

먹는 샘물 및 녹차 중의 불소 농도

안혜원 · 박형숙*

수원대학교 환경공학과, *한서대학교 환경공학과

Fluoride concentrations of bottled water and green tea

Hye Won Ahn and Hyoung Sook Park*

Department of Environmental Engineering, The University of Suwon
San2-2, Wauri, Bongdam-myun, Hwasung-gun, Kyunggi-do, 445-743, Korea

*Department of Environmental Engineering, Hanseo University
Haemi-myun Daegok-ri 363, Seosan Choongcheongnam-do 356-820, Korea

In Korea, fluoride(F) was first introduced into the municipal drinking water supplies of Jinhae in 1981 for the prevention of dental caries. However, questions against water fluoridation has recently been raised and fluoridation is now a controversial issue. F has not only been added into the drinking water, but it is also present naturally since it is the thirteenth most abundant element in the earth's crust. Nonetheless, exposure assessment of F, which provides the fundamental information to decide whether to fluoridate the drinking water or not, has not been carried out extensively. Therefore, in this study, F concentrations of various brands of bottled water and green tea were measured by the ion chromatography and F-ion selective electrode as a first step for exposure assessment. The results showed that F-ion selective electrode, the most widely used for F measurement, considerably underestimated the F concentrations of green tea. The F concentrations of all brands of bottled water except Dongwon Saemmul, which contains approximately 1.5 ppm F, were below 0.5 ppm. On the other hand, one cup of green tea contains 0.8~2 mg F, suggesting that a person drinking five cups of green tea per day might be suffered from crippling skeletal fluorosis in 10 years without considering other sources of F exposure.

Key words : Fluoridation, Fluoride, exposure, F-ion selective electrode, Ion chromatography, Bottled water, Green tea

1. 서 론

불소(Fluorine)는 할로젠 원소 중에서 가장 원자량이 작은 원소로 반응성이 가장 큰 원소 중의 하나이다. 불소는 주기율표 상의 모든 원소 중에서 전기음성도가 가장 크므로 불소로 존재하기보다는 음의 하전을 띠는 불소이온(F^-)으로 존재하며, 공존하는 양이온과 결합하여 용해도가 다른 다양한 불화물(Fluoride)을 형성한다. 불화물 형태로 존재하는 환경 중의 불소는 지각의 0.06~0.09%를 차지하고 있으므로, 지각을 구성하고 있는 성분 중에서 13번째로 흔한 원소이다. 따라서, 불화물은

자연계에 널리 분포되어 있으며, 생체 시료에서도 쉽게 검출되는데^{1,2)} 이러한 불화물의 공급원으로서 가장 중요한 것은 여러 종류의 암석(Rock phosphate, Cryolite 등)으로, 암석으로부터 용출된 불소는 토양이나 지하수를 오염시킨다. 따라서, 지하수의 불소 농도는 0.1 ppm 이하의 낮은 농도에 서부터 100 ppm 이상의 고농도까지 다양하며, 해수 중의 불소 농도는 0.8~1.4 ppm으로 알려져 있다.¹⁾ 불화물은 또한 화산 폭발이나 석탄 연소 및 알루미늄 제련소와 같은 공장의 배기가스에서도 생성되므로, 질소 화합물, 황 화합물에 이어 세 번째로 양이 많은 대기오염물질로 알려져 있다.³⁾ 따

라서, 대기, 토양 및 수중의 불소는 식물체로 흡수되며, 특히 차(tea) 종류의 불소 함량이 높는데, 홍차 1 g에는 827 μg 이라는 많은 양의 불소가 함유되어 있다고 보고된 바 있다.⁴⁾

