NaCl 외에도 $MgSO_4$, $CaSO_4$, CaCl, KCl 등 여러 종류의 염이 함유되어 있어 천일염의 경우 미네랄 공급원으로서의 역할도 한다. 하지만 주요 소금 제조원인 해수의 오염이 각

그림 3. 국산 식용 소금으로 유통되어 온 중국산 공업용 소금에 관한 기사 발췌

표 5. 중금속의 독성 (13)

Heavy metal	Distributions	PTWI (μg/kg/week)*	Heath effect	IARC Classification
Pb	공기, 물, 토양, 먼지, 배터리, 페인트, 가스용제, 파이프	25	조산, 유산, 식욕부진, 단백뇨, 신장해	Group2B (possible carcinogen)
As	석탄, 목재보존제, 살충제, 제초제, 음용수, 해산물	15	빈혈, 골수억제, 체중감소, 간및 신장질환, 피부과각화, 습진, 간암, 신장암	Group1 (Carcinogen)
Hg	공기, 물, 금속제련공정, 아말감, 디스크배터리, 염료	5	신경정신이상, 불면증, 신경과잉, 구내염, 타액분비과다, 신장질환, GI 장해, 미나마타병	Group4 (probably not carcinogen)
Cd	물, 파이프, 커피등의 차, 석탄, 조개, 세라믹 치과 용물, 담배연기, 배터리	7	면역 기능억제, 이타이이타이병, 폐암	Group2A (probable carcinogen)

종 폐수 및 생활하수의 유입으로 인해 가속화되고 있어 여러 가지 중금속 및 독성물질에 노출되어 있으므로 국민 건강에 위협을 줄 가능성이 높아지고 있다. 뿐만 아니라, 여러 유해 물질이 상당히 포함되어 있다고 알려진 공업용 중국산 소금의 수입량이 증가하고 있고, 이러한 수입소금을 국산 식용 소금으로 위장되어 판매됨으로써 우리나라 국민의 식탁을 위협하고 있다.

비소 카드뮴, 납, 수은 등의 우리가 익히 알고 있는 유해 중금속은 체내에 들어오면 체내 물질과 결합하여 잘 분해가 되지 않는 유기복합체를 형성하기 때문에 밖으로 빨리 배출되지 않고 간장, 신장 등의 장기나 뼈에 축적 되며 심한 경우에는 혈액 만드는 것을 방해하고 중추신경을 마비시키며 기형아 출산을 유발하는 등 만성화되면 치명적인 영향을 미치는 것으로 익히 알려져 있다. 중금속에 의한 피해로 특히 대표적으로 일본에서의 수은중독에 의한 미나마타병과 카드뮴중독에 의한 이타이이타이병이 있다. 이렇듯 중금속이 인체에 들어와 만성화 될 경우 심각한 질병을 유발하므로 국내에서는 농수산물 및 식품, 한약재 등에 대한 중금속의 허용 기준을 엄격하게 규정하고 있으며 이를 살펴보면, 식약청 고시 '생약 등의 중금속 허용기준 및 시험방법'에 식물성 생약은 납 5ppm, 비소 3ppm, 수은 0.2ppm, 카드뮴 0.3ppm이하로 중금속 허용기준을 규정하고 있다. 한편, 세계보건기구에서는 카드뮴 중금속 허용기준과 관련하여 카드뮴에 함유된 인체에 치명적인 독성으로 인해 0.3ppm이하라는 엄격한 기준을 적용하고 있다.

