

국내 시판샘물의 수질특성에 관한 연구

이성호[†] · 송희봉* · 조찬래* · 이영주* · 전현숙* · 김용혜* · 정동숙*

계명문화대학 식품과학과
*대구광역시 보건환경연구원

(2002년 8월 1일 접수, 2002년 10월 4일 채택)

Study on the Characteristics of the Domestic Bottled Drinking Waters

Sung-Ho Lee[†] · Hee-Bong Song* · Chan-Rae Jho* · Young-Ju Lee* ·
Hyun-Sook Jeon* · Yong-Hae Kim* · Dong-Sook Jung*

Department of Food Science, College of Keimyung
**Public Health and Environment Institute of Daegu City*

ABSTRACT

We investigated the water quality for the domestic bottled drinking waters. The 31 kinds of brands that put on sales in the market were selected and analyzed for 57 items in accordance with the origin of waters. The regions are as follows Chungcheongbuk-do(8 kinds), Chungcheongnam-do(6 kinds), Gangwon-do(2 kinds), Gyeonggi-do(5 kinds), Gyeongsangbuk-do(1 kind), Gyeongsangnam-do(3 kinds), Jeju-do(1 kind), Jeollabuk-do(1 kind), and Jeollanam-do(4 kinds).

The mean value of mineral contents were like this : Ca(14.92 mg/L), Na(13.26 mg/L), Mg(2.25 mg/L), K(1.59 mg/L). The sample of Jeollabuk-do showed the highest concentration in HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , and F^- ions and that of Gangwon-do showed the highest concentration in $\text{NO}_3\text{-N}$. We found out that health hazardous components and aesthetically influential components were not found or much lower than water quality guideline for drinking water. Materials, related to good taste water, such as pH, hardness, total solids, and consumption of KMnO_4 well came up with the recommendation value for drinking water. To investigate quantity of minerals what we can

[†] Corresponding author
E-mail: shl315@km-c.ac.kr

Tel: 053-589-7824

Fax: 053-589-7821

take from natural mineral water, one of human nutritions, we calculated amount of minerals with 2.5 L of water which is required daily allowance(RDA) of American's National Academy of Science. Results were Ca 4.66%, Mg 1.61%, Na 1.00~3.01%, K 0.07~0.21%, Fe 0.20%, Zn 0.23% respectively. All of the waters except Jeollabuk-do appeared to be good for healthy and delicious based on the Hashimoto's K index and O index. All of the waters except Gyeongsangnam-do, Jeollanam-do, Chungcheongbuk-do, and Jeju-do appeared to be good for ionic balance.

Key Words : Bottled Drinking Water, Minerals, RDA, K Index and O Index, Ionic Balance

요 약 문

국내 시판샘물 31종에 대한 미네랄 성분 등 총 57개 항목을 분석하여 지역별(수원지별 충북 8종, 충남 6종, 강원 2종, 경기 5종, 경북 1종, 경남 3종, 제주 1종, 전북 1종, 전남 4종) 수질특성을 고찰하였다. 미네랄 평균값은 Ca(14.92 mg/L), Na(13.26 mg/L), Mg(2.25 mg/L), K(1.59 mg/L) 순으로 높게 나타났다. 전북샘물에서는 HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- 과 강원샘물에서는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 최대농도를 나타내었다. 물맛과 관련된 심미적 영향물질인 pH, 경도, 증발잔류물, KMnO_4 소비량 등은 먹는샘물의 수질기준에 만족하였다. 그리고 먹는물의 수질기준에서 건강상 유해영향물질은 검출되지 않았거나, 기준치에 비해 매우 낮게 나타났다. 먹는샘물에서 섭취할 수 있는 미네랄의 양은 미국 국립과학아카데미의 일일 섭취허용량과 샘물 양을 2.5 L 기준으로 계산한 결과, Ca 4.66 %, Mg 1.61%, Na 1.00~3.01%, K 0.07~0.21%, Fe 0.20%, Zn 0.23%로 나타났다. Hashimoto가 주장한 물의 지표인 K index와 O index를 구한 결과, 전북샘물을 제외하고는 모든 지역이 건강에 좋고 맛있는 물로 분류되었다. 경남, 전남, 충북, 제주샘물을 제외하고는 이온 평형관계가 잘 이루어져 있었다.

주제어 : 샘물, 미네랄, 일일 섭취허용량, K index와 O index, 이온평형

1. 서 론

물은 인간을 비롯한 모든 생물체의 주요 구성성분이다. 물은 성인 체중의 약 60%를 차지하며, 체내 수분의 약 20%를 잃게 되면 생명이 위태로운 상태에 이를 수 있는 등 생명유지에 필수적이다.¹⁾ 뿐만 아니라 생활문화에 있어서도 생활용수를 비롯하여 농업용수, 공업용수 등으로 광범위하게 이용되고 있다. 먹는물관리법²⁾에서 먹는물이라 함은 먹는데 통상 사용하는 자연상태의 물과 자연상태의 물을 먹는데 적합하게 처리한 수도물, 먹는샘물(샘물을 먹는데 적합하도록 물리적 처리 등의 방법으로 제조한 물) 등으로 규정하고 있다. 광천수는 바위틈이나 땅속으로 스며든 빗물에 각종의 광물질이 용해되어 있