불소는 충치(치아우식증)를 효과적으로 예방할 수 있다고 인정받고 있으므로 치과 영역에서는 불소치약, 불소 양치액, 불소의 국소 도포 등과 같은 불소의 국소적인 사용이 광범위하게 응용되어 왔으며, 국내외에서 많은 논란이 되고 있는 수돗물 불소화 사업도 시행되고 있다. 미국은 세계에서 최초로 1945년 1월 미시간주의 Grad rapids의 수돗물에 1 ppm의 불소를 첨가하였으며, 현재 불소가 들어있는 수돗물은 미국 전체 인구의 약 62%에 공급되고 있으며,^{5,6)} 미국 외에도 캐나다, 브라질, 베네주엘라, 오스트레일리아, 소련 등에서도 수돗물 불소화 사업이 진행 중이며, 홍콩과 싱가포르의 전 수돗물은 불소가 함유되어 있다고 보고⁵⁾되고 있으므로 세계적으로 60여 개 나라에서 수돗물 불소화사업이 진행 중이다. 하지만, 독일, 벨기에, 스웨덴에서는 수돗물 불소화 사업을 시험적으로 시행한 후 중단하였으며, 덴마크와 네덜란드에서는 수돗물 불소화 사업을 금지하고 있고, 프랑스, 이태리, 노르웨이에서는 이러한 사업이 시행된 바 없다.⁶⁾ 또한 아시아 국가인 중국에서는 수돗물 불소화 사업이 시험적으로 실시되고 있으나, 일본에서는 시험 사업 후 수돗물 불소화를 중단하였다. 현재 일본에서는 수돗물 불소화 사업이 시행되지 않고 있으며 향후 이러한 사업을 시행하고자 하는 계획도 없는 상태이다. 일본의 후생성은 수돗물 중의 최고 불소 허용 농도를 0.8 ppm으로 규정하고 있으나, 이러한 수돗물 중의 낮은 불소 농도에서도 불소의 독성인 반점치(dental fluorosis)가 발생하고 있으므로 일부 시에서는 불소의 수질 기준을 0.4~0.5 ppm으로 조정하여 수돗물을 공급하고 있다. 반점치는 가장 초기에 명백하게 나타나는 불소의 만성 독성으로 심미적으로 좋지 않을 뿐만 아니라 심한 경우 치아가 부서지거나 마모되기 쉽고 치아우식증의 발생 빈도는 오히려 증가하게 되며 결국 치아를 잃게 될 수도 있다고 알려져 있다.⁷⁾ 실제 미국에서 보고된 바로는 치아우식증 예방 목적으로 수돗물에 1 ppm의 불소를 첨가하

였을 때에도 급수 인구 중 1~2%는 치아의 탈색이나 반점이 생기는 등 불소의 독성을 나타내며, 불소 농도 2 ppm에서는 10%, 불소 농도 4 ppm에서는 최대 33%의 급수 인구에서 반점치를 관찰할 수 있다고 보고된 바 있다.⁸⁾ 한편 우리나라의 경우 서울대학교 치과대학에서 과천시와 학년기 어린이를 대상으로 반점치 발생 빈도를 조사한 결과 1995년 6~11세 어린이 0.2~4.7%, 1996년 6~11세 어린이 0.3~3%, 1997년 6~14세 어린이 0.5~5.2%에서 반점치가 관찰되었다고 보고된 바 있다.⁹⁾ 반점치는 흔히 미용상의 문제로 간과되고 있으나, 특히 외모에 많은 신경을 쓰는 성장기 어린이의 경우 정신적인 스트레스로 작용할 수 있으며, 불소에 의한 독성이 나타나는 전조로서 받아 들여야 할 것이다. 영국에서는 반점치를 가지고 있는 어린이의 부모들이 수돗물에 불소를 첨가한 정부를 상대로 집단 소송을 제기하고 있으며, 일본에서는 수돗물의 불소 농도가 0.8 ppm 이하인 지역에서도 반점치 발생으로 인한 소송이 제기된 바 있다. 미국에서는 수돗물 불소화가 시행 중인 곳과 그렇지 않은 곳 모두에서 반점치의 발현이 현저하게 증가되고 있다는 보고도 있으며, 현대인은 과거에 비하여 더 많은 양의 불소에 노출되고 있다.¹⁰⁾ 더 심각한 불소의 만성 독성인 불구성 골격 불소증(cripling skeletal fluorosis)은 불소를 10~20년 동안 10~20 mg을 섭취하게 되면 나타나는데 척추가 부분적으로 융합되어 몸의 움직임이 자유롭지 못한 불구가 되는 병이다. 미국에서는 골격 불소증의 발생빈도가 높지 않으나, 인도 및 중국에서는 이러한 불소에 의한 불구성 골격 불소증이 빈발하므로 영양 상태의 불량이나, 인종적인 차이로 불소의 독성이 달라짐을 알 수 있다. 우리나라에서의 수돗물 불소화 사업은 1981년 진해시, 1982년 청주시를 시작으로 최근 5년 동안 과천, 포항, 남양주, 강원, 울산 등 전국 616개소의 정수장 중에서 10여개소의 정수장에서 현재 수돗물 불소화 사업이 시행 중이며 20여개소의 정수장이 사업을 시행할 계획이므로 수돗물 불소화 사업은 급속하게 확대되고 있다. 더욱이, 보건복지부에서는 우리나라의 수돗물 불소화 사업을 장려하는 구강보건법 시행령 및 시행규칙 제정안을 현재 입법예고하

고 있다.