표 6. 우리나라 중금속 허용기준 (14)

대상항목		기준
생약		Pb 5ppm, As 3ppm, Hg 0.2ppm, Cd 0.3 ppm
식품일반	어패류 (생물기준), 담수어	Hg 0.5 mg/kg, Pb 2.0mg/kg
	패류	Cd 2.0 mg/kg
	쌀	Cd 2.0 mg/kg

4. 사분 (Sea Sand)

천일염 등의 원료소금을 제조하는 염전은 위치한 곳마다 지리적인 환경적인 특성이 다르기 때문에 생산되는 소금의 품질도 약간씩 차이가 있다. 식염 중 사분은 불순물 중의 하나로 소금의 품질을 저하시키므로 위치적으로 사분이 없는 진흙형 갯벌에 있는 염전에서 생산된 소금은 사분함량이 적어 좋은 소금으로 평가 받는다. 반대로 모래펄, 암석펄 갯벌 등에 위치한 염전에서 생산되는 소금에는 사분이 비교적 높게 함유되어 있을 가능성이 높아 좋은 품질의 천일염을 생산하기에 적합하지 않다. 따라서 염전이 위치한 갯펄의 성분이 그곳에서 생산된 천일염의 품질에 영향을 미치고 이를 원료소금으로 이용하여 생산된 소금에 영향을 줄 수 있다. 이 중 사분은 특히 천일염에 높게 함유될 가능성이 높으며, 식염의 각 종류별 사분 함량 규정은 앞에서 언급된 표 1에 상세히 나와있다.

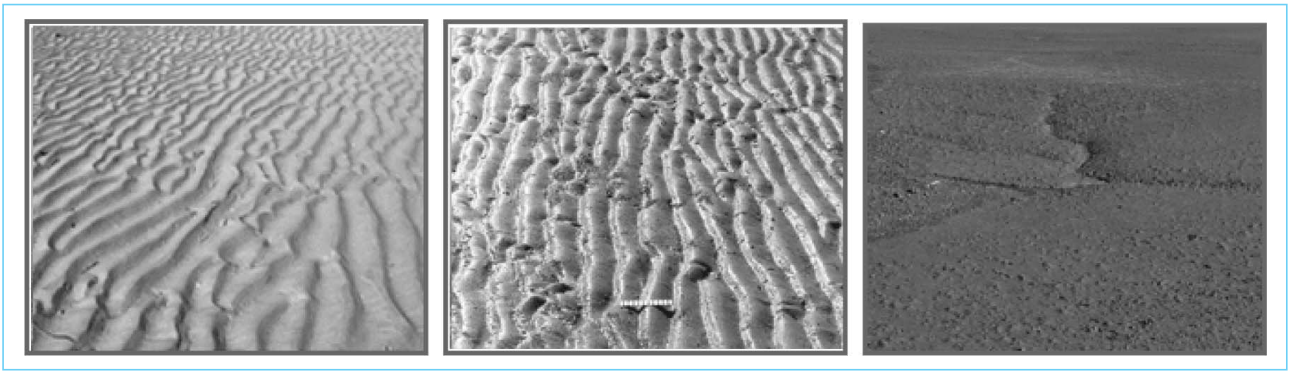

그림 4. 갯벌의 종류 (왼쪽부터 모래펄, 혼합펄, 진흙펄)

III. 국내 유통 소금 중 유해물질 분석

소금에 함유될 수 있는 DEHP, 페로시안화이온, 중금속, 사분 등의 오염물질을 측정하기 위해 국내 유통중인 소금을 수집하여 각 항목에 대해 공인된 분석방법으로 그 함량을 분석하였고 그 결과는 표 7과 같다. 국내산 소금 3종(정제염1, 천일염 2)과 수입산 소금 3종(정제염1, 천일염 2)에 대해 오염물질 분석결과를 보면 모든 시료에서 DEHP가 검출된 것을 알 수 있고, 원산지를 고려한 모든 시료에서 천일염이 정제염보다 크게 높은 함량을 보였다. 보통 정제염, 정제소금은 소금의 원료인 바닷물을 전기분해와 이온교환을 거쳐 나트륨과 염소이온은 투과시키고 그 외의 마그네슘, 칼슘과 같은 이온과 중금속 등을 걸러내어 순도 높은 염화나트륨 결정을 만들어 내는 과정을 거친다. 간단히 말하자면 인체에 유해하거나 품질을 저하시키는 불순물을 제거한 것이 정제염인데 이 과정에서 기타 염류 및 중금속과 함께 상당한 양의 DEHP도 같이 소실되었을 것이라는 추정이 가능하다. 사실 천일염은 거의 가공되지 않은 순수 그대로의 소금이라고 할 수 있기 때문에 바닷물이 가지고 잇는 각종 미네랄 및 영양성분 등 인체에 유효한 성분을 정제염 보다 다량 함유하고 있는 것으로 나타났지만, 그만큼 덜 정제되어 있기 때문에 불순물이라던가, 기타 물질들이 정제염보다 많이 함유하고 있다. 따라서 식약청에서는 천일염을 오랫동안 전 처리용(김치, 젓갈, 된장, 고추장 등의 제조 시)으로만 분류해 놓아 식용으로의 유통판매를 금지시키고 있다가 장기간의 모니터링 끝에 식품으로서 인정을 하여 천일염의 규격 기준을 신설하고 2009년 3월부터 식용소금(식염)으로 허용하였다.

