ANALYTICAL SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 10, No. 6, 1997
Printed in the Republic of Korea

=단 신=

먹는샘물 중의 건강과 맛에 영향을 미치는 화학성분의 분석

이남례 · 김영만* · 최법석
경희대학교 기초과학연구소, 자연과학대학 화학과
*한국과학기술연구원 특성분석센터
(1997. 4. 17. 접수)

Determination of the Chemical Constituents to Affect the Health and Taste in Bottled Drinking Waters

Nam-Rae Lee, Young-Man Kim and Beom-Suk Choi*
Research Institute of Basic Sciences and Department of Chemistry, Kyung Hee University, Yongin 449-701, Korea
**Advanced Analysis Center, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, Korea*
(Received Apr. 17, 1997)

Abstract : Due to the growing demand for bottled mineral waters, a study was undertaken to determine the quality of the twenty six brands of domestic and imported drinking waters. The quality of water was evaluated by analyzing the twenty four elements including minerals, essential and/or toxic trace elements, and the analytical items to affect the taste of water. The contribution of drinking water to the mineral nutrition of human was calculated in order to investigate the health effect of drinking water. The taste of water was evaluated in terms of minerals, anions, TDS, alkalinity, hardness and pH.

Key words : Water analysis, Mineral, Trace element, Taste, Health effect.

1. 서 론

최근 산업의 발달과 환경오염으로 인하여 수돗물 등 수질이 악화되고 있어 좋은 음용수에 대한 관심이 높아지고 있다. 반면에 지금까지 물에 관한 연구는 주로 물의 정수와 정제방법에 대해 행하여져 왔으며, 좋은 물의 개념에 관한 연구는 비교적 많지 않다.[1~3]

좋은 음용수에 대한 정의를 내리기는 쉽지 않으나 건강에 유익하고, 맛있는 물이라고 할 수 있다. 건강에 유익한 물은 인체에 유해한 중금속, 유기물, 세균, 방사성 물질 등이 없는 물로서, 인체에 유익한 미네랄을 적당하게 함유한 물이다. 우리 인체에 필요한 미네랄은 하루에 약 1.5g 정도이며, 하루에 100mg 이상 필요한 무기물을 미네랄, 그 이하로 요구되는 원소를 미량원소라고 한다. 미네랄과 미량원소는 매우 적은 양이지만 물맛에 영향을 주고, 부족하거나 과량 섭취하게 되면 여러 가지 질병에 걸리게 된다.[4]

그리고 물맛에 영향을 미치는 요소는 유기물, 미네랄, 음이온, 용존 기체의 종류와 양, pH, 온도 등이 있다.[5~9] 물맛의 평가는 크게 두 가지로 분류되는데, 물을 싫어하는 정도를 측정하는 hedonic test와 물맛의 세기를 측정하는 taste intensity로 평가한다.[5] 일반적으

로 taste intensity가 클수록 물맛이 나쁘다고 보고되어 있다. 또한 미네랄 종류에 따른 물맛은[6,7] 아직까지 자료가 많지 않지만 Pangborn[6]은 양이온보다 음이온이 물맛에 더 큰 영향을 미치는데, taste intensity는 양이온의 경우는 Ca<Mg<Na 순으로 증가하고, 음이온의 경우는 SO_4^{2-}<HCO_3^-, Cl^-<CO_3^{2-}의 순으로 증가한다고 보고하였다. 그리고 hedonic test도 Ca<Mg<Na와, SO_4^{2-}<HCO_3^-<Cl^-<CO_3^{2-}의 순으로 증가하여 물맛이 나빠진다고 보고하였다. 물맛은 주관적으로 평가되지만 일본의 보건후생성에서는 경도가 10~100ppm, 전체 용존고체(TDS) 30~200ppm, 유리탄소 3~30ppm, 잔류염소 0.14ppm 이하, 온도 20℃ 이하, pH 6.0~7.5 등의 조건에서 좋다고 하고 이를 권장하고 있다.[8]