앞서 언급된 바와 같이 불소는 자연계에 널리 분포하는 원소이므로 사람은 음식, 물, 대기 등을 통하여 자연적으로 불소에 노출되고 있으며, 이밖에도 치과용품이나 수도물 불소화 사업 등과 같은 인위적인 방법에 의하여서도 불소에 노출되고 있다. 그러나 불소의 특성상 낮은 농도에서는 충치 예방 효과가 없으며, 치아우식증이 예방되는 불소의 농도와 불소의 과량 노출로 인한 반점치가 발생하는 불소의 농도 사이에는 큰 차이가 나지 않는다. 현대인은 과거에 비하여 더 많은 양의 불소에 노출되고 있으며, 불소 노출량은 각 나라마다 다름에도 불구하고 우리나라 국민의 불소 노출량에 대한 연구는 현재까지 극히 제한적이었다. 따라서, 수도물 불소화 사업의 시행 여부에 대한 논란에 앞서 우리나라 국민의 불소 노출량을 산정하는 일이 급선무라 할 수 있다. 특히 수중의 불소는 음식 중의 불소에 비하여 생체 이용률이 높고 분석이 용이하며 녹차는 불소함량이 높을 뿐만 아니라 우리 국민들이 즐겨 마시므로 불소 노출량 산정 연구의 일환으로 본 연구에서는 시판 중인 일부 먹는 샘물과 녹차의 불소 농도를 측정하였다. 이러한 연구를 통하여 불소의 분석 방법에 대한 검토는 물론 논란이 되고 있는 우리나라에서의 수도물 불소화 사업의 시행 여부를 결정하는데 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 실험방법

2.1. 재료 및 분석기기

본 연구에 사용한 먹는 샘물 및 녹차는 국내산을 시중에서 구입하였으며, 불소표준용액은 100 ppm 불화나트륨(ORION)을 사용하였으며, TISAB (Total Ionic Strength Adjusting Buffer) II 제조에 사용된 빙초산 (SHOWA, Japan)과 염화나트륨 (SHOWA, Japan) 및 TISAB IV 제조를 위한 염산 (Matsunoen chemicals, Japan), TRIS (hydroxy methyl) ammino methane (BDH, England)과 Sodium tartrate dihydrate (WAKO, Japan)는 모

두 특급을 사용하였다.

3차 증류수 (triple distilled water)는 역삼투막식을 이용한 초순수제조장치 (Milli-Q, Millipore社)로부터 얻었으며, 불소이온전극은 ORION사의 Model 96-09 Combination Fluoride Electrode를 pH/이온 meter (ORION model 920A)에 연결하여 사용하였고, 이온크로마토그래피에 의한 불소 농도는 IonPac AS12A(4mm)칼럼을 장착한 DIONEX사 DX 500 이온크로마토그래피로 측정하였다.

2.2. 전처리 방법

불소 측정 시에는 초자 용기의 사용을 피하고 polyethylene 용기를 사용하였으며, 사용된 모든 플라스틱은 3 M HCl에 2시간 담고, 3차 증류수로 6번 세척한 후 건조시켜 사용하였다.

시판 중인 먹는 샘물은 전처리 없이 바로 불소 농도를 측정할 수 있으나, 불소 농도는 온도의 영향을 받으므로 본 연구에서는 상온의 먹는 샘물을 불소이온 전극과 이온크로마토그래피를 이용하여 불소이온 농도를 측정하였다.

한편, 녹차 중의 불소 농도는 시판 중인 다양한 녹차 잎, 티백 및 가루를 구입하여 녹차 잎과 가루는 약 1 g 정도를 정확하게 무게를 측정하여 시료로 사용하고, 티백은 티백의 무게를 잰 후 티백 한 개를 하나의 시료로 사용하였다. 녹차 시료를 앞서 언급된 바와 같이 산 및 증류수로 세척·건조시킨 플라스틱 병에 넣고 100°C까지 끓여서 약 75°C가 될 때까지 식힌 3차 증류수 100 ml를 부은 후 2분간 방치하였다. 그 후, 녹차를 제거하고 용기의 뚜껑을 닫은 채로 방냉시키고 이렇게 얻은 녹차 시료의 일부는 0.45 μ m 여과지를 통과시킨 후 불소이온전극과 이온크로마토그래피를 사용하여 불소이온 농도를 측정하였다.