정제염 및 천일염의 경우 모두 수입산보다 적게-혹은 많게 DEHP를 함유하고 있는 것으로 나타났다 (그림 3). 이는 원산지 별로 정제염 및 천일염 등의 원료소금을 제조하는 과

표 7. 국내 유통중인 소금의 종류별 항목별 유해물질 분석결과

	1. 정제염 (국산)	2. 천일염 (국산)	3. 천일염 (국산)	4. 재제염 (중국산)	5. 천일염 (중국산)	6. 천일염 (호주산)	
DEHP 함량[a] (ppb)	2.64	53.41	60.72	1.85	27.25	4.31	LOQ: 0.31 ppb
중금속 (ppm)[b]	-	-	-	-	-	-	LOD : 0.01 ppm
페로시안화이온[b] (정량, ppm)	-	-	-	-	-	-	LOD: 5 ppm
페로시안화이온[c] (정성)	-	-	-	+	-	-	

[a] 식품공전 제 7. 기구 및 용기포장의 기준규격>3.시험방법>(17).디에틸헥실프탈레이트 및 내분비계장애물질 측정방법(국립환경과학원, 2002) 준수
[b] 중금속, 페로시안화이온(정량), 사분 : 식품공전 제 5. 식품별 기준 및 규격에 준함
[c] 페로시안화 이온(정성): (정성)식품첨가물 공전 제4. 품목별 규격 및 기준 中 확인시험 준수

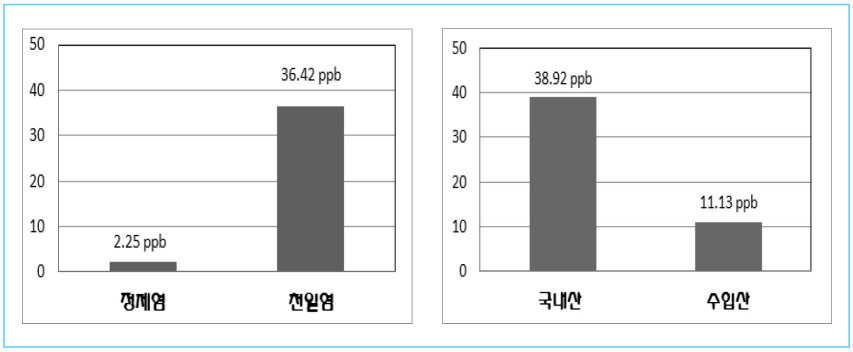

그림 5. DEHP 함량 비교 (천일염 vs. 정제염, 국내산 vs. 수입산)

정에서 원산지의 환경적인 특성에 따라 쓰이는 방법이나 기기, 도구, 바닥재 등 제조 방법에서의 차이에서 기인한 것으로 볼 수 있다. 특히 국내 염전에서 사용중인 바닥재는 해수 및 소금과 직접 접촉하는 상층부위가 거의 PVC로 이루어져 있기 때문에 국내산 천일염의 DEHP 함량이 크게 높았을 뿐만 아니라 수입산과 비교해 보았을 때도 거의 세배가 넘는 큰 차이를 보여 이는 제조과정 및 환경의 차이로 볼 수 있고 특히 아마도 사용된 염전의 바닥재의 종류가 큰 영향을 줄 것으로 사료된다.

