



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

# 우리나라 주요 약수의 물맛 평가 및 지표연구

Study on the Water Tasting Assessment  
and their Indicators of Major Mineral  
Waters in Korea

2016년 8월

부산대학교 대학원

바이오환경에너지학과

구 희 수



공학석사 학위논문

# 우리나라 주요 약수의 물맛 평가 및 지표연구

Study on the Water Tasting Assessment  
and their Indicators of Major Mineral  
Waters in Korea

지도교수 이 병 인

2016년 8월

부산대학교 대학원

바이오환경에너지학과

구 희 수

# 구희수의 공학석사 학위 논문을 인준함

2016년 6월 30일

위원장 홍성철 인

위 원 장성호 인

위 원 이병인 인

# 목 차

I. 서론 .....	1
II. 재료 및 방법 .....	4
1. 재료의 선정 .....	4
2. 물맛평가지표 개발 및 활용방안 .....	8
3. 분석항목 및 분석방법 .....	10
III. 종합평가 및 고찰 .....	12
1. 심미적 영향물질 분석결과 .....	12
1) 수소이온 농도(pH) .....	13
2) 용존산소(DO) .....	13
3) 전기전도도(Conductivity) .....	14
4) 물의 온도(Temperature) .....	14
5) 경도(Hardness) .....	15
6) 과망간산칼륨 소비량(Consumption of $\text{KMnO}_4$ ) .....	16
7) 총고형물(TS) .....	16
2. 미네랄 및 음이온 성분 분석결과 .....	20
1) 나트륨(Na) .....	25
2) 칼슘(Ca) .....	25

3) 마그네슘(Mg) .....	26
4) 칼륨(K) .....	26
5) 이산화규소(SiO <sub>2</sub> ) .....	27
6) 아연(Zn) .....	27
7) 염소이온(Cl <sup>-</sup> ) .....	28
8) 철(Fe) .....	28
9) 황산이온(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) .....	29
10) 알루미늄(Al) .....	29
3. 맛있고 건강한 물 지표에 따른 물의 특성 분석결과 .....	30
1) 맛있는 물 지표에 대한 분석결과 및 고찰 .....	33
2) 건강한 물 지표에 대한 분석결과 및 고찰 .....	37
3) 맛있고 건강한 물 지표에 대한 분석결과 및 고찰 .....	41
4) 주요 약수의 물 지표에 대한 종합 분석 및 고찰 .....	41
4. 물맛평가 비교분석 .....	43
IV. 결론 .....	47
References .....	50
Abstract .....	53

## List of Tables

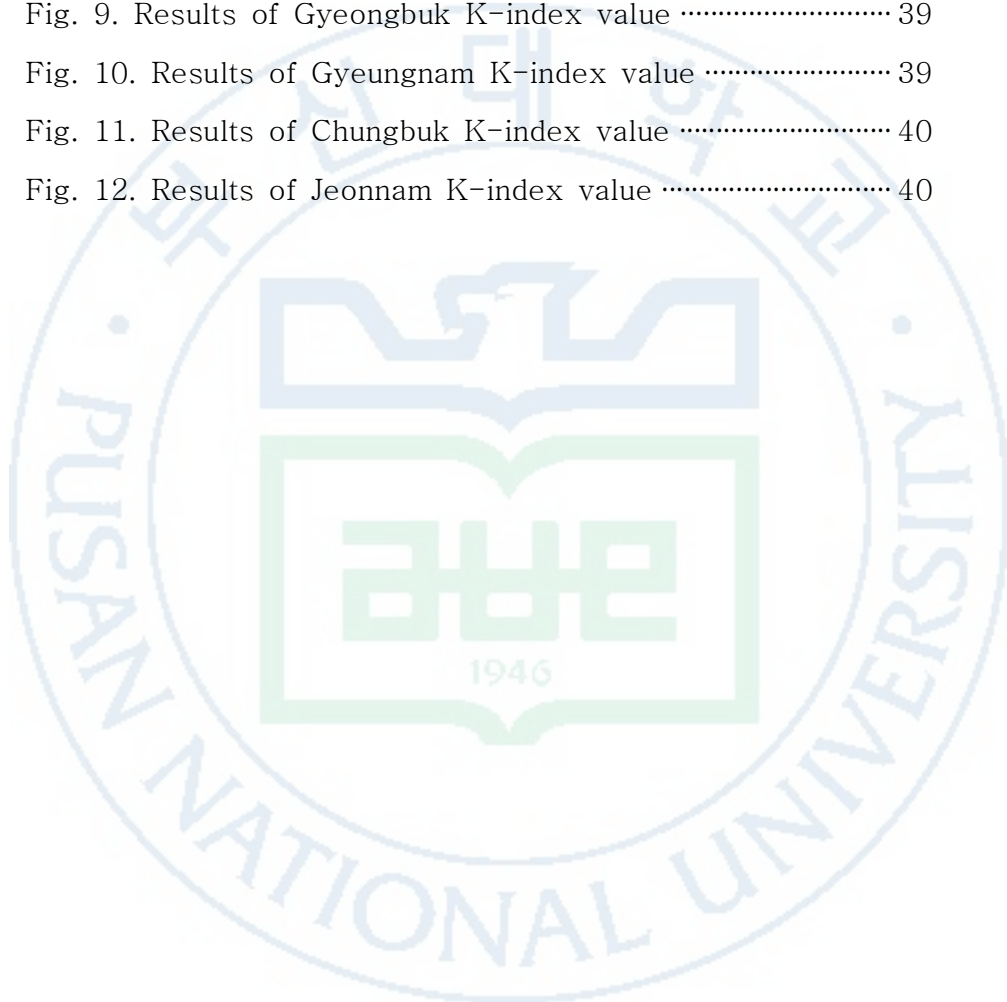
Table 1. Sampling sites of mineral waters .....	5
Table 2. Classification of tasty and healthy water index .....	10
Table 3. Experimental methods and instruments of mineral water .....	11
Table 4. The quality standard for aesthetic materials .....	12
Table 5. The results of aesthetic materials .....	17
Table 6 .The results of mineral ingredients(1) .....	21
Table 7. The results of mineral ingredients(2) .....	23
Table 8. Tasty and healthy water index of mineral waters ..	32
Table 9. Comparison of O-index and M-index .....	45