2.3. 불소 농도 측정 방법

불소이온전극으로 불소 농도를 측정할 때는 먼저 0.1~10 ppm 불소표준용액을 같은 부피의 TISAB II (빙초산, 1M; 염화나트륨, 1M)와 혼합하여 검량선을 작성하였으며, 동일한 방법으로

TISAB IV (HCl, 1M; Tris (hydroxy methyl) aminomethane, 2 M; Sodium tartrate, 1 M)에 대한 검량선도 작성하였다. 먹는 샘물 및 녹차시료를 같은 부피의 TISAB II 혹은 TISAB IV로 희석한 후 불소이온 전극으로 mV를 측정하고, 앞서 작성한 검량선에 의하여 불소 농도를 계산하였다. 한편, 이온크로마토그래피로 불소 농도를 측정할 때의 분석 조건은 아래의 Table 1과 같았다.

Table 1. Analytical condition of Ion Chromatography

Column	IonPac AS 12A, AG 12A
Eluent	2.7mM Na ₂ CO ₃ / 0.3mM NaHCO ₃
Flow rate	1.5ml/min
Sample Loop	50 μ l
Detector	Conductivity
Suppressor	ASRS 50mA
Analysis time	15 min.

3. 결과 및 고찰

3.1. 먹는 샘물의 불소 농도

자연 중의 암석으로부터 용출된 불소로 인하여 일부 지하수 중의 불소 농도는 상당히 높으며, 수 중의 불소는 음식 중의 불소에 비하여 생체 이용률이 높다고 알려져 있다. 또한, 수 중의 불소는 특별한 전처리 없이도 불소의 정확한 분석이 가능하며, 우리나라에 널리 퍼져 있는 수돗물 불소이온으로 인하여 생수가 많이 소비되고 있는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 현재 시판되고 있는 먹는 샘물 중의 불소 농도를 불소이온전극과 이온 크로마토그래피로 분석하였으며, 그 결과는 Table 2와 Figure 1에 나타내었다.

본 연구대상인 시판 생수 중의 불소 농도는 동원 샘물을 제외하고는 모두 0.5 ppm이하로 비교적 낮은 농도의 불소가 검출되었으며, 시료와 TISAB IV를 1:1로 혼합하여 불소이온 전극으로 불소 농도를 측정하였을 때 동원 샘물의 불소 농도는

Table 2. Fluoride concentration (F conc.) of bottled water(mean \pm SD, n=3)

Analysis instrument	F conc. measured by Ion Chromatography (ppb)	F conc. measured by F-ion selective electrode (TISAB II, ppb)
Bottled water		
Pulmuwon Saemmul	334 \pm 1.5	240 \pm 5.7
Dongwon Saemmul	1461 \pm 3.2	1367 \pm 25.2
Koryo SindokSan Spring Mineral Water	315 \pm 1.5	230 \pm 4.5
Sansu Spring Water	307 \pm 1.5	189 \pm 4.0
Gaya	498 \pm 5.0	455 \pm 5.0
Sparkle	305 \pm 2.7	185 \pm 5.8

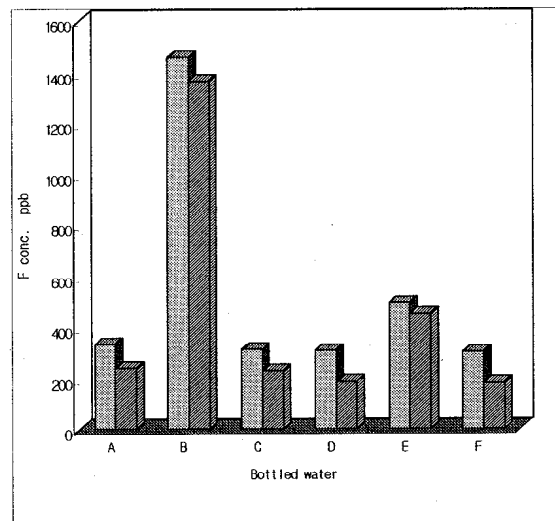


Fig. 1. Fluoride concentration (ppb) of Bottled water measured by ion chromatography (black bar) and F-ion selective electrode (striped bar). (A, B, C, D, E and F represent the different brands of bottled water, Pulmuone Saemmul, Dongwon Saemmul, Koryo SindokSan Spring Mineral Water, Sansu Spring Water, Gaya and Sparkle, respectively.)