성인은 하루 약 2.5L의 물을 필요로 한다. 사람은 1일 필요한 물의 반 정도를 음용수에서 섭취하고 나머지는 음식물로 섭취하거나 세포호흡을 통한 생리학적 부산물로서 체내에서 자체 생산한다. 본 연구에서는 미네랄과 인체에 유익한 미량원소, 유해 원소에 대해 분석하고 인체가 하루에 필요로 하는 미네랄과 미량원소의 양을 토대로 하여 음용수로부터 흡수하는 양과 비율이 얼마나 되는가를 조사하였다. 미네랄과 미량원소의 1일 요구 허용량(RDA, Required Daily Allowance)[10]은 미국의 국립과학아카데미(NAS, National Academy of Science)값을 이용하였다. 그리고 심미적 항목으로서 음이온, 전체 용존고체, 경도, 알칼리도, pH를 분석하였다. 본 연구에서는 먹는 샘물 중의 미네랄과 미량원소, 그리고 심미적 항목을 분석하고 건강에 유익하고 맛있는 좋은 물의 관점에서 이들을 평가하고자 하였다.

2. 실 험

2.1. 시료의 보관 및 전처리

국내에서 시판되는 생수 14종과 국외에서 구입한 생수 12종을 분석하였다. 구입한 생수의 원산지는 *Table* 4와 같으며, 이 중 카나다산 3종(시료번호 15, 17, 18)은 빙하수이다. 무기원소 분석에서는 미량원소가 용기벽에 흡착되거나 침전이 형성되는 것을 막기 위해 HNO_3로 pH를 1로 맞추고 4℃에서 보관하였으며, 시료는 미국의 AWWA(American Water Works Association) Standard Method 3030에[11] 따라 전처리하였다. 심미적 요인의 항목과 음이온은 분석시료를 개봉한 후 즉시 측정하였다.

2.2. 표준용액 조제

무기원소의 표준용액은 Junsei Chemical Co. Ltd. (Tokyo, Japan)의 1000ppm 표준용액을 단계적으로 묽혀 사용하였다. 분석에 사용한 물은 1차 증류 후 이온교환수지와 활성탄을 반복 통과한 16 Mohm 이상의 탈이온수를 사용하였다. 음이온의 표준용액(SO_4^{2-}, F^-, Cl^-, PO_4^{3-}, NO_3^-)은 모두 분석급의 나트륨염(Sigma사제, St. Louis, USA)을 사용하여 1000ppm의 용액을 조제하고 물로 묽혀 만들었다.

2.3. 시료의 분석

무기원소의 분석에 사용한 유도결합플라스마 원자방출분광기는 Baird사제 model 2070(Bedford, USA)이며, 분광기의 제원과 작동조건은 *Table* 1과 같다. Na, K의 분석에 사용한 원자흡수분광광도계는 Varian사제 model SpectrAA 800(Harbor City, USA)이며, 이 기기의 작동조건은 *Table* 2와 같다. 음이온의 분석에 사용한 이온크로마토그래프는 Dionex사제 model 4000i(Sunnyvale, USA)이며, 작동조건은 *Table* 3과 같다.

그리고 pH와 염기도(alkalinity) 측정에 사용한 전압계는 Fisher Scientific사(Springfield, USA)의 model

Table 1. Specifications and operating conditions of ICP-AES

Parameter	Condition
Spectrometer	750mm focal length 1800 grooves/mm dispersion, 0.2nm/mm(second order)
R. F. generator	40.68MHz, 2.5kW maximum
R. F. power	850W
Nebulizer	Concentric
Gas flowrate	Carrier gas, 0.64L/min Coolant gas, 9L/min Auxiliary gas, 1L/min
Observation height	8mm above induction coil
Integaration time	0.2Sec.
PMT voltage	1kVolt

Accumet 10이며, pH와 염기도는 각각 미국의 AWWA의 Standard Method 4500-H[12]와 2320[13]에 따라 분석하였다. 전체 용존고체(TDS)의 측정은 HACH사제 model 44600 TDS meter를 사용하였으며, 1000ppm NaCl로 검량을 한 후, conductivity probe를 시료에 담그고 안정화시킨 후 측정하였다. 경도는 Ca와 Mg의 함량을 정량하고 $CaCO_3$로 환산하였다.