는 암반 대수층의 지하수 또는 용천수를 말하며, 먹는물관리법에서는 샘물로 규정하고 있다. 이는 미네랄 성분이 적당량 함유되어 있어 특이한 물 맛을 갖는다.^{3~5)} 미네랄은 비타민과 더불어 생명유지와 건강을 위해 필수영양소로서 모든 생물의 발육생존에 필수 불가결한 것이다.^{6~8)} 그러나 고도의 산업경제 발전으로 자연환경이 오염되고 파괴되어 하천, 강 및 호소 등의 지표수뿐만 아니라 일부 지역에서는 지하수까지 오염되어 있는 실정이다. 이러한 환경 속에서 사람들은 시간과 비용을 들여서라도 마음놓고 마실 수 있는 물을 찾기에 이르렀다. 좋은 물의 요건은 건강에 도움이 되는 물로서 기본적으로 인체에 해로운 균이 포함되어 있지 않아야 하고 불쾌감이나 불안감을 주지 않아야 한다. 누구나 좋은 물을

마시고 싶을 뿐만 아니라 좋은 물이 건강에 필수적이라는 인식을 같이 하고 있다. 그러나 지금까지 국내 시판샘물(먹는샘물)에 대한 자료⁹⁾는 매우 빈약한 실정이다. 따라서 본 연구는 다양한 지역의 수원지를 가진 시판샘물에 대한 지역별 수질특성을 살펴 보며, 아울러 맛있고 건강에 도움이 되는 샘물에 대한 지표를 설정하기 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조사대상

조사대상 시판샘물은 국내 시장 중 대구 지역의 대리점, 대형유통업소, 슈퍼 및 소매점 등에서 시판되고 있는 수원지가 각각 다른 31종의 제품을 선정하였다. 제품에 명기된 지역별 수원지는 알파벳 순서로 다음과 같다. 충북의 보은, 청원, 괴산과 옥천의 8종, 충남의 안산, 천안, 공주와 연기의 6종, 강원도의 홍천과 평창의 2종, 경기도의 가평, 포천, 양주와 연천의 5종, 경북의 상주 1종, 경남의 김해, 고성과 산청의 3종, 제주의 북제주 1종, 전북의 김제 1종, 전남의 담양, 구례와 순천의 4종이다. 그러나 경북, 제주, 전북의 샘물은 그 외의 지역보다 샘물 수원의 개발이 훨씬 미비하여 본 연구에서 선정된 시료수도 상대적으로 적다는 점을 감안하고 그 지역의 대표로 보았다.

2.2. 분석항목 및 분석방법

분석항목은 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙(환경부령 제95호)에서 정하고 있는 먹는샘물 수질기준의 50개 항목 중 병입 후 4℃에서 12시간 이내에 검사토록 규정되어 있는 미생물 시험인 일반세균을 제외한 49개 항목을 검사하였으며, 먹는물수질공정시험방법¹⁰⁾에 준하여 분석하였다. 그 결과, 건강상 유해영향 무기물질 2항목(불소, 질산성질소)과 심미적 영향물질 8항목(경도, 과망간산칼륨소비량, 수소이온농도, 아연, 염소이온, 중발잔류물, 철, 황산이온)이 검출되었다. 그러나 미생물 6항목(대장균군, 분원성연쇄상구균, 녹농균, 살모넬라, 쉬겔라, 아황산환원혐기성포자형성균), 건강상 유해영향 무기물질 8항목(납, 비소, 세레늄, 수은, 시안, 6가 크롬, 암모니아성 질소, 카드뮴), 건강상 유해영향 유기물질 17항목(페놀, 총트리할로메탄, 다이아지논, 파라티온, 말라티온, 페니트로티온, 카바릴, 1,1,1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 1,1-디클로로에틸렌, 사염화탄소) 그리고 심미적 영향물질 8항목(냄새, 맛, 구리, 색도, 세제, 망간, 탁도, 알루미늄)은 전혀 검출되지 않았거나 정량한계 미만으로 나타나 본 논문의 해석에는 제외하였다. 그 외의 항목인 Ca, Mg, Na, K, SiO₂, 전기전도도(conductivity), 알칼리도(alkalinity) 등 무기물질과 용존산소(DO)는 수질오염 공정시험방법¹¹⁾과 일본 상수시험방법¹²⁾에 준하여 분석하였다. 검출된 항목의 분석에 사용된 방법과 기기는 Table 1과 같다.