## List of Figures

Fig. 1. Results of Gyeonggi-do O-index value .....	34
Fig. 2. Results of Gangwon-do O-index value .....	34
Fig. 3. Results of Gyeongbuk O-index value .....	35
Fig. 4. Results of Gyeongnam O-index value .....	35
Fig. 5. Results of Chungbuk O-index value .....	36



Fig. 6. Results of Jeonnam O-index value .....	36
Fig. 7. Results of Gyeonggi-do K-index value .....	38
Fig. 8. Results of Gangwon-do K-index value .....	38
Fig. 9. Results of Gyeongbuk K-index value .....	39
Fig. 10. Results of Gyeongnam K-index value .....	39
Fig. 11. Results of Chungbuk K-index value .....	40
Fig. 12. Results of Jeonnam K-index value .....	40



## I. 서론

최근 우리나라는 먹는물에 관하여 패러다임이 바뀌고 있다. 수인성 질병과 수량 확보의 어려움으로 인해 풍부한 물이 주요 관심사였던 6~70년대를 지나 8~90년대에는 수질 관리기준을 강화하고 먹는물 검사 항목을 대폭 확대, 미량유해물질 제거에 중점을 두어 모든 사람이 안전하게 마실 수 있는 물에 중점을 두었다.<sup>1)</sup>

그리고 오늘날 경제발전과 함께 생활수준이 향상되면서 건강에 대한 욕구가 증가하였고, 그로 인해 맛있는 물과 건강에 유익한 물에 대한 관심이 점차 높아지고 있다.<sup>2)</sup>

맛있고 건강한 물이란 그 맛이 우리의 입맛에 익숙하여 마시기 편하면서 심미적으로 불쾌감을 주지 않아야 한다. 또한, 물속에 미네랄이 균형 있게 포함되어 있으면서 공급과정에서도 수질관리가 철저히 이루어지는 물을 의미한다.<sup>1)</sup>

맛있는 물과 건강한 물은 지극히 개인의 주관에 반영될 수 있기 때문에 일본에서는 1970년대부터 일본 후생성의 물 연구회 등에서 물맛에 관한 연구가 진행되어 왔고<sup>3)</sup>, 오사카 대학의 Hashimoto 등<sup>4)</sup>에 의하여 맛있는 물 평가지표(O-index)와 건강한 물 평가지표(K-index) 등이 만들어졌다.

일본뿐만 아니라 세계 각국에서 물의 맛과 효능 그리고 차에 어울리는 물과 그 찻물의 수질 특성 등에 대한 기록을 찾아볼 수 있는데, 육우(陸羽)의 다경(茶經)<sup>5)</sup>과 초의선사의 다신전(茶神傳), 동다송(東茶頌)<sup>6)</sup> 등에 기록된 자료들을 보면, 차인들은 물의 맛과 효

능 등을 스스로 평가하여 기록하였다고 전해진다.

9세기 육우의 다경<sup>5)</sup>에서부터 장우신의 전차수기<sup>7)</sup> 등 찻물에 관한 품평과 답사기 등 다양한 연구가 진행되어 왔으며, 삼국유사<sup>8)</sup> 등과 같은 고서에서도 찻물에 대한 역사적 자료와 중요성이 강조되어 있다.

육우의 다경과 전춘년(錢椿年)의 제다신보(製茶新譜)에서 찻물은 산수를 상품, 강물을 산수와 버금가는 중품, 우물은 하품이라 평하였고,<sup>5),9)</sup> 휘종(徽宗)의 대관다론(大觀茶論)에서 찻물은 맑고 가볍고 달고 깨끗한 것을 맛있는 물이라 평하였다<sup>10)</sup>.

초의선사의 다신전과 동다송에서 ‘샘물은 맑고 가볍고, 산 아래 샘물은 맑고 무겁고, 석간수는 맑고 달며, 모래 속 샘물은 차고 맑으며, 흙 속의 샘물은 묽고 희다. 누른 돌에서 흐르는 물이 좋고, 푸른 돌에서 새어 나는 물은 쓸 수 없으며, 움직여 흐르는 물은 고인 물보다 좋고, 그늘의 것은 양지의 것보다 뛰어나다.’고 하였고<sup>11)</sup>, 서역기(西域記)에서 찻물의 여덟 가지 덕(德)으로 ‘가볍고, 맑고, 차고, 연하고, 맛있고, 냄새가 없고, 마실 때 알맞고, 마신 후 탈이 없는 것이다.’고 하였다<sup>12)</sup>.

또한 허차서의 다소(茶蔬)에 의하면, ‘이름난 산이 있으면 좋은 차가 있다.’ 또한 ‘이름난 산이 있으면 반드시 좋은 샘물이 있다.’고 말하였듯이<sup>13)</sup>, 곧 이름난 산에는 좋은 찻물이 있다고 볼 수가 있다.