Table 2. *Operating conditions of atomic absorption* spectrometry

Parameter	Condition
Lamp current	5mA
Slit width	0.5mm(Na), 1.0mm(K)
Flame type	air-acetylene
Fuel flow rate	2.0L/min
Oxidant flow rate	13.5L/min
Burner height	13.5mm
Measuring time	1.0sec(K), 2.0sec(Na)

Table 3. Operating conditions of ion chromatography

Parameter	Condition
Column	AS-9SC
Eluent	1.8mM Na_2CO_3, 1.7mM $NaHCO_3$
Flow rate	1.0mL/min
Regenerant	0.0125M H_2SO_4
Detector	Conductivity detector

Table 4. Analytical results of the minerals in bottled waters

Sample number	Origin	Concentration (ppm)				
		Ca	Mg	Na	K	P
1	Kangwon, Injekun	7.4	2.4	9.2	3.2	<0.4
2	Kangwon, Hwengsungkun	17.3	2.6	11.7	0.6	<0.4
3	Kyungki, Yangjukun	15.0	1.8	9.8	2.2	<0.4
4	Choongnam, Kumsankun	15.5	1.1	11.6	1.2	<0.4
5	Choongnam, Yonkikun	3.9	2.3	10.2	0.9	<0.4
6	Choongnam, Chunankun	19.6	2.9	13.9	1.1	<0.4
7	Choongbuk, Kwesankun	25.1	2.3	3.6	1.5	<0.4
8	Choongbuk, Okchunkun	28.3	14.1	4.4	0.6	<0.4
9	Choongbuk, Chungwonkun 1	1.9	1.1	55.4	1.0	<0.4
10	Choongbuk, Chungwonkun 2	38.1	5.8	5.2	1.9	<0.4
11	Choongbuk, Chungwonkun 3	16.9	3.1	52.2	2.6	<0.4
12	Kyungbuk, Sangjukun	18.7	0.8	10.2	0.3	<0.4
13	Junnam, Jangsungkun	39.6	15.4	9.0	1.7	<0.4
14	Cheju, Namkun	5.2	6.3	8.7	2.9	<0.4
15	Canada 1	1.1	0.14	0.4	0.06	<0.4
16	Canada 2	44.0	16.3	6.3	2.54	<0.4
17	Canada 3	1.4	0.16	0.4	0.11	<0.4
18	Canada 4	1.4	0.19	0.6	0.10	<0.4
19	France	82.3	16.2	6.5	1.1	<0.4
20	U.S.A. 1	1.8	0.73	4.0	0.11	<0.4
21	U.S.A. 2	19.6	3.1	11.3	2.0	<0.4
22	U.S.A. 3	14.2	3.9	10.7	3.7	<0.4
23	U.S.A. 4	14.3	0.91	10.9	1.7	<0.4
24	U.S.A. 5	13.4	3.1	11.0	3.5	<0.4
25	U.S.A. 6	6.3	1.1	9.8	0.73	<0.4
26	U.S.A. 7	8.7	0.85	5.0	3.1	<0.4

3. 결과 및 고찰

3.1. 양이온의 분석결과

3.1.1. 미네랄

Ca, Mg, Na, K, P의 함량은 *Table* 4와 같다. 국내 14종의 물 중 각각 원소의 함량을 보면 Ca는 1~40ppm, Mg는 0.7~16ppm, Na는 4~55ppm, K는 0.3~4ppm, P는 0.4ppm 이하이다. 그리고 각각의 평균값은 Ca 18.0 ppm, Mg 4.4ppm, Na 15.3ppm, 그리고 K 1.6ppm이었다. 국내 물은 지역에 따라 미네랄량의 특징을 찾기가 어려웠으며, 같은 지역의 물도 취수원에 따라 큰 차이가 있었다. 청원군의 물 시료 3종 중 시료번호 9번은 Na가, 시료번호 10번은 Ca가, 그리고 시료번호 11번은 Na와 Ca가 많이 존재하고 있다. 분석 대상의 물 중에서 연기군의 물(시료번호 5)이 미네랄 함량이 가장 적고, 청원군의 물(시료번호 11)이 가장 많았다.

또한 외국산 12종의 물은 Ca가 1~83ppm, Mg가 0.1~17ppm, Na가 0.4~12ppm, K가 0.1~4ppm이며, 평균값도 Ca 17.3ppm, Mg 3.9ppm, Na 6.4ppm, K 1.6ppm, P는 0.4ppm 이하로서 Na를 제외하고는 국내 물과 큰 차이가 없다. 카나다산 중에서 3종(시료번호 15, 17, 18)은 미네랄의 함량이 극히 적어 전체 미네랄의 합이 2ppm 이하였다. 이들은 모두 빙하의 물을 녹인 물로서, 토양과 접촉치 않아 미네랄의 함량이 극히 낮은 것으로 사료된다. 또한 시료 중 미네랄의 함량이 가장 많은 물은 프랑스산(시료번호 19)으로서 전체 미네랄량이 100ppm을 상회하였다. 반면에 미국산 물은 국내 물과 큰 차이가 없었다.