Table 1. Analytical methods and instruments for determining water quality

Items	Methods and Instruments
Ca, Na, K, Mg, Fe, Zn	Inductively coupled plasma atomic emission spectrometer (Perkin Elmer, Optima 3000DV, USA)
SiO ₂	UV-VIS spectrophotometer (Varian, Carry 100 Conc, USA)
F ⁻ , Cl ⁻ , NO ₃ -N, SO ₄ ²⁻	Ion chromatograph (Dionex, DX-120, USA)
pH, Conductivity	pH/conductivity meter (Orion, 550A, USA)
Alkalinity, DO, Hardness Consumption of KMnO ₄	Titration method
Total solids	Gravimetric method

한편 먹는샘물 중의 이온 평형관계를 검토하기 위해 몰농도(molarity), 당량농도(equivalent concentration, 이하 Eq. conc.), %당량농도(Eq. conc.)와 전기전도도의 계산에 이용한 양이온은 Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn 등 6항목이며, 음이온은 F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , SiO_2^- 등 5항목으로 하였다. 그리고 pH 변화에 따른 탄산의 일반적인 존재 상태로서 pH가 8.3 이하에서는 HCO_3^- 로 존재한다고 알려져 있다.¹³⁾ 따라서 본 실험에서 구한 pH값(Table 5)은 모두 8.3 이하이므로 대부분 HCO_3^- 로 존재할 것으로 여겨져 HCO_3^- 값은 알칼리도 값으로 대신해 사용하였다. 전기전도도의 계산은 함량이 낮은 원소와 SiO_2 를 제외하고 이온당량 전기전도도¹⁴⁾(equivalent ionic conductance at 25°C in mho-cm²/equivalent)(Na^+ : 50.1, K^+ : 73.5, Ca^{2+} : 59.5, Mg^{2+} : 53.1, Cl^- : 76.3, NO_3^- : 71.4, SO_4^{2-} : 79.8, HCO_3^- : 44.5)의 값으로부터 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 미네랄 성분

무기 금속원소는 인체의 구성원소를 존재비에 따라 다량원소인 Ca, 소량원소인 Na, K, Mg, Si, 미량원소인 Fe, Zn, Cu, 초미량원소인 Al, Mn으로 분류할 수 있다.^{1,15)} 이들 중 검출된 원소에 대한 평균 값과 표준편차는 지역별로 Table 2에 나타내었다.

다량원소인 Ca은 6.57(전북)~19.08(충남) mg/L로서 전체평균 14.92 mg/L로 검출되었다. Ca은 P, Mg과 더불어 뼈와 치아의 구성성분으로 하루 권장량은 약 800 mg인데 비하여 우리 나라의 식생활에서 Ca의 섭취량은 하루 약 300 mg에 불과하므로 Ca의 섭취에 신경을 기울여야 하는 항목으로 알려져 있다.

소량원소인 Mg은 0.89(전북)~4.92(충북) mg/L로서 전체평균 2.25 mg/L로 검출되었다. Mg은 뼈

Table 2. Analytical results and statistical data(I) for the samples of bottled drinking waters

Origin		Ca (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Fe (mg/L)	Zn (mg/L)
Chungcheongbuk-do (n=8)	Mean	18.87	6.76	1.21	4.92	18.96	0.006	0.015
	S.D	7.46	2.94	0.26	3.77	9.43	0.003	0.007
Chungcheongnam-do (n=6)	Mean	19.08	16.23	1.70	3.38	22.08	0.014	0.022
	S.D	8.02	14.06	0.63	2.02	7.60	0.008	0.035
Gangwon-do (n=2)	Mean	17.89	5.27	1.91	2.17	24.25	0.002	0.014
	S.D	0.87	1.87	1.21	0.03	7.99	0.002	0.001
Gyeonggi-do (n=5)	Mean	13.40	5.79	1.08	3.80	18.48	0.005	0.013
	S.D	5.91	2.25	0.42	4.23	8.76	0.007	0.008
Gyeongsangbuk-do (n=1)	Mean	16.24	7.96	0.81	0.97	27.40	N.D	0.038
	S.D	-	-	-	-	-	-	-
Gyeongsangnam-do (n=3)	Mean	11.94	6.07	0.67	1.35	27.73	0.006	0.003
	S.D	4.17	0.99	0.49	0.57	13.40	0.010	0.006
Jeju-do (n=1)	Mean	13.32	5.17	2.24	1.20	19.90	0.014	N.D
	S.D	-	-	-	-	-	-	-
Jeollabuk-do (n=1)	Mean	6.57	53.47	3.21	0.89	13.40	0.015	0.006
	S.D	-	-	-	-	-	-	-
Jeollanam-do (n=4)	Mean	16.94	12.62	1.52	1.57	21.58	0.011	0.011
	S.D	6.67	5.43	1.04	1.00	9.01	0.008	0.007
Permitted limit*		-	-	-	-	-	<0.3	<1.0