이렇듯 약수는 있는 그대로 음용하거나 차로 우려 마시기 위해 끊임없이 연구되어 왔고, 지역별, 성분별로 다양한 맛을 내므로 옛 차인들은 찻물로서 맑고 깨끗하며, 차가 잘 우러나서 차의 맛과 향

이 잘 전달될 수 있는 물을 찾기 위해 노력해 왔다.

우리나라에서도 차를 마시기 위해 사용되는 물은 혜우스님 등<sup>14)</sup>의 간이조사와 이병인 등<sup>15)</sup>에 의한 찻물의 이화학적 수질특성 연구가 있었으며, 박지영 등<sup>16)</sup>에 의한 물과 차의 관계에 관한 문헌 연구에서는 문헌 고찰을 통해 차를 이루는 근간이 되는 물 종류에 따른 물과 차 사이의 상관관계 등을 밝혀냈다.

최근에는 수계별 정수장의 맛있는 물과 건강한 물에 대한 평가 지표에 관한 연구<sup>3)</sup> 등이 진행되고 있으며, 국내에 시판되는 먹는 샘물<sup>18),19)</sup>과 먹는물 공동시설<sup>2),20)</sup> 등에 대한 물맛평가지표 등이 연구되고 있다. 특히, 이승재 등<sup>20)</sup>이 연구한 맛있는 물 지표개발을 통한 국내 약수 평가 연구에서는 맛있는 물 지표(M-index)가 국내 약수의 물맛 평가를 위해 개발되었고, 개발된 지표를 통해 국내 약수에 대한 자체 물맛 평가를 실시하였다.

하지만 국내 약수에 대한 인식과 물맛 평가 연구는 아직 매우 미약한 실정이고, 옛 문헌에서 소개된 우리나라 주요 약수들은 아직까지 제대로 된 수질정량분석 등이 시행되지 않아 관리가 미흡한 곳이 많다. 특히 물맛 평가 연구는 국내에서는 거의 이루어지지 않고 있으며, 물맛에 대한 평가 역시 지극히 주관적인 견해에 따라 이루어지는 경우가 많았다. 그리하여 본 논문에서는 이병인 등<sup>32)</sup>에 의한 물맛평가지표를 이용한 우리나라 물의 수질특성 연구를 바탕으로 기본적인 옛 문헌고찰 등을 통해 우리나라의 주요 약수를 선정하여 약수에 대한 수질정량분석을 실시한 후, 물맛평가지표를 활용하여 과학적 분석 및 체계적인 물맛 평가를 수행하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료의 선정

조사대상 약수는 옛 문헌과 물맛 관련 학술서적을 조사하여 이름난 약수를 선정하였으며, 그중에서도 특히 물맛이 좋다고 알려진 50곳을 선택하여 실험 및 분석을 실시하였다. 조사지역이 한 곳에 편중되지 않도록 전국 각지를 대상으로 경기도 6, 강원도 9, 경상북도 3, 경상남도 15, 충청북도 4, 전라북도 1, 전라남도 12 곳을 선정하여 물의 수질 특성을 분석하였다. 선정된 물의 대상지는 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Sampling sites of mineral waters

Region	Name of mineral waters	Type of mineral waters	Sampling date
Gyeonggi-do Namyangju (경기도 남양주)	① Sujongsa Seokgwaksu (수종사 석곽수)	Groundwater (지하수)	2014.07.26
	② Sujongsa Seokgansu (수종사 석간수)	Seokgansu (석간수)	2014.07.26
	③ Bongseonsa well (봉선사 우물)	Groundwater (지하수)	2014.07.26
	④ Bongseonsa Sugwaksu (봉선사 수곽수)	Groundwater (지하수)	2014.07.26
Gyeonggi-do Dongducheon (경기도 동두천)	⑤ Jajaeam Wonhyosaem (자재암 원효샘)	Seokgansu (석간수)	2014.07.26
	⑥ Jajaeam Yaksu (자재암 약수)	Groundwater (지하수)	2014.07.27
Gangwon-do Jeongseon (강원도 정선)	⑦ Jeongamsa Seokgwaksu (정암사 석곽수)	Valley water (계곡수)	2014.06.04
	⑧ Jeongamsa Jeokjoam Yaksu (정암사 적조암 약수)	Seokgansu (석간수)	2014.06.04
Gangwon-do Pyeongchang (강원도 평창)	⑨ Namdae Chongmyeongsu (남대 총명수)	Groundwater (지하수)	2014.06.05
	⑩ Dongdae Cheonggyesu (동대 청계수)	Valley water (계곡수)	2014.06.05
	⑪ Sangwonsa Janggunsu (상원사 장군수)	Groundwater (지하수)	2014.06.05
	⑫ Bukdae Gamrosu (북대 감로수)	Groundwater (지하수)	2014.06.05
	⑬ Jungdae Okgyesu (중대 옥계수)	Groundwater (지하수)	2014.06.05
	⑭ Seodae Wootongsu (서대 우통수)	Groundwater (지하수)	2014.06.06
	⑮ Woljeongsu Sugwaksu (월정사 수곽수)	Groundwater (지하수)	2014.06.06
	⑯ Eunhaesa Baekheungam Yaksu (은해사 백흥암 약수)	Seokgansu (석간수)	2014.07.27
	⑰ Baekheungam Okdolwater	Groundwater	2014.07.27