본 실험에서 검출된 DEHP의 함량과 보건복지부에서 발간한 2005 국민건강영양조사[15]의 성별, 연령별 소금 섭취량 자료를 바탕으로 DEHP의 노출량을 추정하였다 (표 8).

표 8. 연령별 성별 소금 평균 섭취량[a]과 DEHP의 추정섭취량 (estimated daily intake)[b]

Ages and Sexes	[a]Salt intake (g/day)	[b]EDI of DEHP (ng/man/day)	
		Mean	Range
전국	3.20	80.10	5.92-194.30
1-2	1.00	25.03	1.85-60.72
3-6	1.70	42.55	3.15-103.224
7-12	2.50	62.58	4.62-151.8
13-19	3.10	77.59	5.73-188.23
20-29	3.50	87.61	6.47-212.52
30-49	3.70	92.61	6.84-224.66
50-64	3.30	82.60	6.10-200.37
65≤	2.30	57.57	4.25-139.66
남자	3.50	87.61	6.48-212.52
여자	2.80	70.08	5.18-170.02

자료에서 나타났듯이 소금 섭취에 의한 DEHP의 노출량은 소금 섭취가 높은 20-64세의 청장년층에서 비교적 높은 수치를 보이는 것을 알 수 있다. 그러나 종합하여 볼 때 이러한 소금섭취에 의한 DEHP의 노출은 미미한 수준으로 크게 우려할 만한 사항이 아니며 미국 환경보호청 (US EPA)에서 정한 기준허용량 (reference dose, RfD)인 체중 1kg 당 0.02 mg/day(표9)와 비교해 보았을 때도 매우 낮은 수준인 것을 확인할 수 있다. 하지만 DEHP에 노출될 수 있는 식품인 육류, 유제품, 어류 등을 모두 고려한다면 그 노출이 상당히 높아질 것이라고 사료된다.

페로시안화이온의 경우 모든 시료에서 검출되지 않은 결과를 보였으므로 국내 유통중인 식염은 페로시안화이온으로부터 안전하다고 할 수 있다. 그러나 식약청 식품첨가물공전 페로시안이온 확인시험에 고시된 시약인 염화제이철시액을

표 9. 각 국가 및 기관 별 DEHP인체 안전 기준 및 1일 섭취량 [8]

기관/국가	인체안전기준형태	1일 섭취량 (mg/kg bw per day)
OECD	TDIa	0.04
EU SCF	TDI	0.05
US EPA	RfDb	0.02
Canada	TDI	0.044
Japan	TDI	0.04-0.14

a) TDI : Tolerable daily intake (일일 안전 섭취량)
b) RfD : Reference dose (기준 허용량)

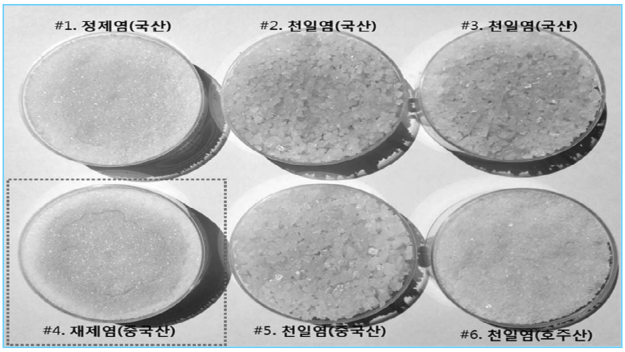

그림 6. 페로시안화 이온 정성분석 결과

표 10. 식염의 사분 규격 및 함량 분석 결과 비교

	규격 (%)	분석결과 (%)	적합/부적합
1. 정제염(국산)	-	0.01	적합
2. 천일염(국산)	0.2 이하	0.07	
3. 천일염(국산)	0.2 이하	0.03	
4. 재제염(중국산)	-	0.03	
5. 천일염(중국산)	0.2 이하	0.02	
6. 천일염(호주산)	0.2 이하	0.02	

