

## 청송약수의 탄산과 유해 가능성 물질 존재에 관한 연구

†이 성 호

계명문화대학교 식품영양조리학부 교수

### A Study of the Presence of Carbonic Acid and Other Potentially Hazardous Substances in Cheongsong Mineral Water

†Sung-Ho Lee

Professor, Dept. of Food Nutrition and Cookery, Keimyung College University, Daegu 42601, Korea

#### Abstract

The purpose of this study is to measure the levels of eluted and dissolved CO<sub>2</sub>, and CO, volatile organic substances and radiation composition of Cheongsong mineral water which were collected from November 2019 to July 2020 during the autumn, spring, and summer seasons at collection points located in the upper, middle and lower spring waters. Data of the upper, middle and lower spring waters include the following: the amount of eluted water (average value±standard deviation, mL/min) was 30.07±0.52, 15.03±0.16, 23.73±0.42, and the amount of CO<sub>2</sub> gas was 1,000 ppm or more. In addition, there was no detection of CO or total volatile organic substances (TVOC) and the radiation dose was 0.08 to 0.13. µSv/h. A blank test value of 0.08 to 0.10 µSv/h, when compared with the median value, showed a high value of 0.02 µSv/h, and the uranium test results provided by the Cheongsong-gun Office were 0.0118 mg/L (date 2019.06.18) and 0.0091 mg/L (date 2020.06.04.) respectively, which was less than the permission limit of 0.03 mg/L. However, it is believed that further research using more precise devices is needed in order to guarantee the safety and health of the water.

Key words: mineral water, Cheongsong, carbon dioxide, hazardous substance

#### 서 론

물은 인간을 비롯한 모든 생물체의 주요 구성성분이다. 성인 체중의 약 60%를 차지하며, 체내 수분의 약 20%를 잃게 되면 생명이 위태로운 상태에 이를 수 있는 등 생명유지에 필수적인 물질이다(Lee YS 1999).

먹는물이라 함은 먹는물관리법에서 먹는데 통상 사용하는 자연상태의 물과 자연상태의 물을 먹는데 적합하게 처리한 수돗물, 먹는 샘물 등으로 규정하고 있다. 광천수(약수라 칭함)는 바위틈이나 땅속으로 스며든 빗물에 각종의 광물질이 용해되어 있는 암반대 수층의 지하수 또는 용천수로서 먹는물관리법에서는 샘물로 규정되어 있다. 이에는 미네랄 등 성분이 적당량 함유되어 있어 특이한 물맛을 갖는다(Kim

HG 1981).

미네랄은 비타민과 더불어 생명유지와 건강을 위해 필수 영양소로서 모든 생물의 발육생존에 필요 불가결한 것이다(Song 등 2019). 미네랄은 인체 구성성분의 존재비에 따라 다량원소, 소량원소, 미량원소, 초미량원소로 분류할 수 있으며(Ziba HY 1995; Lee YS 1999). 다량원소로는 Ca, 소량원소로는 Na, K, Mg 미량원소로는 Fe, Zn, Cu 초미량원소로는 Al, Mn 등이 있다.

우리들이 먹는 물을 포함한 음식물에 대한 안전성은 매우 중요하다. 2013년 일본 원전의 방사능 오염수 유출 사고 이후 방사능 관련 안전정보의 수산물 소비 영향에 관한 연구에 따르면, 원전 방사능 오염수 유출 사고 이후 응답자의 81.0%가 수산물 소비를 줄였고, 현재까지도 상당수의 응답자가

† Corresponding author: Sung-Ho Lee, Professor, Dept. of Food Nutrition and Cookery, Keimyung College University, Daegu 42601, Korea. Tel: +82-53-589-7824, Fax: +82-53-589-7821, E-mail: sh1315@kmcu.ac.kr

국산 수산물과 일본산을 포함한 모든 수입산 수산물에 대한 소비를 기피하는 것으로 나타났다(Kang JH 2015). 또한 자연 방사성 물질인 라돈-222와 우라늄의 농도에 대한 용인지역 지하수 연구에서 우라늄과 라돈-222의 함량이 미국 EPA 권고치를 초과하였음을 보고한 바가 있다(Jeong 등 2016).