1233 \pm 29 ppb (mean \pm SD, n=3)이었으나, 나머지 모든 생수의 불소 이온 농도는 TISAB IV로 희석한 최소 검출한계 1 ppm보다 낮았다. 불소 농도가 가장 높은 동원 샘물만을 마시는 경우 성인의 1일 물 섭취량을 2l로 가정할 때 다른 모든 불소의 노출원을 고려하지 않더라도 일일 불소 섭취량은 약 3 mg에 달하는 것으로 계산되었다. 본 연구 결

과에서 이온크로마토그래피 분석시 불소이온 전극에 비하여 불소이온 농도는 항상 높게 검출되었으나, 높은 정도는 최고 1.6배로 불소이온전극이나 이온 크로마토그래피로 측정된 불소이온 농도는 분석 방법에 무관하게 유사한 범위의 불소이온 농도가 검출되었다.

각각의 불소 분석방법은 나름대로의 장단점을 가지고 있는데, 불소이온 전극법은 분석이 쉽고 간편하지만 시료에서 측정이 가능한 최소 검출농도가 TISAB II를 사용할 경우는 0.1 ppm, TISAB IV를 사용할 경우는 1 ppm으로 비교적 높다. 반면에 이온 크로마토그래피의 최소 불소 검출농도는 0.05 ppm으로 불소이온 전극에 비하여 훨씬 낮은 농도까지 측정이 가능하다는 장점이 있지만, 실제 분석 외에도 분리관의 안정화에 걸리는 시간을 포함하여 전체 분석 시간이 길게 소요되며 분석자의 숙련을 필요로 하는 단점이 있다. 불소이온 전극과 이온 크로마토그래피에서는 모두 시료 중의 유리 불소이온만을 검출할 수 있으므로 양이온과 결합되어 있거나 탄소에 결합되어 있는 유기 불소는 원칙적으로는 검출되지 않는다. 그러나 TISAB IV는 불소와 결합되어 있는 철이나 알루미늄과 같은 양이온들과 강하게 결합하므로 무기 결합형의 불소를 유리시킬 수 있으며, 이온크로마토그래피에서는 분석시 사용하는 eluent의 pH를 조절함으로써 대부분의 불소가 유리형으로 존재하도록 조절한다. 실제로 많은 양의 양이온이 공존할 경우 무기결합형의 불소가 유리형으로 전환되었는지를 검증할 필요가 있으며 이온크로마토그래피에서 불소는 formate나 acetate와 같은 음이온들과 coelution되지는 않았는지 검토과정이 필요하다.

3.2. 녹차의 불소 농도

녹차 중의 불소 농도를 불소이온전극과 이온크로마토그래피로 분석한 결과는 Table 3과 같았으며, Table 3의 결과 중 이온 크로마토그래피로 측정된 녹차의 불소 농도는 Figure 2에 나타내었다. TISAB IV로 회석한 쌍계녹차(티백)와 국제순녹차(티백)를 불소이온 전극으로 불소 농도 (mean ±

SD, n=3)를 측정한 결과 각각 $155.0 \pm 9.6 \mu\text{g/g}$ 및 $117.9 \pm 2.2 \mu\text{g/g}$ 로 TISAB II를 사용하였을 경우와 유사한 불소 농도가 검출되었다. 그러나, 이온 크로마토그래피로 측정된 녹차의 불소 농도는 불소이온 전극으로 측정된 불소 농도보다 항상 높게 검출되었으며, 높은 정도는 최고 55배 정도까지 차이가 났다. 이렇게 측정 방법에 따라서 불소 농도가 달라지는 이유로는 다음과 같은 두 가지 가능성을 고려해 볼 수 있었다. 첫 번째, 녹차 시료 중에 공존하는 음이온이 불소와 coelution되어 불소로 측정되었을 경우로, 이때, 이온 크로마토그래피로 측정된 불소 농도는 실제 불소 농도보다 높게 측정될 수 있다. 두 번째, 녹차에 들어 있는 많은 양의 양이온이 불소와 결합하여 무기 결합형 불소로 존재하게 되고 이런 무기 결합형 불소는 불소이온 전극으로 검출되지 않으므로 실제 녹차 중의 불소 농도보다 낮게 측정된다. 이러한 가능성을 확인하기 위하여 일반적으로 행하는 외부표준법 외에 표준물질 첨가법으로 녹차 시료 중의 불소 농도를 측정하였다. 이때, 이온 크로마토그래피를 사용한 경우에는 외부표준법과 표준물질 첨가법에서 유사한 불소 농도값을 얻을 수 있었으나, 불소이온 전극의 경우에는 표준물질 첨가법으로 측정된 불소 농도가 외부표준법에 비하여 훨씬 높게 검출되었으므로 본 연구에서는 녹차 중의 불소 농도 측정은 이온크로마토그래피를 사용하는 것이 불소이온전극에 비하여 더욱 바람직한 분석 방법으로 사료된다.