각 시료와 반응시킨 결과, 중국산 정제염에서는 청색을 나타냄으로써 정량이 불가능한 미량으로 존재하지만 페로시안화이온이 잔존함을 확인할 수 있었다 (그림 6). 그 외의 국내산 그리고 수입산 정제염 및 천일염 제품에서는 정성분석 결과 음성으로 나타나 안전하다고 판단 된다. 사분의 경우 국내산 천일염에서 약간 높은 함량을 보였으나 모두 식품공전에 고시된 함량 규격에 크게 미달하므로서 우려할 필요가 없는 것으로 보인다 (표 10).

DEHP나 중금속, 페로시안화이온 등의 화학물질 외에도 소금 중 천일염이 가지고 있는 위해 문제 중의 하나가 바로 세균이다. 천일염은 비교적 수분을 다량 보유하고 있어 저장 중 수분이 천일염 밖으로 유출되는 경우가 다반사이다. 따라서 유출된 수분으로 인해 미생물이 생육하기 쉬운데 본 조사 과정 중에 수행한 소금 중 총균수 측정 실험에서 역시 천일염에서 일반세균이 높게 검출되어 이는 영양학적으로 우수한 천일염이 해결해야 할 과제로 보인다 (그림 7).

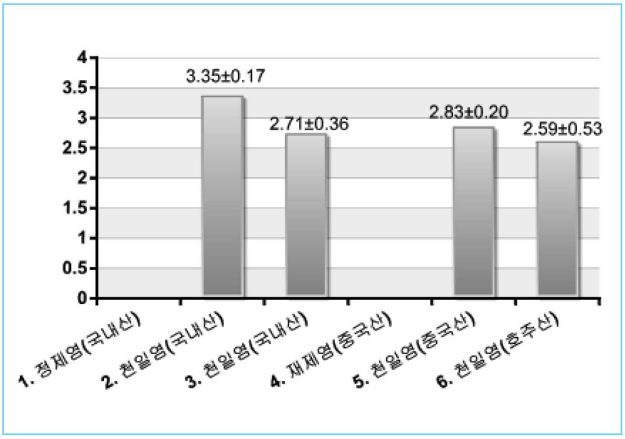

그림 7. 총 균수 분석 결과

Ⅳ. 맺음말

소금은 혈액의 한 성분이며 인체의 생체조절 및 생명유지에 있어서 필수적인 물질이다. 하지만 대기 및 수질 등의 환경 오염으로 인한 해수의 오염은 천일염 등의 소금 제조원에 악영향을 미쳐 이들을 원료로 한 식염을 섭취하는 인간에게도 그 해가 미칠 수 밖에 없다. 소금에 함유될 수 있는 유해물질로는 첨가물, 해수 오염에 의한 중금속, 그리고 소금의 제조과정 중 혼합될 수 있는 물질 등이 있는데 그 중 특히 내분비 장 애 물 질 로 규 정 된 DEHP (diethylhexyl phthalate)와 비소, 수은, 납, 카드뮴 등의 중금속, 페로시안화이온 등은 일반적으로 거의 알려지지 않은 물질들이다. 국내 유통중인 소금에 함유되어 있는 DEHP의 양은 우려할 만한 수준은 아닌 것으로 보이지만, DEHP는 식품 및 포장재에 함유되어 있을 뿐만 아니라 화장품, 그릇, 건축자재, 섬유, 그리고 일회용품 등 생활 환경에서 다양한 경로를 통해 노출되기 때문에 이에 따른 종합적인 노출 평가가 필요하다. 하지만 식품을 통한 DEHP의 인체모니터링을 정확히 수행하는 데에는 어려움이 있다. 이는 DEHP가 식품 자체에 존재하기 보다는 주로 식품의 제조과정 및 저장 중에 사용되는 기기/도구/포장재에서 식품으로 용출되기 때문이다. 소금에 유입될 수 있는 페로시안화이온과 중금속 등의 유해 화학성분 및 사분 등의 불용분에 의한 오염과 품질 저하 문제는 현재 그 영향이 거의 없다고 할 수 있겠다. 하지만 생활하수, 공장폐수 등의 유입으로 인한 소금 제조원인 해수의 오염을 포함하여 환경오염의 가속화는 어려가지 기타 다른 위해 물질이 소금에 유입될 가능성이 있고, 특히 천일염의 경우 별다른 정제과정을 거치지 않기 때문에 이러한 천일염의 유해물질 및 미생물로부터의 안전성을 확보하기 위한 국가차원에서의 철저한 관리가 필요하다. 보건복지부에서 수행한 국민건강영양조사의 2001년 및 2005년도 소금 섭취량 자료에 따르면 단지 소금만으로 섭취하는 함량이 각각 2.5g 3.2g 으로 해마다 증가하고 있으며, 특히 각 연령에 해당하는 표준체중을 감안하면 1-12세에서 섭취하는 소금의 양이 13세 이상에서 섭취하는 양보다 체중 1 kg 당 섭취량이 더 높게 나