지금까지 약수에 대한 연구는 단일시점 또는 단기간 동안의 취수로부터 위생학적 측면과 건강에 도움이 되는 자료를 고찰한 내용들이 대부분이다(Lee SH 2000a; 2000b; 2012; 2013). 점차 방사성 물질에 대한 관심이 높아지고 있으므로 방사선량을 포함하여 기존 연구된 자료가 거의 없는 현장에서 용출량과, 탄산의 양, 총휘발성유기물질량 등의 자료를 얻어 약수 전반에 대하여 살펴보고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사내용

조사대상인 약수는 행정구역으로 경상북도 청송군 청송읍 부곡리에 있는 달기약수이다. 청송읍에서 동북쪽으로 약 3 km 떨어진 곳으로 달기동이라 부르던 옛 명칭이 그대로 내려와 달기약수로 불리고 있으며, 상탕, 중탕, 하탕 등 여러 곳에서 약수가 나오고 있다. 지형적으로 상류에서 하류에 걸쳐 있는 상탕, 중탕, 하탕 세 곳에서 2019년 11월부터 2020년 7월까지 가을, 봄, 여름 계절별로 조사하였다.

### 2. 분석항목 및 분석방법

분석항목으로 약수의 용출량, 약수정의 바로 위에서 용출 약수로부터 분출되는 CO<sub>2</sub> 농도, 휘발성 유기물질량(VOC, volatile organic compound) 그리고 방사선량의 자료를 약수가 용출되어 나오는 현장에서 다음과 같이 얻었다.

#### 1) 용출수량

일정 시간 동안에 용출되는 용출수량(mL/min)을 다음과 같이 3회 이상 반복실험으로 구하였다. 용출수를 3,000 mL 메스실린더에 취하고서 용출시간은 초시계로써 구하여 분당 용출수량을 구하였다.

#### 2) 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)량

각 탕의 용출 약수정 바로 위에서 공기 중으로 빠져나온 CO<sub>2</sub> 가스량을 Fig. 1의 Intelligent Gas Detector(model SKT-9300, Test Auction Co., Jinjiang Garden, China)로써 3회 이상 반복실험으로 구하였다. 측정기기의 예열과 영점조정 등 과정을 거친 후에 흡입펌프로써 공기를 흡입하는 방식인 자동흡입식으로 공기를 취한다. 그리고 흡입된 공기 속에 존재하는 CO<sub>2</sub> 가스량을 검지센서로써 측정된 값을 나타낸다.



Fig. 1. Carbon dioxide gas detector.

### 3) 일산화탄소(CO)량

각 탕의 용출 약수정 바로 위에서 공기 중으로 빠져나온 CO 가스량을 Fig. 2의 Carbon Monoxide Meter(model AS8 700A, DongGuan WanChuang Electronic Products Co., LTD, GuangDong, China)로써 3회 이상 반복실험으로 구하였다.

### 4) 총휘발성유기물질량(TVOC, total volatile organic compound)

각 탕의 용출 약수정 바로 위에서 공기 중으로 빠져나온 총휘발성유기물질량을 알데하이드(HCHO) 값으로 3회 이상 반복실험으로 구하였다. 실험에 이용한 측정기는 Fig. 3의 Multifunction Air Detector(model WP6910, Vson Technology Co. Ltd., Guangdong, China)이다.

### 5) 방사선량

각 탕의 용출 약수정 바로 위에서 공기 중으로 빠져나온 방사선량은 라돈은 물론 요오드, 우라늄, 스트론튬, 세슘 등에서 나오는 모든 방사능을 측정할 수 있다는 Fig. 4의 BLIT Personal Dosimeters(model FS9000, Shandong, China)로써 3회 이상 반복실험으로 구하였다. 이 값들과 비교를 위한 방사능



Fig. 2. Carbon monoxide gas detector.



Fig. 3. Multifunction air detector.



Fig. 4. Personal dosimeters.

공시험(blank test) 값은 대구의 달서구와 수성구에서 얻은 0.08~0.10 μSv/h 값을 사용하였다.

3. 통계처리

방법으로는 MS Office Excel Spreadsheet Program을 이용하여 자료를 처리하였다.