	(백흥암 옥돌물)	(지하수)	
Gyeongbuk Gyeongju (경북 경주)	⑮ Girimsa Sugwaksu (기림사 수곽수)	Valley water (계곡수)	2014.07.27
	⑯ Okryeonam Yaksu (옥련암 약수)	Seokgansu (석간수)	2014.06.08
	⑰ Baekryeonam Yaksu (백련암 약수)	Groundwater (지하수)	2014.06.08
Gyeongnam Yangsan (경남 양산)	⑱ Jajangam Yaksu (자장암 약수)	Seokgansu (석간수)	2014.06.08
	⑳ Jajangam Gamrosu (자장암 감로수)	Seokgansu (석간수)	2014.06.08
	㉑ Biroam Sanjeongyaksu (비로암 산정약수)	Valley water (계곡수)	2014.06.08
	㉒ Tongdosa Yaksu (통도사 약수)	Groundwater (지하수)	2014.06.08
Ulsan (울산)	㉓ Gajisan Yaksu (가지산 약수)	Groundwater (지하수)	2014.06.08
	㉔ Chilbalsa Yucheonsu (칠불사 유천수)	Valley water (계곡수)	2014.07.28
Gyeongnam Hadong (경남 하동)	㉕ Chilbalsa Sugwaksu (칠불사 수곽수)	Valley water (계곡수)	2014.07.28
	㉖ Ssanggyesa Eumsu (쌍계사 음수)	well(우물)	2014.07.28
	㉗ Ssanggyesa Yangsu (쌍계사 양수)	well(우물)	2014.07.28
	㉘ Okcheonsa Seunwonsu (옥천사 선원수)	Valley water (계곡수)	2014.07.29
Gyeongnam Goseong (경남 고성)	㉙ Okcheonsa Oksaem (옥천사 옥샘)	Valley water (계곡수)	2014.07.29
	㉚ Okcheonsa Yaksu (옥천사 약수)	Seokgansu (석간수)	2014.07.29
Gyeongnam miryang (경남 밀양)	㉛ Pyochungsa Yeongjeong Yaksu (표충사 영정 약수)	Groundwater (지하수)	2013.06.30
Chungbuk Boeun (충북 보은)	㉜ Beopjusa Gamrochun (법주사 감로천)	Valley water (계곡수)	2014.06.06
	㉝ Bokcheonam Yaksu	Seokgansu	2014.06.06

	(복천암 약수)	(석간수)	
	㉞ Sanggoam Yaksu	Seokgansu	2014.06.07
	(상고암 약수)	(석간수)	
	㉟ Sanghwanam Yaksu	Valley water	2014.06.07
	(상환암 약수)	(계곡수)	
Jeonbuk Buan (전북 부안)	㊸ Gaeamsa Wonhyobang Yaksu	Seokgansu	2013.06.29
	(개암사 원효방 약수)	(석간수)	
	㊹ Ssangsanje Dangmolsaem	Groundwater	2014.07.28
	(쌍산재 당몰샘)	(지하수)	
Jeonnam Gurye	㊺ Hwaeomsa Okcheon	Valley water	2014.07.28
	(화엄사 옥천)	(계곡수)	
(전남 구례)	㊻ Hwaeomsa Daeungjeon Sugwaksu	Valley water	2014.07.28
	(화엄사 대웅전 수곽수)	(계곡수)	
	㊼ Cheoneunsa Gamrocheon	Valley water	2014.07.28
	(천은사 감로천)	(계곡수)	
	㊽ Daeheungsa Iljiam Yucheon	Valley water	2014.07.28
	(대흥사 일지암 유천)	(계곡수)	
Jeonnam Haenam	㊾ Daeheungsa Iljiam Sugwaksu	Valley water	2014.07.28
	(대흥사 일지암 수곽수)	(계곡수)	
(전남 해남)	㊿ Daeheungsa Janggunsu	Valley water	2014.07.29
	(대흥사 장군수)	(계곡수)	
Jeonnam Jangheung	㋀ Borimsa Borimyaksu	Valley water	2014.07.29
	(보림사 보림 약수)	(계곡수)	
(전남 장흥)	㋁ Baekryeonsa low Seonwon Yaksu	Valley water	2014.07.29
	(백련사 아랫선원 약수)	(계곡수)	
Jeonnam Gangjin	㋂ Baekryeonsa high Seonwon Yaksu	Valley water	2014.07.29
	(백련사 윗선원 약수)	(계곡수)	
(전남 강진)	㋃ Baekryeonsa Haejangsu	Valley water	2014.07.29
	(백련사 해장수)	(계곡수)	
	㋄ Dasan Yakcheon	Valley water	2014.07.29
	(다산 약천)	(계곡수)	



## 2. 물맛평가지표 개발 및 활용방안

일본 오사카 대학의 하시모토 교수는 물맛이 좋다고 알려진 세계 각국의 물을 수집, 분석하여 Mineral Balance와 물맛 사이에는 연관성이 있음을 알아냈고, 그 후 맛있는 물의 등급을 결정하여 꾸준한 수질 분석을 통해 미네랄 균형 지표인 맛있는 물 지표(O-index)를 개발하였다.<sup>21)</sup>

또한 일본 전국의 지역별 뇌졸중 사망률과 그 지역의 물 중 Na, K, Mg, Ca 함량 및 성분비 사이에 어떠한 상관관계가 있으며, 장수하는 지역의 물과 단명하는 지역의 물은 일정한 차이를 나타내고 있음을 발표하였고, 조사한 자료를 바탕으로 건강한 물 지표(K-index)를 제안하였다.<sup>19)</sup>

맛있는 물 지표(O-index)는  $(Ca + K + SiO_2)/(Mg + SO_4^{2-})$ 의 식으로 산출할 수 있다. 맛있는 물 지표에 의하면 K, Ca,  $SiO_2$  등은 물맛을 좋게 하는 성분이며, Mg,  $SO_4^{2-}$  등은 물맛을 나쁘게 하는 성분으로 분류된다. 또한 건강한 물 지표(K-index)는  $Ca - 0.87Na$ 의 식을 통해 구할 수 있고, 건강한 물 지표에 의하면 Ca은 물을 건강하게 하는 성분이고, Na은 물을 건강하지 못하게 하는 성분으로 분류된다.