미네랄의 성분 백분율을 Na+K, Ca, Mg로 표시한 *Fig.* 1을 보면 Ca이 주종인 물이 가장 많으며, Mg이 주종인 물은 하나도 없었다. 음용수 중에 미네랄 함량을 보면 Ca>Na>Mg>K의 순이다.

3.1.2 미량원소의 분석

Table 5에 인체에 필요한 미량원소의 함량을 분석한 결과를 수록하였다. 결과에서 보는 바와 같이 Zn은 3~90ppb 수준이었으나 연기군의 물(시료번호 5)은 540ppb로 매우 높았다. Mn은 연기군, 청원군의 물(시료번호 11)이 각각 104, 39ppb로 높으며, 그밖에는 모두 10ppb 이하였다. 그밖에 Fe는 모두 50ppb 이하, Cu는 26ppb 이하, Cr은 13ppb 이하로 극미량 존재하였다. 국내 물의 경우 연기군의 물이 미네랄 함량이 적은 반면에 미량원소의 함량이 가장 높았다. 인체의 유효원소들도 과량으로 섭취하면 인체에 해로워 최대 농도가 규제된다. 그러나 이들 원소의 농도는 모두 규제농도보다 낮았다(국내 허용기준 : Cu, Zn, Fe, Mn은 각각 1000, 1000, 300, 300ppb). 그리고 Mo와 Se는 검출되지 않았는데, ICP-AES법에서 이들의 검출한계는 각각 7, 65ppb이다.

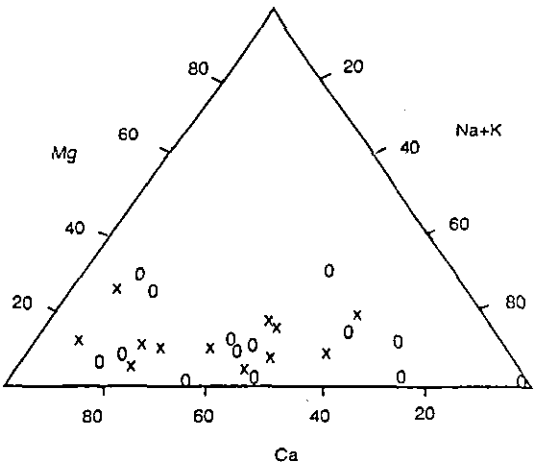

Fig. 1. Diagram of the percent of minerals ($Ca^{-}Mg^{-}Na^{+}K$) in domestic(○) and foreign(×) bottled waters.

Table 5에 유해원소의 함량을 수록하였다. As, Be, Cd, Hg, Sb, Pb, Ta, V의 원소는 ICP-AES로 검출되지 않아 검출한계 이하로 *Table* 5의 하단에 함량을 표기하였다. Pb는 42ppb 이하(허용기준 100ppb), Cd는 3ppb 이하(10ppb), Al은 5~78ppb(200ppb), As 10ppb 이하(50ppb)로 모두 허용기준치보다 농도가 낮았다. 6가 *Cr*의 허용기준은 50ppb이나 ICP법으로 분석한 전체 크롬은 13ppb 이하여서 규제치 보다 낮았다. 그리고 국내에서는 규제하지 않지만 미국 EPA에서 규제되고 있는 Ba는 180ppb(미국 EPA 허용기준 2000ppb), Be은 1ppb 이하(EPA 기준 4ppb)로 낮았다. 그리고 Hg, Sb, Ta는 함량이 낮아 검출되지 않았는데, ICP-AES법으로 분석할 경우 검출한계가 25, 32, 30ppb로서 규제농도(미국 EPA 허용기준 각각 2, 6, 2ppb)보다 높아 이를 만족시키기 위해서는 시료를 농축하거나 ICP-MS를 이용한 분석이 요구된다.