결과 및 고찰

약수가 용출되면서 사라지는 성분은 용출되어 나오는 현장에서 실험을 해야만 한다. 지금까지 현장에서 즉시 구하여야 하는 성분에 대한 자료는 거의 없는 실정이다. 그러므로 본 연구에서 얻은 용출수량, 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)량, 일산화탄소(CO)량, 총휘발성유기물질량(TVOC), 방사선량의 자료는 유용할 것으로 생각되며 결과는 다음과 같다.

1. 용출수량(quantity of mineral water)

상탕, 중탕, 하탕의 용출된 약수정 위에서 측정된 각 탕별 용출수량은 Table 1~Table 3에서와 같다. 평균값±표준편차의 값으로 상탕은 30.07±0.52 mL/min, 중탕은 15.03±0.16 mL/min, 하탕은 23.73±0.42 mL/min였다. 용출수량이 가장 적은 중탕을 기준으로 하탕은 1.6배, 상탕은 2.0배에 해당됨을 알 수 있다. 용출수량에 대한 자료는 거의 없는 편이므로 유용한 자료로 생각된다.

2. 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)량

상탕, 중탕, 하탕의 용출된 약수정 위에서 공기 중으로 분출된 CO<sub>2</sub> 가스량을 측정된 값은 Table 1~Table 3에서와 같이 1,000 ppm 이상의 값을 보였다. 약수는 탄산과 Ca, Mg 등을 다량 포함하고 있는 상태이다. pH 변화에 따른 탄산의 일반적인 존재 상태로서 pH가 9.5 이상에서는 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>로, 8.3 이하에서는 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>로, 그리고 그 사이 값에서는 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>와 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>가 함께 존재한다고 알려져 있다(Hokkaido Branch of the Japanese Society for Analytical Chemistry 1981). 약수의 pH 값은 8.3 이하를 나타내므로 대부분 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>로 존재하는 것으로 판단된다. 약수로부터 CO<sub>2</sub> 가스가 상당량 분출되는 것은 기포의 발생을 육안으로나 측정값으로부터 확인할 수 있으나, 밀폐된 공간이 아니어서 정확한 측정값은 구할 수 없으나 실내공기 질 유지기준인 1,000 ppm 이상임을 알았다.

Table 1. Data of carbon dioxide and potentially hazardous substances in Cheongsong Dalgi upper spring

No.	Spring Unit	CO <sub>2</sub> ppm	CO ppm	TVOC mg/m <sup>3</sup>	Yield of well mL/s	Radioactivity* μSv/h	Date of sampling y-m-d
1	Dalgi upper spring	1,000<	N.D	N.D	29.90	0.08~0.13	2019-11-19
2	Dalgi upper spring	1,000<	N.D	N.D	30.11	0.08~0.13	2020-04-11
3	Dalgi upper spring	1,000<	N.D	N.D	30.30	0.08~0.13	2020-07-10
	Mean	1,000<	N.D	N.D	30.10	0.08~0.13	
	Standard deviation	0	0	0	0.20	0	

\*Blank test value of radioactivity are 0.08~0.10 μSv/h. N.D means not detected.

**Table 2. Data of carbon dioxide and potentially hazardous substances in Cheongsong Dalgi middle spring**

No.	Spring Unit	CO <sub>2</sub> ppm	CO ppm	TVOC mg/m <sup>3</sup>	Yield of well mL/s	Radioactivity* μSv/h	Date of sampling y-m-d
1	Dalgi middle spring	1,000<	N.D	N.D	15.05	0.08~0.13	2019-11-19
2	Dalgi middle spring	1,000<	N.D	N.D	15.03	0.08~0.13	2020-04-11
3	Dalgi middle spring	1,000<	N.D	N.D	15.00	0.08~0.13	2020-07-10
	Mean	1,000<	N.D	N.D	15.03	0.08~0.13	
	Standard deviation	0	0	0	0.03	0	

\*Blank test value of radioactivity are 0.08~0.10 μSv/h.

N.D means not detected.