맛있는 물 지표(O-index)와 건강한 물 지표(K-index)는 국내외에서 다양하게 활용되고 있다. 최근에는 방석배 등<sup>3)</sup>에 의해 맛있는 물과 건강한 물 평가지표에 관한 연구에서 수계별 30개 정수장을 대상으로 양이온, 음이온, 심미적 영향물질 등을 분석한 후 일본

오사카 대학의 하시모토 교수가 제안한 맛있는 물, 건강한 물 지표를 활용하여 정수장 별로 물맛을 평가하는 연구를 진행하였다.

또한, 국내에서도 맛있는 물 평가지표를 개발하여 국내 약수의 물맛을 평가한 연구가 진행된 바 있다. 이승재 등<sup>20)</sup>의 맛있는 물 지표 개발을 통한 국내 약수 평가 연구에서는 하시모토 교수가 제안한 맛있는 물 평가지표(O-index) 대신 맛있는 물 평가지표(mineral water index ; M-index)를 새롭게 제시하였고, 국내 약수 물맛을 평가하는 데 적용하였다. 맛있는 물 평가지표(M-index)는 O-index와는 다른 점이 2가지 있다. 첫째, 미네랄 농도의 절대값 사용 대신 상대값을 이용하였다는 것이다. 둘째, Mg과  $\text{SO}_4^{2-}$ 가 물맛에 큰 영향을 끼치지 않는다고 판단하였고, 해당 값을 계산식에서 제외하였다. 그 결과 물맛과 관련된 전체 미네랄 평가지표 M-index는  $Z_{\text{Ca}} + Z_{\text{K}} + Z_{\text{SiO}_2}$ 로 구할 수 있다. 기존의 O-index와 M-index 결과값을 관능검사 데이터와 비교한 결과 M-index 역시 물맛과 높은 상관성을 나타낸다고 제시하였지만, 본 연구에서는 세계적으로 이용되고 있는 맛있는 물 지표(O-index)와 건강한 물 지표(K-index)를 활용하여 맛있고 건강한 물을 판별한 후 O-index와 M-index 값의 결과 차이를 비교해 보고자 한다.

평가 방법은 맛있는 물 지표(O-index) 결과값이 2.0 이상이면 맛있는 물로, 건강한 물 지표(K-index) 결과값이 5.2 이상이면 건강한 물로 평가하였다. 맛있고 건강한 물은 Ca, K,  $\text{SiO}_2$ 을 다량 함유하고 있으며, 맛있는 물 지표(O-index)가 2.0 이상이고, 건강한 물 평가지표(K-index)가 5.2 이상이어야 한다. 만약 맛있는 물

지표 값이 2 이상이고, 건강한 물 지표 값이 5.2 미만이라면 그 물은 맛있지만 건강하지 않은 물이고, 반대로 맛있는 물 지표 값이 2 미만이고, 건강한 물 지표 값이 5.2 이상이라면, 그 물은 건강하지만 맛이 있지 않은 물로 평가된다. 또한, Mg,  $\text{SO}_4^{2-}$ , Na을 다량 함유하여 맛있는 물 지표(O-index)가 2.0 미만이고, 건강한 물 평가지표(K-index)도 5.2 미만이면, 그 물은 맛있고 건강한 물 어디에도 속하지 않게 된다. 물맛평가지표에 대한 구체적인 내용은 Table 2와 같다.

Table 2. Classification of tasty and healthy water index

Item	Specification
O-index	$(\text{Ca} + \text{K} + \text{SiO}_2)/(\text{Mg} + \text{SO}_4^{2-})$
K-index	$\text{Ca} - 0.87\text{Na}$
Classification	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{OI} \geq 2.0, \text{KI} \geq 5.2</math> = Tasty &amp; healthy water</li> <li>• <math>\text{OI} &lt; 2.0, \text{KI} \geq 5.2</math> = Healthy water</li> <li>• <math>\text{OI} \geq 2.0, \text{KI} &lt; 5.2</math> = Tasty water</li> <li>• <math>\text{OI} &lt; 2.0, \text{KI} &lt; 5.2</math> = General water</li> </ul>

자료 : 이병인, 물맛평가지표를 이용한 우리나라 물의 수질특성 연구, 2015  
 Hashimoto, Indices of drinking water concerned with taste and health.  
 J. Ferment. Technol, 1987

### 3. 분석항목 및 분석방법

수질 샘플링은 2013년 6월부터 2015년 6월까지 2년에 걸쳐 실시하였다. 채수 즉시 측정해야 하는 항목으로는 수온, 수소이온농도(pH), 용존산소(DO) 등이 있으며 다목적 수질측정기(ISTEK

Multi Meter 90i)를 이용하여 채수하는 즉시 현장 분석하였다.

그 외의 항목의 경우 무균 채수병(2L)을 사용하여 채수한 후, 냉장 보관하여 실험실에서 정량분석 하였다. 또한, 물맛 분석항목인 미네랄 성분(Ca, Mg, Na, SiO<sub>2</sub>, K, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) 등은 먹는물 공정시험방법<sup>22)</sup>과 수질오염 공정시험방법<sup>22)</sup>에 의거하여 분석하였으며, 구체적인 분석방법은 Table 3과 같다.