녹차 시료 제조시 사용한 물 100 ml는 일반적인 종이컵의 차 1회분에 해당하는 물의 양이며, 한라 설록차에서 잎차의 불소량은 $1286 \mu\text{g/g}$ 으로 티백의 불소량 $1759 \mu\text{g/g}$ 보다 적었는데, 이는 어린잎을 사용한 잎차가 성장한 잎을 사용하는 티백에 비하여 식물의 재배기간이 짧기 때문에 불소의 축적 양이 감소하였을 것으로 추정된다. 또한, 현미 녹차는 녹차와 현미가 섞여 있으므로 녹차의 함량이 상대적으로 적기 때문에 설록차에 비하여 전체 불소량은 감소하였으며, 최근 판매량이 증가하고 있는 가루 설록차의 불소량은 일반 녹차와 유사하였다. 주로 성인에게서 녹차가 인기 있는 기호 식품인데 반하여 가루 설록차는 요구르트를 비롯한

Table 3. Fluoride concentration of green tea (mean \pm SD, n=3)

Green Tea	Analysis instrument F conc. measured by F-ion selective electrode (TISABII, $\mu\text{g/g}$)	F conc. measured by Ion chromatography ($\mu\text{g/g}$)
Hanra Sullok Tea (Tea Bag)	61.7 \pm 5.2	1759.1 \pm 145.6
Hanra Sullok Tea (leaf)	23.5 \pm 1.0	1286.1 \pm 93.5
Ssang Kye Green Tea (Tea bag)	156.9 \pm 10.8	1433.9 \pm 57.2
Ssang Kye Brown Rice & Green Tea (Tea Bag)	68.2 \pm 4.4	591.2 \pm 50.7
Kookje Green Tea (Tea Bag)	112.8 \pm 8.5	1685.9 \pm 61.2
Kookje Brown Rice & Green Tea (Tea Bag)	103.3 \pm 5.9	771.3 \pm 38.4
Sundoo Brown Rice & Green Tea (Tea Bag)	54.4 \pm 2.1	454.1 \pm 48.6
Pacific Corporation Brown Rice & Green Tea (Tea Bag)	52.4 \pm 3.4	653.1 \pm 44.2
Pacific Corporation Sulloc Green Tea (powder)	81.7 \pm 16.2	1683.2 \pm 43.0
Koryo Brown Rice & Green Tea (Tea Bag)	73.6 \pm 4.5	548.5 \pm 29.9

모든 음료에 섞어서 마시게 되므로 성인뿐만 아니라 어린이의 불소 섭취량을 큰 폭으로 증가시킬 수 있을 것으로 우려된다.

4. 결 론

1981년부터 수도물 불소화 사업을 시행해 오고 있는 우리나라에서 불소 노출량에 대한 연구는 극히 제한적이었으므로 본 연구에서는 우리나라 국민의 불소 노출량 산정 연구의 일환으로 시판 중인 일부 먹는 샘물과 녹차 중의 불소 농도를 불소 이온전극과 이온크로마토그래피로 측정하였다.