Table 5. Analytical results of essential and toxic trace elements

Sample number	Concentration(ppm)							
	Zn	Cr	Cu	Fe	Mn	Ba	Al	Sn
1	18	12	17	51	<4	8	7	31
2	7	11	8	33	5	5	21	26
3	12	13	8	41	5	4	16	20
4	7	11	6	34	6	<2	18	20
5	570	9	9	34	104	13	43	26
6	64	10	9	32	5	21	23	22
7	4	11	7	32	<4	<2	48	28
8	47	12	17	38	<4	35	34	38
9	11	12	8	32	5	2	<5	17
10	63	12	8	35	4	2	78	26
11	34	12	6	34	39	3	22	26
12	9	13	8	31	6	<2	30	27
13	88	10	10	33	<4	115	65	41
14	14	13	6	30	5	<2	<5	25
15	4	9	10	41	5	7	26	29
16	61	10	9	31	6	173	8	52
17	5	9	18	34	5	7	54	31
18	7	9	24	43	7	18	26	27
19	4	9	13	29	6	97	<5	54
20	3	11	12	28	5	6	<5	22
21	36	11	9	30	<4	17	28	35
22	6	10	19	30	5	32	14	30
23	4	10	12	29	6	16	14	32
24	4	9	17	33	5	42	22	32
25	3	10	26	28	6	9	<5	31
26	76	10	10	31	<4	33	6	32

Other analyzed elements : As(<10ppb), Be(<1ppb), Cd(<3ppb), Hg(<25ppb), Mo(<7ppb), Sb(<32ppb), Se(<75ppb), Ta(<30ppb), Pb(<42ppb), V(<6ppb).

3.1.3. 음용수에서 섭취하는 미네랄과 미량원소의 흡수량

인체에 필요한 미네랄과 미량원소를 음용수로부터 흡수하는 양을 조사하였다. 이를 위해 인체에 요구되는 하루 권장량은 미국의 국립과학아카데미의 하루 요구허용량을 기준하고[10], 음용수에 존재하는 원소의 양은 국내외 26종 음용수의 평균 농도를 기준하였다. 그리고 섭취하는 음용수는 2.5L로 기준하였다. 대상 원소는 인체에 필요로 하는 미네랄과 미량원소로 제한하였다.

한편, *Table* 6을 보면 Ca와 Mg은 필요량을 기준으로 할 때 물로부터 흡수하는 비율이 약 5.5%와 3.4%이고, Na는 0.8~2.5%로서, 이는 다른 원소에 비해 높은 편이다. 그러나 전반적으로 미네랄과 미량원소를 물로부터 흡수하는 양은 매우 적다. 우리가 하루에 필요로 하는 물은 2. 5L이나 실제로는 이의 절반 정도를 음용수로부터 섭취하기 때문에 물로부터 흡수하는 미네랄의 양은 Ca의 경우는 3% 이하, Mg는 2% 이하이며, 그밖에 미네랄과 미량원소는 모두 1% 이하라고 할 수 있다. 따라서 물로부터 흡수하는 미네랄의 양은 음식물

Table 6. Contribution of drinking water to minerals and trace elements nutrition for human

Element	RDA (mg)	Concentration (ppm)	Amount (mg)	Percent (%)
Ca	800	17.7	44.3	5.5
Mg	350	4.2	10.5	3.4
Na	1100~3300	11.2	28.0	0.8~2.5
K	1875~5600	1.6	4.0	0.07~0.2
P	800	<0.4	<1.0	<0.13
Fe	10	0.034	0.085	0.85
Zn	15	0.052	0.13	0.87
Cu	2~3	0.012	0.030	1.0~1.5
Mn	2.5~5	0.011	0.028	0.56~1.1
Cr	0.05~2	0.011	0.028	>1.4
Mo	0.15~0.5	<0.007	<0.018	negligible

RDA : Required Daily Allowance[10]

에서 흡수하는 양에 비하면 무시할 수 있다고 판단된다. 따라서 미네랄이 제거된 일부 정수기 물을 마시더라도 우리가 섭취하는 미네랄량은 큰 차이가 없다고 생각된다.

3.2. 심미적 항목의 분석결과

3.2.1. 음이온

음용수 중에 존재하는 음이온의 함량은 *Table 7*과 같다. 표에서 보는 바와 같이 음이온의 양은 Cl^-과 SO_4^{2-}가 각각 0.1~15ppm과 0.3~35ppm으로 비교적 많이 존재하고, NO_3^-와 F^-는 대부분 미량으로, 그리고 PO_4^{3-}는 거의 검출되지 않았다.