* Permitted limit means the standard for bottled drinking water

의 구성성분일 뿐만 아니라 신경의 흥분을 억제하고, 효소작용을 촉진하며, 체액의 산, 알칼리 평형에도 관여하는 것으로 알려져 있다. Ca, Mg의 함유량은 물의 경도를 나타내는 것으로 먹는물의 수질기준에서 심미적 영향물질로 취급되고 있으나, 단일 원소로는 항목에 포함되어 있지 않다. 시판샘물은 달기약수를 포함한 경북지역의 약수^{16,17)}와 초정리 약수를 포함한 충청지역의 대부분 약수¹⁸⁾에서 나타난 Ca, Mg의 함유량보다는 훨씬 낮은 값을 보였다. 소량원소인 Na와 K은 각각 5.17(제주)~53.47(전북) mg/L와 0.67(경남)~3.21(전북) mg/L로서 전체평균 13.26과 1.59 mg/L로 검출되었다. Na는 인체에 60~75 g 정도 함유되어 있으며, K와는 대조적으로 주로 세포외액에 염화물, 인산염 또는 탄산염의 형태로 존재한다. K는 인체 내에 약 100 g 함유되어 있으며, Na와 함께 체액의 산, 알칼리 평형과 세포의 삼투압을 조절하며, 근육의 수축과 신경의 자극전달 및 신경흥분을 억제한다. 그리고 혈액으로부터 인슐린을 방출하는 역할을 한다. 또한 소량 원소인 Si(SiO_2 로서)는 13.40(전북)~27.73(경남) mg/L로서 전체평균 21.53 mg/L로 검출되었다. Si는 Ca과의 결합으로 골격의 석회화에 중요한 요소로 알려져 있다. 그리고 Na, K, Si는 먹는물 수질기준에는 포함되어 있지 않는 항목이다.

시판샘물 중에 미네랄 함량의 평균값을 비교하면 충북, 충남, 강원, 경기, 경북, 경남, 전남샘물에서는 $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$ 순으로 구성하고 있는데, 이는 국내·외에서 시판되는 먹는샘물의 선행된 연구결과와 동일한 경향을 보였다.⁹⁾ 그러나 제주샘물에서는 $\text{Ca} > \text{Na} > \text{K} > \text{Mg}$ 순이었으며, 전북샘물에서는 $\text{Na} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg}$ 순을 보였다.

인체내의 미량원소인 Fe은 N.D(경북)~0.015(전북) mg/L로서 전체평균 0.008 mg/L로 검출되었

다. Fe은 인체 내에 3~4 g 정도 함유되어 있으며, 약 60~70%는 적혈구의 헤모글로빈에 존재한다. 또한 미량원소인 Zn은 N.D(제주)~0.038(경북) mg/L로서 전체평균 0.014 mg/L로 검출되었다. Zn은 최근 생리적인 중요성이 많이 밝혀지고 있는 영양소로서, 특히 혈당조절에 관여하는 췌장 호르몬인 인슐린의 생리적 기능을 증진시키며, 많은 호르몬의 활성화와 면역기능 수행에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 많은 양의 Fe과 Zn은 금속 맛을 내는 원인물질로 먹는물의 수질기준에서 심미적 영향물질로 취급되어 각각 0.3과 1.0 mg/L 이하를 요구하고 있으며, 시판샘물은 이 요구조건에 모두 만족하였다.

3.2. 시판샘물에서 섭취 가능한 미네랄의 양

인체에 필요한 미네랄을 시판샘물로부터 섭취할 수 있는 양을 구하였다. 일일 수분 필요량은 사람에 따라 차이가 있으나, 하루 2,500 kcal를 섭취하는 성인의 경우 2,500 mL 정도가 필요하다. 수분의 공급원으로는 식품에 함유되어 취할 수 있는 수분으로 600~1,200 mL, 식품의 대사산물로 생성되는 수분으로서 200~300 mL, 음료수 등 마시는 물로서 500~1,500 mL를 섭취한다고 알려져 있다. 인체에 요구되는 미네랄의 하루 권장량은 미국 국립과학아카데미(National Academy of Science, NAS)의 일일 섭취허용량¹⁹⁾을 기준으로 하였으며, 일일 섭취음용수의 양은 2.5 L로 기준하였다. 시판샘물에 존재하는 원소 함유량의 전체평균값을 이용하여 계산한 결과를 Table 3에 나타내었다.

이들 시판샘물로부터 섭취 가능한 미네랄의 양은 Ca 4.66%, Mg 1.61%, Na 1.00~3.01%, K 0.07~0.21%, Fe 0.20%, Zn 0.23%이었다. 이들 값은 국내·외에서 생산되는 먹는샘물에 대하여 일일 섭

Table 3. Contribution of mineral water to minerals and trace elements nutrition for human

Element	RDA* (mg)	Concentration (mg/L)	Amount (mg)	Percent (%)
Ca	800	14.92	37.30	4.66
Mg	350	2.25	5.63	1.61
Na	1,100~3,300	13.26	33.15	1.00~3.01
K	1,875~5,600	1.59	3.98	0.07~0.21
Fe	10	0.008	0.020	0.20
Zn	15	0.014	0.035	0.23

* Required daily allowance

취량을 2.5 L로 가정하여 계산된 Ca 5.5%, Mg 3.4%, Na 0.8~2.5%인 연구결과⁹⁾와 대구지역의 약수에 대하여 일일 섭취량을 2.5 L로 가정하여 계산된 Ca 2.14%, Mg 1.03%, Na 0.50~1.49%, K 0.03~0.08%, Fe 0.50%, Zn 0.30%인 연구결과²⁰⁾와도 비슷한 수준을 보였다. 그러나 경북지역의 달기 약수와 신촌 약수에 대하여 일일 섭취량을 1.0 L로 가정하여 계산된 연구결과^{16,17)}에서 나타난 Ca가 각각 35.05%, 28.20%, Mg가 각각 36.43%, 15.02%, Na가 각각 5.88~10.63%, 6.45~19.35%와 비교하면 시판샘물로부터 섭취할 수 있는 미네랄의 양은 매우 적음을 알 수 있다.