불소 측정 방법에 대해서 살펴보면 먹는 샘물의 경우처럼 방해 이온의 영향을 덜 받는다면 불소이온 전극으로 불소 농도를 비교적 정확하게 측정할 수 있었으나, 녹차처럼 시료의 성분이 복잡한 경우 현재 가장 널리 사용되고 있는 불소이온 전극보다는 이온 크로마토그래피로 불소 농도를 측정

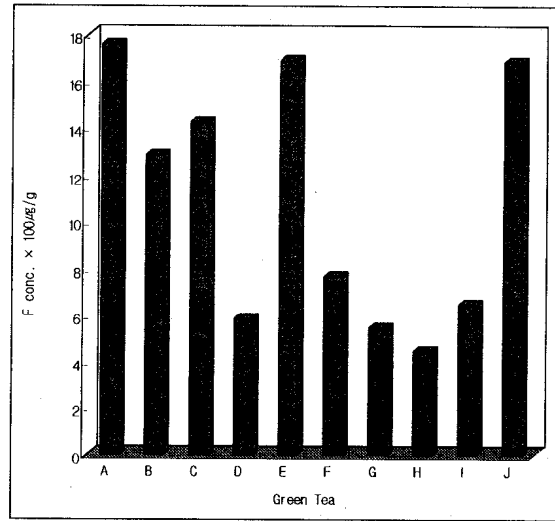


Fig. 2. Fluoride concentration of Green tea measured by ion chromatography. Alphabet on X-axis from A to J represents as follows; A, Hanra Sullok Tea (Tea Bag); B, Hanra Sullok Tea (leaf); C, Ssang Kye Green Tea; D, Ssang Kye Brown Rice & Green Tea (Tea Bag); E, Kookje Green Tea (Tea Bag); F, Kookje Brown Rice & Green Tea (Tea Bag); G, Sundoo Brown Rice & Green Tea (Tea Bag); H, Pacific Brown Rice & Green Tea (Tea Bag); I, Pacific Sulloc Green Tea (powder); J, Koryo Brown Rice & Green Tea (Tea Bag)

하는 것이 바람직하다는 것을 본 연구로부터 알 수 있었다.

먹는 샘물로 인한 불소 노출량을 살펴보면 동원 샘물의 불소 농도는 약 1.5 ppm으로 성인이 하루 2l의 물을 마신다고 가정하면 일일 불소 섭취량은 3 mg에 도달할 것으로 계산되었으나, 동원 샘물을 제외한 나머지 먹는 샘물의 불소 농도는 0.5 ppm보다 낮았다. 한편, 우리나라 국민들이 즐겨 마시는 녹차 중의 불소 농도는 매우 높아서, 녹차 1잔을 마시면 불소 0.8~2 mg을 섭취하게 된다는 것을 알 수 있었다. 앞서 서론에서 언급한 바와 같이 매일 10~20 mg의 불소에 10~20년간 노출되는 사람은 불구성 골격불소증이 나타날 수 있다는

사실로부터 우리가 하루에 녹차 5잔을 마시면 이것만으로도 치명적인 불구성 골격불소증이 나타날 수 있는 일일 불소 노출량 10 mg에 도달하게 된다는 것을 알 수 있었다. 하지만, 녹차에는 미네랄도 풍부하므로 모든 불소가 체내에 흡수되어 독성이 발현된다고는 말할 수 없으므로 향후 생체이용률에 대한 연구 및 녹차를 즐겨 마시는 사람들에게 대한 불소의 과잉 섭취에 대하여 지속적인 관심이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 교보생명교육문화재단의 환경연구지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) K. A. V. R. Krishnamachari, 1987, "Trace elements in Human and Animal Nutrition" Vol. 1. pp.365-415, Academic Press, Inc., San Diego, CA, U.S.A.
- 2) M. C. Bell and T. G. Ludwig, 1970, "Fluoride and human health", pp18-32, WHO, Geneva
- 3) 안혜원, 신동천, 정용, *Kor. J. Environ. Toxicol.* 1998 13(1-2), 19-26.
- 4) H. Lopez and J.M. Navia, *Caries Res.*, 1988, 22, 210-216.
- 5) K. P. Blair, *J. Amer. Coll. Dentists.* 1992, 59, 3.
- 6) S. B. Corbin, *J. Amer. Coll. Dentists.* 1992 59(3), 18-23.
- 7) B. Hilleman, *Chemical and Engineering News.* 1988, Aug.1. 26-42.
- 8) L. S. Kaminsky, M. C. Mahoney and M. J. Miller, 1992, *J. Amer. Coll. Dentists.* 59(3), 4-7.
- 9) 서울대학교 치대 예방치학교실, 1997, 1997 과천시 상수도수불화사업 평가보고서, 과천시 보고서
- 10) L. C. Simko, *Pediatr. Nurs.* 1997, 23(2), 155-159.