다양성 자산으로부터 생성되는 음이온은 pH에 따라 여러 형태로 존재한다. 인산염은 pH 7에서는 PO_4^{3-}로 거의 존재하지 않고 HPO_4^{2-}와 $H_2PO_4^-$가 거의 같은 양으로 존재한다. 따라서 인산의 염 중에서 PO_4^{3-}로 존재하는 양이 극히 적다고 판단할 수도 있으나 ICP-AES로 분석한 전체 인의 양도 0.4ppm 이하로 극히 적었다.

외국의 물 중 미네랄 함량이 극히 낮았던 빙하수는 전체 음이온 함량도 2ppm 이하로 역시 낮았으며, 국내 물 중 양이온 Ca와 Mg의 합이 가장 큰 장성군의 물(시료번호 13)이 염소이온과 황산이온의 합이 가장 컸다. 물 중의 음이온의 양을 보면 HCO_3^-의 함량이 가장 크고(2.2의 알칼리도 참조) 대개의 경우 Cl^-, SO_4^{2-}> NO_3^->F^->PO_4^{3-} 순으로 존재한다. 음이온의 규제농도는 질산이온 10ppm, 불소이온 2ppm, 황산이온 200ppm, 염소이온 150ppm인데, 이들은 모두 규제 농도 이하로 존재하였다.

물맛은 양이온과 음이온에 영향을 받지만 음이온이 더 큰 영향을 준다. Pangborn 등[6]은 물 중에 화학성분을 750ppm 가했을 때 물맛에 미치는 영향을 조사하였는데, $CaSO_4$와 $MgSO_4$는 특정한 맛이 없으며, $CaCl_2$와 $MgCl_2$는 쓴맛, NaCl과 Na_2SO_4는 짠맛, Na_2CO_3는 쓴맛과 짠맛, 그리고 $NaHCO_3$는 단맛이 크다고 보고하였다. 또한 맛의 강도는 양이온의 경우 Na>Mg>Ca 순으로 감소하고, 음이온의 경우는 CO_3^{2-}>Cl^-> HCO_3^->SO_4^{2-} 순으로 감소한다고 보고하였다. 따라서 물맛은 Ca와 SO_4^{2-}가 주종인 물이 좋고 Na, Mg, CO_3^{2-}, Cl^-가 많아질수록 맛의 강도가 증가하여 물맛은 나빠진다. 본 연구에서 대상으로 한 물 중에서 약 1/4 정도만이(시료번호 3, 8, 13, 16, 19, 23) Ca와 SO_4^{2-}가 주종인 물이었다.

3.2.2. pH

pH의 측정 결과를 *Table 8*에 수록하였다. 국내외 물의 pH는 5.1~8.4로서, 2종의 카나다산(시료번호 15, 17)을 제외하고는 모두 음용수 수질기준인 5.7~8.5에 들었다. 이들은 모두 빙하수로서 양이온과 음이온의

Table 7. Analytical results of anoins in bottled waters

Sample number	Concentration(ppm)				
	F^-	Cl^-	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}
1	0.07	2.9	1.9	ND	4.7
2	0.46	2.8	4.5	ND	7.0
3	0.17	5.2	7.1	ND	11.2
4	0.85	1.8	2.0	ND	4.7
5	0.34	1.9	2.3	0.65	ND
6	0.19	3.6	3.8	ND	4.8
7	0.17	3.0	5.7	ND	5.6
8	0.49	1.9	1.7	ND	31.4
9	0.83	9.8	5.1	ND	4.8
10	1.06	14.6	8.6	ND	12.7
11	0.92	17.7	3.6	ND	4.8
12	0.77	3.2	4.4	ND	7.1
13	0.62	11.7	0.32	ND	34.9
14	0.06	6.8	2.9	ND	1.5
15	ND	0.48	0.82	ND	0.34
16	0.18	1.78	0.24	ND	15.1
17	ND	0.10	0.49	ND	0.68
18	ND	0.27	0.38	ND	1.4
19	ND	6.5	2.8	ND	12.1
20	ND	3.4	0.07	ND	3.5
21	ND	1.7	0.4	ND	0.2
22	ND	7.0	2.6	ND	8.2
23	0.73	2.1	0.64	ND	14.4
24	ND	7.5	2.1	ND	7.8
25	ND	7.7	5.1	ND	3.3
26	ND	11.7	1.5	ND	0.68

ND : F^-(<0.04ppm), PO_4^{3-}(<0.05ppm)

양이 극히 적은 물이며, 또한 빙하수인 시료번호 18도 pH가 5.86으로 극히 적었다.