Table 3. Experimental methods and instruments of mineral water

Item	Experimental methods and Instruments
pH	pH-Electrometric, ISTEK Multi Meter 90i
DO	ISTEK Multi Meter 90i
conductivity	ISTEK Multi Meter 90i
Temperature	ISTEK Multi Meter 90i
Hardness	EDTA Titrimetric
Consumption of KMnO <sub>4</sub>	Consumption of KMnO <sub>4</sub>
Total solids	Dries at 103~105℃
Na	Optima 5300 DV( Perkin Elmer)
Ca	Optima 5300 DV( Perkin Elmer)
Mg	Optima 5300 DV( Perkin Elmer)
K	Optima 5300 DV( Perkin Elmer)
Zn	Optima 5300 DV( Perkin Elmer)
Fe	Optima 5300 DV( Perkin Elmer)
Al	Optima 5300 DV( Perkin Elmer)
SiO <sub>2</sub>	881 Compact IC pro (Metrohm)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	881 Compact IC pro (Metrohm)
Chloride	IC

### III. 종합평가 및 고찰

#### 1. 심미적 영향물질 분석결과

우리나라 먹는물 수질기준 중 한 항목인 심미적 영향물질이란 물속에 맛과 냄새를 유발하여 심미적으로 불쾌감을 줄 수 있는 물질을 의미하며 구체적인 먹는물 수질기준<sup>17)</sup>은 Table 4와 같다.

심미적 영향물질 중 물맛에 가장 큰 영향을 끼칠 수도 있는 항목이 냄새와 맛이지만 이 2항목의 경우 전체적으로 불검출(50곳)되어 제외시켰으며, 이를 제외하고 물맛에 큰 영향을 끼칠 것이라 판단되는 성분들을 중심으로 분석하였다.

Table 4. The quality standard for aesthetic materials

Materials	Standard	Materials	Standard
Hardness	300mg/ℓ	Cl <sup>-</sup>	250mg/ℓ
Consumption of KMnO <sub>4</sub>	10mg/ℓ	evaporation residue	500mg/ℓ
Odor, taste	0	Fe	0.3mg/ℓ
Cu	1	Mn	0.3mg/ℓ
chromaticity	5도	Turbidity	1NTU
ABS	0.5mg/ℓ	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	200mg/ℓ
pH	5.8-8.5	Al	0.2mg/ℓ
Zn	1mg/ℓ	residual chlorine	0.2mg/ℓ

자료 : 환경부, 먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙, 2015



### 1) 수소이온 농도(pH)

수소이온 농도는 용액 중에 해리된 수소이온의 농도의 역수의 상용대수를 취한 값으로 구해지며 물질의 산성, 알칼리성의 정도를 나타내는 수치로 사용된다.<sup>24)</sup> 수소이온농도는 자연지질과 알칼리 폐수, 산 폐수에 의해 유발되며 우리나라 먹는물 수질기준에서는 5.80~8.50의 범위이다. pH가 낮은 물은 수도시설을 부식시키고, pH가 높은 물은 쓴 맛을 주며 미끈미끈한 느낌이 든다.<sup>31)</sup> 조사 대상지의 pH는 5.27~8.42의 범위로서 평균 6.54로 나타났다. 조사대상지별로는 속리산 법주사 상고암 약수(㉔)가 약 산성으로 가장 낮은 수치인 5.27 값을 보였고, 개암사 원효방 약수(㉔)는 약 알칼리성인 8.42로 가장 높은 값을 보였다.

### 2) 용존산소(DO)

용존산소는 물속에 포함된 산소의 양을 의미하며 수질오염의 지표로서 그 값이 클수록 깨끗한 물로 평가된다.<sup>24)</sup> 현장조사 결과 4.34 mg/L ~ 20.84 mg/L의 범위로서 평균 9.42 mg/L 이었다. 용존산소 함량이 평균치 이상인 곳은 정암사 석곽수(㉔)와 12곳이었고, 평균치 이하인 곳은 수종사 석곽수(㉔)와 38곳으로 나타났다. 4.34 mg/L의 가장 낮은 수치를 기록한 곳은 표충사 영정약수(㉔)였고, 용존산소를 가장 많이 함유한 물은 가지산 약수(㉔)였다.

### 3) 전기전도도(Conductivity)

전기전도도는 물속에 함유된 양이온, 음이온, 염 성분들의 농도를 전기의 세기로 나타낸 값이다. 즉 전류를 운반할 수 있는 정도를 말하며, 물 중에 이온세기를 신속하게 평가할 수 있는 지표이다.<sup>24)</sup> 물속에 이온 함유량이 높을수록 그 값이 높게 나오며, 먹는 물 수질기준<sup>17)</sup>은 정해진 바가 없다. 전기전도도 측정 결과  $3 \mu\text{S}/\text{cm} \sim 421 \mu\text{S}/\text{cm}$ 의 범위로 나타났고, 평균은  $58.00 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로서 평균치 이상인 곳은 수종사 석곽수(①)와 17곳으로 나타났고, 평균치 이하인 곳은 수종사 석간수(②)와 33곳으로 나타났다. 전기전도도 측정값이 가장 낮은  $3 \mu\text{S}/\text{cm}$ 를 보인 곳은 칠불사 유천수(②⑥)와 칠불사 수곽수(②⑦)이었다. 반대로 가장 높은 값을 보인 곳은 은혜사 백홍암 약수(①⑥)로 그 값은  $421 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이었다.