**Table 3. Data of carbon dioxide and potentially hazardous substances in Cheongsong Dalgi bottom spring**

No.	Spring Unit	CO <sub>2</sub> ppm	CO ppm	TVOC mg/m <sup>3</sup>	Yield of well mL/s	Radioactivity* μSv/h	Date of sampling y-m-d
1	Dalgi bottom spring	1,000<	N.D	N.D	23.82	0.08~0.13	2019-11-19
2	Dalgi bottom spring	1,000<	N.D	N.D	23.75	0.08~0.13	2020-04-11
3	Dalgi bottom spring	1,000<	N.D	N.D	23.62	0.08~0.13	2020-07-10
	Mean	1,000<	N.D	N.D	23.73	0.08~0.13	
	Standard deviation	0	0	0	0.10	0	

\*Blank test value of radioactivity are 0.08~0.10 μSv/h.

N.D means not detected.

### 3. 일산화탄소(CO)량

상탕, 중탕, 하탕의 용출된 약수정 위에서 공기 중으로 분출된 CO 가스량을 측정된 값은 Table 1~Table 3에서와 같이 검출되지 않았다.

### 4. 총휘발성유기물질량(TVOC, total volatile organic compound)

상탕, 중탕, 하탕의 용출된 약수정 위에서 공기 중으로 분출된 총휘발성유기물질량(TVOC)량은 Table 1~Table 3에서와 같이 검출되지 않았다.

### 5. 방사선량

상탕, 중탕, 하탕의 용출된 약수정 위에서 측정된 각 탕별 방사선량의 값은 Table 1~Table 3에서와 같이 0.08~0.13 μSv/h이다. blank test 값은 0.08~0.10 μSv/h이다.

측정값이 blank test 값과 동일한 값을 보이는 경우도 있으므로 방사선이 검출되지 않았다고 여길 수 있겠으나, 중앙값으로 비교하면 0.02 μSv/h이 높은 값을 보였다. 더욱 정확한 값을 얻기 위해서는 더욱 정밀한 기기를 이용하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

방사성물질인 우라늄의 양을 1년 주기로 측정된 자료값을

청송군청으로부터 제공 받았다. 달기약수탕에 대한 우라늄 검사결과 값은 0.0118 mg/L(검사일 2019.06.18)과 0.0091 mg/L(검사일 2020.06.04.)으로 허용기준 0.03 mg/L 이하임을 알 수 있었다.

방사성 물질에 대한 관심이 높아짐으로 인하여 환경부에서는 우라늄을 추가한 ‘먹는물 수질기준 및 감시 등에 관한 규칙’ 개정안을 2015년 5월 입법 예고하였다. 우라늄 수질기준 적용대상은 지하수를 원수로 사용하고 있는 먹는샘물, 샘물, 먹는염지하수, 먹는물 공동시설의 우라늄 수질기준은 세계보건기구(WHO) 권고치 및 미국의 수질기준 등과 같은 30 μg/L로 결정되어있다. 국내의 자연방사성물질 정밀실태조사 결과에 의하면 지하수를 원수로 사용하고 있는 시설, 즉 마을상수도, 간이급수시설, 민방위비상용급수시설 등에서 미국 EPA(Environmental Protection Agency)에서 권고하고 있는 라돈 4,000 pCi/L(148 Bq/L)와 우라늄 0.03 mg/L 농도를 초과하는 시설이 다수 존재하는 것으로 보고된 바 있다(Jeong 등 2016).

## 요약 및 결론

약수 성분에 관한 연구는 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 약수가 용출되면서 사라지는 성분과 그렇지 않은 성분이다.