미국의 EPA와 WHO에서는 규제하는 pH 범위는 6.5~8.5와 6.5~8.0인데, 이 범위를 벗어난 물은 빙하수를 제외하면 시료번호 5번 하나였다. 그러나 맛있는 물의 조건인[8] pH 6~7.5를 벗어난 물은 상당히 많았다.

3.2.3. 염기도

HCO_3^-는 염기도의 주된 요인이 되는데, 이것은 공기 중의 CO_2와 흙 속의 염기성 물질이 CO_2와 작용하여 HCO_3^-와 CO_3^{2-}를 만들기 때문이다. 일반적으로 pH가 9.5 이상에서는 CO_3^{2-}로, 8.3 이하에서는 HCO_3^-로, 그리고 그 사이의 pH에서는 HCO_3^-와 CO_3^{2-}가 함께 존재한다.

실제로 음용수는 위에서 본 바와 같이 pH<8.3의 경우가 대부분이므로 알칼리도는 주로 HCO_3^- 농도로 생각할 수 있다. 염기도는 국내외에서 규제되고 있지 않지만, EC에서는 30mg $CaCO_3$/L 이상을 권장하고 있다. *Table* 8에서 국내 샘물의 염기도는 44~185mg $CaCO_3$/L였다. 외국의 샘물에서는 프랑스산의 물이 286mg $CaCO_3$/L로, 염기도가 비교적 크며, 빙하수의 경우는 염기도가 10mg $CaCO_3$/L 이하이다.

Table 8. Analytical results of the items to affect the taste of water.

Sample number	pH	Alkalinity	TDS	Hardness
1	7.67	44.1	47.8	28.3
2	7.73	90.8	90.1	53.9
3	6.94	57.8	74.1	44.9
4	8.41	78.7	74.7	43.2
5	5.83	52.7	44.7	19.3
6	7.45	91.7	87.0	60.9
7	7.87	91.3	87.9	72.1
8	7.98	132.3	140.6	128.7
9	7.27	151.2	157.6	9.3
10	7.58	148.1	179.8	119.0
11	6.83	151.2	179.6	55.0
12	7.95	81.1	78.6	50.2
13	8.01	184.4	186.5	162.3
14	7.80	66.1	66.7	38.9
15	5.63	50.4	2.7	3.2
16	7.97	283.5	197	108.0
17	5.13	6.3	5.0	4.2
18	5.83	6.3	5.1	4.2
19	7.46	384.3	286	272.1
20	7.44	12.6	18.8	7.6
21	7.16	100.8	94.3	61.7
22	7.24	88.2	88.9	51.7
23	7.89	75.6	78.9	39.4
24	7.70	113.4	82.1	46.4
25	7.26	31.5	47.8	20.0
26	7.71	53.5	49.8	25.1

TDS(ppm), Hardness(mg $CaCO_3$/L), Alkalinity(mg $CaCO_3$/L)

3.2.4 전체 용존고체(TDS)와 경도

전체 용존고체는 물 속에 용해되어 있는 고형물의 양으로서, 그 양이 너무 크면 물맛에 영향을 미쳐 500ppm 이하로 규제되고 있으며, 반면에 일본에서는 맛있는 물의 조건으로 30~200ppm을 권장한다.[8] 그리고 미국의 캘리포니아 미네랄맛 연구(The California Mineral Taste Study, CMTS)에서는[9] 물맛과 전체 용존고체와의 관계를 조사하였는데, 80ppm 이하인 경우는 물맛이 극히 좋고, 81~450ppm에서는 좋음, 451~760ppm은 보통, 760~1020ppm은 나쁨, 그리고 1020ppm 이상은 마시기 역겹다고 보고하였다.

국내 물의 경우 청원군(시료번호 9, 10, 11)과 장성군(시료번호 13)의 물이 모두150ppm 이상으로 높은데, 이는 양이온과 음이온이 많이 용해되어 있기 때문이다. 그리고 국내 물은 절반 정도가 80ppm 이하이며 외국 물 중 무기이온들이 많이 존재하는 프랑스의 물이 286ppm으로 가장 높으나 CMTS에서 물맛이 좋다고 보고된 450ppm보다는 낮았다. 반면에 빙하수들은 TDS가 20ppm 이하로 극히 낮았다.