### 4) 물의 온도(Temperature)

물의 온도는 물맛을 결정하는 중요한 요인 중 하나이다. 사람의 체온과 실제 물의 온도 차이가 클수록 사람들은 물을 맛있다고 느낀다. 체온보다  $20^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$  낮은  $10^{\circ}\text{C} \sim 17^{\circ}\text{C}$  사이, 평균  $14^{\circ}\text{C}$  정도가 적당하지만 여름의 경우  $15^{\circ}\text{C}$ 라도 따뜻하게 느껴져 청량감이 떨어질 수 있다.<sup>26)</sup> 약수의 경우 단 맛과 쓴 맛이 특징이라고 할 수 있으며 단 맛을 가장 잘 느낄 수 있는 온도는 사람 체온과 비슷한  $36^{\circ}\text{C}$  내외이고, 쓴 맛은 물의 온도가 낮을수록 잘 느껴진다.<sup>21)</sup> 수온 측정 결과  $8.6^{\circ}\text{C} \sim 22.7^{\circ}\text{C}$ 의 범위였고, 평균  $16.38^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 물의 온도가 가장 낮은 곳은 오대산 월정사 북대 감로수

(12)로 8.6℃였고, 물의 온도가 가장 높은 곳은 그 값이 최저치보다 2배 이상 높은 22.7℃로 은혜사 백홍암 약수(16)가 가장 미지근했다.

##### 5) 경도(Hardness)

경도는 금속 2가 양이온인 칼슘과 마그네슘 등에 의해 유발되며 그 양을 탄산칼슘의 ppm으로 환산하여 나타낸 값을 의미한다.<sup>24)</sup> 그 값이 75 mg/L 미만이면 연수로 담백하지만 김빠진 맛이 나고, 경도가 75 mg/L 이상인 경우 경수로서 산뜻하지 않은 무거운 맛을 띠게 된다.<sup>27)</sup> 그리고 경도가 먹는물 수질기준(300 mg/L)를 초과하게 되면 위장이 상하여 설사 및 복통을 유발하고 음식 맛을 저하시키며, 비누의 세척력을 떨어뜨리고 보일러에 물때를 생성하여 열전도율이 낮아질 수도 있다.<sup>17),27)</sup> 높은 경도 값을 나타내는 물은 지질, 침출수, 공산품의 칼슘, 마그네슘 이온 등의 2가 양이온 물질에서 유발되어 그 값이 높아지며, 경도가 높을 경우 불쾌한 맛을 유발한다.<sup>31)</sup> 보통 가장 맛있다고 느끼는 물은 경도 50 mg/l 정도이며 약수 분석결과 4 mg/L ~ 147 mg/L의 범위로써 평균 20.9 mg/L의 수치가 나타났다. 은혜사 백홍암 약수(16)는 경수로서 가장 높은 수치인 147 mg/L의 값이 나타났고, 은혜사 백홍암 약수(16)를 제외한 나머지 약수는 모두 연수로 그 값이 75 mg/L 미만이었으며, 통도사 자장암 지장수(21)와 자장암 감로수(22)가 최저치인 4 mg/L 이었다.



## 6) 과망간산칼륨 소비량(Consumption of $\text{KMnO}_4$ )

과망간산칼륨 소비량은 물의 오염도를 나타내는 지표 중 하나로 과망간산칼륨에 의해 소비되는 유기물의 양을 의미한다.<sup>24)</sup> 먹는물 수질기준 10 mg/L을 초과할 때 좋지 않은 냄새와 맛을 유발하고 일본에서는 그 값이 3 mg/L 이하일 경우 맛있는 물에 속하는 것으로 알려져 있다.<sup>3)</sup> 과망간산칼륨 소비량 분석결과 평균 0.93 mg/L으로, 평균치보다 이상인 곳은 수종사 석간수(㉔)와 16곳으로 나타났고, 평균치보다 이하인 곳은 수종사 석곽수(㉑)와 34곳으로 나타났다. 측정 범위는 불검출(13곳) ~ 5.6 mg/L이었다. 과망간산칼륨 소비량이 불검출로 나타난 곳은 북대 감로수(㉒), 은혜사 백홍암 약수(㉓), 옥련암 약수(㉔), 자장암 감로수(㉕) 등을 포함하여 총 13곳이었다.

## 7) 총고형물(TS)

총고형물이란 물에 녹아 있는 고형물질의 총량으로 물 시료의 수분을 완전히 증발시킨 후 남은 물질의 중량을 의미한다.<sup>24)</sup> 총고형물은 맛, 경도, 부식성에 영향을 주며 급수시설 부식 스케일을 형성하기도 한다.<sup>31)</sup> 총고형물의 먹는물 수질기준은 500 mg/L로서 측정결과 오대산 북대 감로수(㉒)가 가장 낮은 수치인 16 mg/L의 값이 나타났고, 은혜사 백홍암 약수(㉓)는 가장 높은 수치인 234 mg/L 값이 나타났다. 평균은 49.92 mg/L로서 먹는물 수질기준을 넘는 곳은 없었다. 물맛에 영향을 주는 심미적인 영향물질 등에 관한 구체적인 분석결과는 Table 5와 같다.