3.3 음이온 성분 및 기타 성분

시판샘물 중에 존재하는 음이온의 양은 Table 4와 같다. 음이온의 함량은 충북, 충남, 강원, 경기, 경북과 경남샘물에서는 $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3\text{-N} > \text{F}^-$ 순서이지만 제주샘물에서는 Cl^- 함량이 SO_4^{2-} 함

량보다 많은 $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3\text{-N} > \text{F}^-$ 순서이며, 전북과 전남샘물에서는 F^- 함량이 $\text{NO}_3\text{-N}$ 함량보다 많은 $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{F}^- > \text{NO}_3\text{-N}$ 순서를 보였다. HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , F^- 항목은 전북샘물이 모두 최대농도를 보였으며, $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 강원샘물이 최대농도를 보였다. F^- 은 영구치가 형성되는 성장기인 9세 이하의 어린이가 1 mg/L 이상 함유한 물을 마시면 치아의 표층질을 찌르는 병인 반상치가 발생하지만 1 mg/L 정도 함유한 물을 항상 마시면 오히려 충치 예방효과가 있는 것으로 알려져 있다. 또한 $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 만 1세 이하의 유아가 10 mg/L 이상 함유한 물을 마시면 청색증(blue baby)과 호흡 곤란 등을 일으키는 것으로 알려져 있다. 먹는물의 수질기준에서 F^- 과 $\text{NO}_3\text{-N}$ 는 건강상 유해영향 무기물질로 취급되어 각각 2.0과 10 mg/L 이하를 요구하고 있으며, 시판샘물은 이 요구조건에 모두 만족하였다. 많은 양의 Cl^- 과 SO_4^{2-} 은 불쾌한 짠맛과 쓴맛을 내는 원인물질로 먹는물의 수질기준에서 심미적 영향물질로 취급되어 각각 250과 200 mg/L 이

Table 4. Analytical results and statistical data(II) for the samples of bottled drinking waters

Origin		F^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	HCO_3^- (mg/L)
Chungcheongbuk-do (n=8)	Mean	0.27	3.46	0.73	14.17	60.15
	S.D	0.28	1.47	0.64	12.93	30.38
Chungcheongnam-do (n=6)	Mean	0.22	5.24	0.71	7.72	74.73
	S.D	0.23	2.20	0.76	2.17	22.11
Gangwon-do (n=2)	Mean	0.12	4.22	3.97	5.20	23.20
	S.D	0.05	0.28	2.06	5.44	19.70
Gyeonggi-do (n=5)	Mean	0.20	2.04	0.81	5.50	41.82
	S.D	0.23	0.78	0.33	3.60	13.20
Gyeongsangbuk-do (n=1)	Mean	0.48	2.79	1.26	5.90	31.10
	S.D	-	-	-	-	-
Gyeongsangnam-do (n=3)	Mean	0.16	2.18	0.42	13.62	33.57
	S.D	0.11	0.47	0.28	17.41	9.90
Jeju-do (n=1)	Mean	0.03	4.49	0.16	1.43	19.10
	S.D	-	-	-	-	-
Jeollabuk-do (n=1)	Mean	0.91	13.04	0.28	30.86	82.90
	S.D	-	-	-	-	-
Jeollanam-do (n=4)	Mean	0.64	4.43	0.36	13.59	57.95
	S.D	0.49	3.26	0.46	6.35	29.93
Permitted limit*		< 2.0	< 250	< 10	< 200	-

*Permitted limit means the standard for bottled drinking water

Table 5. Analytical results and statistical data(III) for the samples of bottled drinking waters

Origin		pH (-)	E.C ¹⁾ (μ S/cm)	DO (mg/L)	T.S ²⁾ (mg/L)	Hardness (mg/L)	KMnO ₄ ³⁾ (mg/L)
Chungcheongbuk-do (n=8)	Mean	7.76	189.1	9.11	128.25	97.50	0.48
	S.D	0.48	79.2	0.67	52.88	34.85	0.32
Chungcheongnam-do (n=6)	Mean	7.20	208.0	8.42	143.00	86.33	0.60
	S.D	0.30	48.3	1.30	30.59	29.35	0.36
Gangwon-do (n=2)	Mean	6.95	123.8	9.00	98.50	62.00	0.20
	S.D	0.21	3.4	0.10	10.60	4.20	0.30
Gyeonggi-do (n=5)	Mean	7.54	122.8	9.30	86.20	63.20	0.40
	S.D	0.28	35.7	0.20	15.10	18.90	0.50
Gyeongsangbuk-do (n=1)	Mean	7.30	110.0	9.00	93.00	60.00	0.30
	S.D	-	-	-	-	-	-
Gyeongsangnam-do (n=3)	Mean	7.90	123.3	10.27	99.67	70.33	0.63
	S.D	0.44	26.1	1.93	21.13	7.64	0.49
Jeju-do (n=1)	Mean	7.90	49.1	9.10	63.00	57.00	N.D
	S.D	-	-	-	-	-	-
Jeollabuk-do (n=1)	Mean	7.80	325.1	9.00	203.00	55.00	0.50
	S.D	-	-	-	-	-	-
Jeollanam-do (n=4)	Mean	7.95	189.1	8.63	128.75	78.25	0.13
	S.D	0.19	69.3	0.59	37.38	21.96	0.15
Permitted limit*		5.8~8.5	-	-	< 500	< 300	< 10