전체 용존 고체가 물 속에 용해된 전체 고형물인데 반해, 경도는 이 중에서 미네랄 성분인 Ca와 Mg의 양을 $CaCO_3$로 환산한 양이다. 경도는 너무 크면 물맛에 영향을 주고 설사를 유발하기 때문에 300ppm 이하로 규제하고 있으며, 일본에서는 맛있는 물의 조건으로

10~100ppm을 권장한다.

국내 물에서는 대부분 경도가 100ppm 이하였으나 옥천군(시료번호 8), 청원군(시료번호 10), 장성군(시료번호 13)의 물이 100ppm 이상으로 경도가 비교적 높았다. 외국 물에서는 프랑스(시료번호 19)와 카나다산(시료번호 16)의 물이 경도가 272와 108ppm으로 크며, 그밖에 물은 맛있는 물의 조건인 100ppm 이하였다. 반면에 3종의 빙하수의 경도는 모두 10ppm 이하로 극히 낮았다.

4. 결 론

본 연구에서는 먹는 샘물 중의 23종의 양이온, 5종의 음이온, 알칼리도, pH, 전체 용존고체, 경도를 분석하고 이를 건강과 맛의 측면에서 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

미네랄의 함량은 Ca>Mg>Na>K 순이며, 음용수에서 섭취하는 미네랄의 비율은 인체가 하루에 필요로 하는 양을 기준하면 Ca와 Mg가 각각 5.5, 3.4% 이하이며, 그밖의 미네랄과 미량원소는 1% 이하로 낮다.

음이온의 함량은 HCO_3^->Cl^-, SO_4^{2-}>NO_3^->F^->PO_4^{3-} 순으로 존재한다. 물맛의 강도가 작은 Ca와 SO_4^{2-}가 주종인 물은 실험대상의 물 중 1/3 정도였다. HCO_3^-의 함량을 나타내는 알칼리도는 빙하수는 5ppm 이하, 프랑스산은 384ppm이며, 그밖의 물은 44~185ppm이었다.

pH는 5.1~8.4로서 빙하수를 제외하고는 모두 국내 먹는 샘물 허용기준에 들었으나, 맛있는 물의 조건인 6~7.5를 벗어난 물은 상당히 많았다. 그리고 전체 용존고체는 대부분 일본에서 권장하는 맛있는 물의 조건(30~200ppm)에 드는 반면에 CMTS에서 물맛이 매우 좋다고 보고된 80ppm 이하의 조건에 벗어나는 물은 상당히 많았다. 경도는 분석 대상 시료 중 9종의 물이 맛있는 물의 조건인 10~100ppm의 범위를 벗어났다.

감사의 글

본 연구는 1996년도 교육부 기초과학연구소 학술연구조성비(BSRI-96-3439)로 이루어졌으며, 이에 대해 감사드린다.

참고문헌

1. Safe Drinking Water Committee, Drinking Water and Health, Vol. 1, National Academy Press, Washington D. C.(1977), p. 9.
2. H. S. Shin, *Anal. Sci. Tech.*, **9**, 3A(1996).
3. N. F. Gray, Drinking Water Quality-Problems and Solutions, John Wiley & Sons, N. Y. 1994, p. 277.
4. S. S. Hendler eds, The Doctors' Vitamin and Mineral Encyclopedia, Simon and Schuster, N. Y. 1990, p. 112.
5. W. H. Brubold, *J. Appl. Psycology*, **52**, 3, 245(1968).
6. R. M. Pangborn, I. M. Trabue and R. E. Badwin, *J. AWWA*, **74**, 573(1970).
7. R. M. Pangborn and L. L. Bertolero, *J. AWWA.*, **64**, 511(Aug, 1976).
8. Ministry of Health and Welfare, Water, Japan, 1993/94, Japan's Water Works Yearbook.
9. W. H. Brubold, and J. I. Daniels, *J. AWWA*, **82**, 59 (1990).
10. Safe Drinking Water Committee, Drinking Water and Health, Vol. 3, National Academy Press, Washington D. C.(1980), p. 373.
11. A. E. Greenberg, L. S. Clesceri and A. D. Eaton Eds. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 18th ed. APHA-AWWA-WEF Washington D. C. (1992), p. 3-3.
12. A. E. Greenberg, L. S. Clesceri and A. D. Eaton Eds. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 18th ed. APHA-AWWA-WEF Washington D. C.(1992), p. 4-65.
13. A. E. Greenberg, L. S. Clesceri and A. D. Eaton Eds. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 18th ed. APHA-AWWA-WEF Washington D. C.(1992), p. 2-25.