사라지는 성분은 약수가 용출되어 나오는 현장에서 실험을 해야만 한다. 지금까지 실험실에서 가능한 미네랄 등에 관한 연구는 많은 편이나, 현장에서 즉시 구하여야 하는 성분에 대한 자료는 매우 부족한 편이다. 청송약수에 대한 기존의 연구를 바탕으로 현장에서 다음과 같이 실험을 하였다. 2019년 11월부터 2020년 7월까지 가을, 봄, 여름의 계절별로 상탕, 중탕, 하탕 3곳을 대상으로 용출량, 용출된 CO<sub>2</sub>량, CO<sub>2</sub>량, 총휘발성유기물질량(TVOC, total volatile organic compound)과 방사선량에 대한 자료를 얻었으며, 상탕, 중탕, 하탕별 각각의 결과는 다음과 같다. 용출수량(평균값±표준편차, mL/min)은 30.07±0.52, 15.03±0.16, 23.73±0.42이었다. 각 탕의 용출 약수에 포함된 CO<sub>2</sub> 가스량은 Intelligent Gas Detector(model SKT-9300, Test Auction Co. Jinjiang Garden, China)로 측정하였다. 용천 약수로부터 1,000 ppm 이상의 CO<sub>2</sub> 가스가 분출되는 것을 확인할 수 있었으나, 밀폐된 공간이 아니어서 정확한 측정값은 구할 수 없었다. CO와 총휘발성유기물질량(TVOC)은 검출되지 않았다. 방사선량 측정은 라돈은 물론 요오드, 우라늄, 스트론튬, 세슘 등에서 나오는 모든 방사능을 측정할 수 있다고 표기되어 있는 BLIT Personal Dosimeters(model FS9000, Shandong, China)를 이용하였으며, 각 탕별 방사선량의 값은 0.08~0.13 µSv/h이었다. 공시험(blank test) 값은 현장과 멀리 떨어진 대구 달서구와 수성구에서 얻은 값인 0.08~0.10 µSv/h 값을 이용할 때에 각 약수탕별 측정값이 blank test 값과 동일한 값을 보이는 경우도 있으므로 방사선이 검출되지 않았다고 여길 수 있겠으나, 중앙값으로 비교하면 0.02 µSv/h이 높은 값을 보였다. 청송군청으로부터 받은 달기약수 탕에 대한 우라늄 검사결과 값은 0.0118 mg/L(검사일 2019.06.18)과 0.0091 mg/L(검사일 2020.06.04.)으로 허용기준 0.03 mg/L 이하임을 알 수 있었다. 그러나 건강과 관련한 안전을 위한 노력을 위해서 더욱 정밀한 기기를 이용하는 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

## 감사의 글

이 논문은 2020년 추계 식품영양학회 포스터로 발표된 청송약수의 탄산과 유해 가능성 물질 존재에 관한 연구와 청송

군청이 제공한 달기약수의 우라늄 함량자료를 토대로 작성하였으며, 계명문화대학교의 2019년 연구지원비에 의하여 수행한 결과로서 연구지원에 감사드립니다.

## References

- Hokkaido Branch of the Japanese Society for Analytical Chemistry. 1981. Water Analysis. pp.183-188. Japanese Society for Analytical Chemistry Press
- Jeong CH, Yang JH, Lee YC, Lee YJ, Cho HY, Kim MS, Kim HK, Kim TS, Jo UK. 2016. Occurrence characteristics of uranium and Radon-222 in groundwater at ○○ village, Yongin area. *J Eng Geol* 26:261-276
- Kang JH. 2015. A study on the consumption of fishery products in relation with radioactivity-related safety information. *J Fish Bus Adm* 46:145-155
- Kim HG. 1981. Review on mineral water of Chojeong, Chungbuk province. *Food Sci Ind* 14:44-47
- Lee SH. 2000a. Study on the characteristics of Dalgi mineral water in Cheongsong. *J Korean Chem Soc* 44:220-228
- Lee SH. 2000b. Study on the characteristics of Sinchon mineral water in Cheongsong. *J Korean Chem Soc* 44:380-386
- Lee SH. 2012. A basic study on noodle making and cooking with Cheong-song mineral water. *Korean J Food Nutr* 25: 820-826
- Lee SH. 2013. Quality characteristics of omija (*Schizandra chinensis*) extracts with various water types. *Korean J Food Nutr* 26:706-712
- Lee YS. 1999. Advanced Nutrition. pp.223-224. Kwangmoongak
- Song HN, Kim HK, Park BH, Park YH, Lee SH, Choi BB. 2019. Food Chemistry. pp.172-179. Changjisa
- Ziba HY. 1995. Ingestion and health of trace elements. *Chemistry and Biology*. 33:370-375

Received 26 December, 2020

Revised 13 January, 2021

Accepted 20 January, 2021