* Permitted limit means the standard for bottled drinking water

¹⁾ electric conductivity ²⁾ total solids ³⁾ consumption of KMnO₄

하를 요구하고 있으며, 시판샘물은 이 요구조건에 모두 만족하였다.

또한 먹는물의 수질기준에서 심미적 영향물질로 취급하고 있는 pH, 중발잔류물, 경도, KMnO₄ 소비량과 수질기준에는 포함되어 있지 않는 항목인 용존 산소(DO)와 전기전도도의 측정결과는 Table 5에 나타내었다. 시판샘물에서 측정한 pH는 6.95(강원)~7.95(전남)를 보였다. 이는 금속부식의 원인물질로서 수질기준인 5.8~8.5에 모두 만족하였다. 중발 잔류물과 경도는 각각 63.00(제주)~203.00(전북) mg/L와 55.00(전북)~97.50(충북) mg/L로 검출되었다. 이들은 불쾌한 맛과 설사를 일으키는 원인물질로서 수질기준인 각각 500과 300 mg/L 이하에 모두가 만족하였다. KMnO₄ 소비량은 N.D(제주)~0.63(경남) mg/L로 검출되었다. 이는 불쾌한 맛과 냄새를 유발하는 원인물질로서 수질기준인 10 mg/L 이하에도 모두 만족하였다. 기타 성분으로서 물속에 녹아 있는 산소의 양인 DO는 8.42(충남)~

10.27(경남) mg/L로 측정되었다. 또한 전기전도도는 49.1(제주)~325.1(전북) μ S/cm로 측정되었는데, 이와 같은 값은 지역별 샘플 중의 용해 미네랄 성분값과 알칼리도의 값과도 상관성이 잘 일치하는 경향을 보였다.

3.4. 맛있고 건강한 물의 지표

물과 건강과의 관계에 대한 연구로서 Hashimoto²¹⁾는 일본 전국의 지역별 뇌졸중 사망률과 그 지역의 물 중 Na, K, Mg, Ca의 함량 및 성분비 사이에 상관관계가 있음과, 장수 지역과 단명 지역의 물에서도 유의성이 있음을 발표하였다. 그리고 Ca, K, SiO₂의 성분은 물맛을 좋게 하고, Mg, SO₄²⁻의 성분은 물맛을 나쁘게 하는 인자로 생각하여 건강에 좋은 물의 지표로 K index((Ca + 0.87Na)와 맛있는 물의 지표로 O index(((Ca + K + SiO₂)/(Mg + SO₄²⁻)))를 제시하였다. 이 두 가지의 지표를 이용하여 물을

Table 6. Calculated K index and O index values in bottled drinking waters

Origin	Sample size	K index	O index
Chungcheongbuk-do	8	13.46	2.89
Chungcheongnam-do	6	6.10	4.17
Gangwon-do	2	13.68	8.71
Gyeonggi-do	5	8.78	5.50
Gyeongsangbuk-do	1	9.87	6.47
Gyeongsangnam-do	3	7.09	5.41
Jeju-do	1	9.18	13.48
Jeollabuk-do	1	-36.21	0.73
Jeollanam-do	4	6.85	2.81

건강에 좋고 맛있는 물(I그룹: $K \geq 5.2$, $O \geq 2.0$), 건강에 좋은 물(II그룹: $K \geq 5.2$, $O < 2.0$), 맛있는 물(III그룹: $K < 5.2$, $O \geq 2.0$), 어느 쪽에도 속하지 않는 물(IV그룹: $K < 5.2$, $O < 2.0$) 등 모두 4그룹으로 분류하였다. 각 지역별 전체평균값으로부터 K index와 O index를 구한 결과는 Table 6과 같다.

지역별로 계산된 먹는샘물의 K index와 O index는 충북 13.46과 2.89, 충남 6.10과 4.17, 강원 13.68과 8.71, 경기 8.78과 5.50, 경북 9.87과 6.47, 경남 7.09와 5.41, 제주 9.18과 13.48, 전북 -36.21과 0.73, 전남 6.85와 2.81이었다. 이들 값으로부터 시판샘물 중 건강에 좋고 맛있는 물(I그룹)은 전북샘물(IV그룹)을 제외하고는 모든 지역에 해당되었다. 그러나 경북과 제주의 경우를 제외한 각 지역별 샘물들 중에는 I그룹을 벗어난 샘물이 존재하였는데, K index 5.2 이상의 조건을 만족하지 못하는 샘물 종류는 충북, 충남, 전북이 각 1종이며, 경기, 경남, 전남이 각 2종이었다. 또한 O index 2.0 이상의 조건을 만족하지 못하는 샘물 종류는

경기, 경남, 전북이 각 1종이며, 충북이 3종이었다.