타났다. 이는 유아 및 아이들이 섭취하는 이유식, 영양식뿐만 아니라 각종 과자 스낵 등에 상당한 양의 소금이 첨가되어 있기 때문이다. 하지만 우리가 매일 섭취하는 김치, 된장 고추장, 각종 양념, 찌개 등의 종합적인 하루 식단에 포함되어 있는 소금의 양까지 감안한다면 하루에 섭취하는 소금의 양은 13g 정도로 이는 WHO나 OECD에서 권장하는 5-6g의 양과 비교해 봤을 때 2-3 배의 높은 수치이다. 따라서 소금에 존재할 수 있는 위해물질 자체의 안전성도 중요하지만 소금의 과잉섭취로 인한 고혈압 등의 질병 발생 위험이 높아지는 부작용이 야기되므로 적정량의 소금섭취를 포함하는 건강한 식습관을 가지는 것이 무엇보다도 중요하다고 판단된다.

참고 문헌

1. Sodium intakes around the world. Paul Elliott and Ian Brown. World Health Organization. 2007
2. Preliminary Results from the Questionnaire on Salt Consumption in the Americas. Public Health Agency of Canada. 2009
3. 식품공전 제 5. 식품별 기준 및 규격. 29-12. 식염
4. International programme of chemical safety. Environmental health citeria 1311. Diethylhexyl phthalate. World Health Orgnization. Geneva, 1992
5. IARC (1982) IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Vol. 29, Some Industrial Chemicals and Dyestuffs, Lyon, IARC Press, pp. 269-294
6. Endocrine Disruptors Research. US Environmental Protection Agency.
7. Report of the Joint IPCS-Japan workshop in "endocrine disruptors: research needs and future directions" report. United Nations environment programme. 2003
8. 유해물질관리단 유해관리팀. 식품의약품안전청. 위해물질 총서. 식품 중 프탈레이트류란? 2007.
9. Bis(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) for use in food contant materials. The EFSA Journal. Opinion of the Scientific Panel on Food dditives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with food (AFC), 2005
10. International programme of chemical safety. WHO Food Additives series 6. Calcium, potassium and sodium ferrocyanide. Toxicological evaluation of some food colours, enzymes, flavour enhancers, thicking agents, and certain food additives. 1975 1 Eighteenth Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives,
11. 식품첨가물데이터베이스-식품첨가물공전. 제4 품목별 기준 및 규격. 페로시안화 칼륨, 페로시안화칼슘, 페로시안화 나트륨
12. Opinion of Scientific Committee for Animal nutrition on the safety of potassium-and sodium ferrocyanide used as anticaking agent. European Commision Health&Consumer Protection Directorate-general. 2001
13. 식품의약품안전청공고 제2004 - 196호. 중금속
14. 식품의약품안전청고시 제2005 - 62호 약사법 제44조 제1항의 규정에 의한 생약등의중금속허용기준및시험방법
15. 보건복지부 2005 국민건강영양조사