3.5. 이온당량, 전기전도도

미네랄 함량이 서로 다른 샘물을 mg/L 농도로서 비교하기보다는 당량농도(Eq. conc.)로서 직접 비교해 볼 필요성이 있다. 또한 이온당량전기전도도(equivalent ionic conductance)와 당량농도로부터 이론적으로 계산된 전기전도도 값과 실험에서 구한 값과의 비교 뿐만 아니라 양이온과 음이온의 평형관계 등을 함께 비교 검토함으로써 각 샘물의 특징을 알 수 있다.

시판샘물로부터 각각 구한 지역별 몰농도(molarity), 이온의 당량농도, %당량농도와 계산된 전기전도도(conductivity) 값을 Table 7에 나타내었다.

먹는샘물 중의 양이온과 음이온의 평형관계는 %당량농도로서 경남, 전남과 충북샘물의 경우 음이온이 각각 60.37, 55.72%와 53.94%로 우세하며, 제주샘물에서는 다른 샘물과는 특이하게 양이온이 54.41%로 우세한 관계를 보였으며, 그 외의 충남, 강원, 경기, 경북과 전북의 샘물에서는 양이온과 음이온의 평형관계가 상대적으로 잘 이루어져 있음을 알 수 있다. 전기전도도는 제주샘물의 경우 측정값이 $49.1 \mu\text{S}/\text{cm}$, 계산값이 $89.8 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 큰 차이를 보였으며, 이는 낮은 이온화도(ionization degree)를 의미함을 알 수 있다. 나머지 샘물에는 계산값이 측정값보다 약간 낮거나 근사한 값을 보였다. 이는 전기전도도의 계산에 포함시키지 못한 항목의 영향으로 생각된다.

Table 7. Calculated molarity, equivalent concentration, conductivity in bottled drinking waters

Origin	Molarity(mM)			Eq. conc.(meq/L)			Eq. conc.(%)		Conductivity($\mu\text{S}/\text{cm}$)		
	Cation	Anion	Total	Cation	Anion	Total	Cation	Anion	Cation	Anion	Total
Chung-buk	0.998	1.809	2.807	1.671	1.957	3.628	46.06	53.94	94.53	87.34	181.87
Chung-nam	1.365	2.127	3.492	1.980	2.207	4.187	47.28	52.72	109.98	93.09	203.07
Gangwon	0.814	1.323	2.137	1.349	1.377	2.726	49.49	50.51	77.67	58.27	135.94
Gyeonggi	0.770	1.313	2.083	1.261	1.370	2.631	47.92	52.08	71.03	54.25	125.28
Gyeong-buk	0.812	1.323	2.135	1.257	1.384	2.641	47.60	52.40	71.32	49.44	120.76
Gyeong-nam	0.635	1.363	1.998	0.988	1.505	2.493	39.63	60.37	55.84	58.84	114.68
Jeju	0.664	0.861	1.525	1.046	0.876	1.922	54.41	45.59	60.27	29.56	89.83
Jeol-buk	2.608	2.610	5.218	2.809	2.931	5.740	48.94	51.06	145.95	153.30	299.25
Jeol-nam	1.705	1.824	3.529	1.562	1.966	3.528	42.28	55.72	87.51	84.65	172.16

4. 결 론

국내 시판생물로서 지역별로 충북의 8종, 충남의 6종, 강원도의 2종, 경기도의 5종, 경북의 1종, 경남의 3종, 제주의 1종, 전북의 1종, 전남의 4종인 총 31종을 선정하였다. 시판생물의 미네랄 성분, 음이온 등 먹는물 수질기준 검사항목과 전기전도도, 알칼리도 등을 포함한 총 57개 항목을 분석하였으며, 수원지별 수질특성을 이온농도, 당량농도, 이온평형 및 건강과 맛의 측면에서 고찰하였다.

- 1) 시판생물 중 지역별 미네랄 함량의 평균값은 Ca 6.57(전북)~19.08(충남) [전체 : 14.92] mg/L, Mg 0.89(전북)~4.92(충북) [전체 : 2.25] mg/L, Na 5.17(제주)~53.47(전북) [전체 : 13.26] mg/L, K 0.67(경남)~3.21(전북) [전체 : 1.59] mg/L, SiO₂ 13.40(전북)~27.73(경남)[전체 : 21.53] mg/L, Fe 불검출(경북)~0.015(전북)[전체 : 0.008] mg/L, Zn 불검출(제주)~0.038(경북) [전체 : 0.014] mg/L이었다. 또한 지역별로 구성비를 비교하면 충북, 충남, 강원, 경기, 경북, 경남, 전남생물에서는 Ca > Na > Mg > K, 제주생물에서는 Ca > Na > K > Mg, 전북생물에서는 Na > Ca > K > Mg 순으로 나타났다.
- 2) 시판생물에서 섭취할 수 있는 미네랄의 양을 미국 국립과학아카데미의 일일 섭취허용량과 생물의 양을 2.5 L로 하고 계산한 결과, Ca 4.66%, Mg 1.61%, Na 1.00~3.01%, K 0.07~0.21%, Fe 0.20%, Zn 0.23%로 나타났다. 이는 생물로부터 섭취하는 미네랄의 양이 일일 섭취허용량에 비해 매우 적음을 알 수 있었다.
- 3) 음이온 함량의 경우는 충북, 충남, 강원, 경기, 경북과 경남생물에서는 HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻ > NO₃-N > F⁻, 제주생물에서는 HCO₃⁻ > Cl⁻ > SO₄²⁻ > NO₃-N > F⁻, 전북과 전남생물에서는 HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻ > F⁻ > NO₃-N 순서를 보였다. 전북생물에서는 HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, F⁻ 항목이, 강원 생물에서는 NO₃-N 항목이 최대농도를 보였다. 물맛과 관련된 심미적 영향물질인 pH, 경도, 증발잔류물, KMnO₄ 소

비량 등은 먹는생물의 수질기준에 만족하였다. 그리고 먹는물의 수질기준에서 건강상 유해영향물질은 검출되지 않았거나, 기준치에 비해 매우 낮게 나타났다.

- 4) Hashimoto가 주장한 물의 지표인 K index와 O index를 시판 생수로부터 구한 결과, 전북생물(IV그룹 : K<5.2, O<2.0)을 제외한 모든 생물이 건강에 좋고 맛있는 물(I그룹 : K≥5.2, O≥2.0)로 분류되었다.
- 5) 이온 평형관계는 경남, 전남과 충북생물의 경우는 음이온이 60.37, 55.72%와 53.94%로 우세하며, 제주생물에서는 다른 생물과는 특이하게 양이온이 54.41%로 우세한 관계를 보였으며, 그 외의 충남, 강원, 경기, 경북과 전북의 생물에서는 양이온과 음이온의 평형관계가 상대적으로 잘 이루어져 있었다. 그리고 전기전도도는 제주생물의 경우 측정값이 49.1 μS/cm, 계산값이 89.8 μS/cm로 큰 차이를 보였으며, 이는 낮은 이온화도를 의미함을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. Lee, Y. S., Advanced Nutrition : Kwangmoongak Press, Seoul, p. 223(1999).
2. 환경부, 먹는물관리법령, 먹는물관리법 환경부령 제42호(1998).
3. 정경숙, 한국 온천과 약수, 하나의학사(1989).
4. 민병준, 한국의 약수, 대원사(1997).
5. Gaman, P. M. and Sherrington, K. B., The Science of food : Pergamon Press, New York, USA, p. 115(1990).
6. Seo, J. S., Seo, K. H., Lee, S. K., and Jung, H. S., Basic Nutrition : Ji-Gu publishing Press, Seoul, Korea, p. 131(1992).
7. Hyeon, S. Y., Fundamental Nutrition : Hakmoon Press, Seoul, Korea, p. 123 (1989).
8. Kim, K. N., Myung, K. H., Park, Y. J., Lee, K. H., Lee, Y. S., Yim, H. S., Won, H.

- R., Chang, Y. K., and Ha, J. K., Nutrition of Vitamin and Mineral : Hangmoon publishing Press, Seoul, Korea, p. 280 (1985).
9. 이남래, 김영만, 최범석, "먹는샘물 중의 건강과 맛에 영향을 미치는 화학성분의 분석," 한국분석과학회지, **10**(6), 459~467(1997).
10. 환경부, 먹는물수질공정시험방법, 환경부 고시 제2000-75호(2000).
11. 환경부, 수질오염공정시험방법, 환경부 고시 제1998-146호(1998).
12. 일본수도협회, 상수도시험방법(1985).
13. 日本分析化学會北海道支部 水の分析, 日本, p. 183(1981).
14. Meites, L., Handbook of Analytical Chemistry : McGRAW-HILL Press, New York, USA, pp. 5~30(1963).
- 15.千葉百子, "微量元素の摂取と健康," 化学と生物, **33**(6), 370(1995).
16. 이성호, "청송 달기약수의 수질특성에 관한 연구," 대한화학회지, **44**(3), 220~228(2000).
17. 이성호, "청송 신촌약수의 수질특성에 관한 연구," 대한화학회지, **44**(4), 380~386(2000).
18. 한인전, 유봉식, "淸州近郊 鑛泉水(藥水)의 水質 調査," 공주교육대학 논문집, **24**, 503~519 (1986).
19. Safe Drinking Water Committee, Drinking Water and Health, National Academy Press : Washington DC **3**, p. 373(1980).
20. 송희봉, 조찬래, 이영주, 이선영, 전현숙, 정동숙, 이성호, "대구지역 약수 수질의 화학적 특성평가," 대한환경공학회지, **23**(10), 1761~1770(2001).
21. 橋本 奨, "おいしく健康な水のミネラルバランス 指標," 化学と生物, **26**(1), 65~68(1988).