Table 5. The results of aesthetic mineral materials

Items Sites	pH	DO (mg/L)	Cond. ( $\mu$ S/cm)	Temp ( $^{\circ}$ C)	경도 (mg/L)	KMnO <sub>4</sub> 소비량 (mg/L)	TS (mg/L)
① Sujongsa Seokgwaksu	7.24	7.74	59	19.3	30	0.9	49
② Sujongsa Seokgansu	7.14	8.01	20.5	15.5	12	1.2	43
③ Bongseonsa well	6.36	7.42	53	18.9	20	5.6	64
④ Bongseonsa Sugwaksu	6.69	7.76	102	16.3	32	0.6	80
⑤ Jajaeam Wonhyosaem	7.18	7.76	5.35	18.9	25	0.7	44
⑥ Jajaeam Yaksu	6.76	7.22	139	19.8	44	2.1	78
⑦ Jeongamsa Seokgwaksu	5.93	12.32	24.5	13.3	13	3.2	30
⑧ Jeongamsa Jeokjoam Yaksu	5.91	14.49	21.5	9.6	13	1.1	25
⑨ Namdae Chongmyeongsu	5.91	14.56	25.5	12	11	0.9	24
⑩ Dongdae Cheonggyesu	6.95	13.89	44	13.3	19	1.0	42
⑪ Sangwonsa Janggunsu	6.23	15.75	26	11.8	10	0.4	26
⑫ Bukdae Gamrosu	6.41	17.39	21	8.6	8	0.0	16
⑬ Jungdae Okgyesu	6.29	16.27	37	9.3	14	0.8	35
⑭ Seodae Wootongsu	5.80	9.39	30	10.5	15	1.7	42
⑮ Woljeongsa Sugwaksu	6.08	11.23	37	13.8	16	2.9	28
⑯ Eunhaesa Baekheungam Yaksu	7.62	6.46	421	22.7	147	0.0	234
⑰ Baekheungam Okdolwater	7.32	8.04	58	19.3	12	0.8	33
⑱ Girimsa Sugwaksu	7.35	8.48	57	21.8	14	1.1	32
⑲ Okryeonam	5.80	6.98	41	15.9	9	0.0	40

Yaksu							
㉓ Baekryeonam Yaksu	5.88	7.73	39	16.3	9	0.5	58
㉔ Jajangam Yaksu	5.89	7.22	28	18.9	4	3.6	19
㉕ Jajangam Gamrosu	6.18	6.31	25	17.2	4	0.0	33
㉖ Biroam Sanjeongyaksu	6.13	16.33	50	15.5	19	0.0	61
㉗ Tongdosa Yaksu	6.42	17.52	156	15.9	57	0.0	124
㉘ Gajisan Yaksu	6.26	20.84	28	12.0	10	0.6	35
㉙ Chilbulsu	6.62	8.51	3.0	15.7	10	0.5	18
㉚ Chilbulsu Sugwaksu	6.79	8.83	3.0	17.5	8	1.2	17
㉛ Ssanggyesa Eumsu	6.42	7.78	10	16.3	11	1.3	33
㉜ Ssanggyesa Yangsung	6.56	7.15	58	19.3	21	1.6	53
㉝ Okcheonsa Seunwonsu	6.88	9.75	63	20.0	25.6	0.0	52
㉞ Okcheonsa Oksaem	7.07	7.83	59	20.1	26	0.3	50
㉟ Okcheonsa Yaksu	7.28	7.32	57	21.0	24	0.7	42
㊱ Pyochungsa Yeongjeong Yaksu	7.9	4.34	138	14.6	39	0.0	82
㊲ Beopjusa Gamrochun	5.94	7.37	48	18.7	16	0.6	19
㊳ Bokcheonam Yaksu	6.43	9.02	120	14.2	46	0.0	84
㊴ Sanggoam Yaksu	5.27	8.98	29	13.5	8	0.0	36
㊵ Sanghwanam Yaksu	6.09	9.52	71	14.2	26	0.0	63
㊶ Gaeamsa Wonhyobang Yaksu	8.42	6.29	79.49	18.4	26	2.2	153
㊷ Ssangsanje Dangmolsaem	6.82	5.51	133	16.8	49	0.0	94
㊸ Hwaeomsa	6.80	9.31	56	15.6	17	0.5	36

Okcheon							
④① Hwaeomsa							
Daeungjeon	6.88	9.09	20.0	19.2	8	1.2	20
Sugwaksu							
④② Cheoneunsa	7.00	7.92	35	21.4	12	1.2	27
Gamrocheon							
④③ Daeheungsa	6.13	6.8	33	15.9	7	0.5	24
Iljiam Yucheon							
④④ Daeheungsa	6.25	7.25	35	20	8	0.0	25
Iljiam Sugwaksu							
④⑤ Daeheungsa	6.33	7.37	100	17.2	26	1.5	82
Janggunsu							
④⑥ Borimsa	6.34	8.45	8	15.9	9.2	0.9	32
Borimyaksu							
④⑦ Baekryeonsa low	6.40	6.77	53	17.6	12.4	0.9	42
Seonwon Yaksu							
④⑧ Baekryeonsa	5.96	7.24	13	17.6	7.6	0.8	26
high Seonwon Yaksu							
④⑨ Baekryeonsa	6.37	7.63	64	15.6	19	0.6	48
Haejangsu							
⑤① Dasan Yakcheon	6.41	7.67	63	16.3	16	0.5	43
Range	5.27~	4.34~	3~421	8.6~	4~147	0~5.6	16~
(average)	8.42	20.84	(58.00)	22.7	(20.9)	(0.93)	234
	(6.54)	(9.42)		(16.38)			(49.92)

## 2. 미네랄 및 음이온 성분 분석결과

최근 물맛과 수중의 미네랄 성분의 연관성에 대한 관심은 점점 증가하는 추세이다. 미네랄은 물맛을 결정하는 중요한 요소로서 미네랄 함량이 너무 많아도 문제가 되고, 너무 적어도 물맛에 영향을 끼치게 된다. 이처럼 물의 맛은 미네랄 Balance에 의해 결정되며, 미네랄이 적당히 함유한 물은 부드럽고 물맛이 좋지만, 그 함량이 너무 많을 경우에는 쓴 맛, 짠 맛, 뚝은 맛 등을 느낄 수 있다.<sup>21)</sup> 물맛에 영향을 주는 주요 미네랄은 나트륨(Na), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 칼륨(K), 이산화규소( $\text{SiO}_2$ ), 아연(Zn), 철(Fe), 알루미늄(Al) 등이 있으며, 음이온 성분으로는 황산이온( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 및 염소( $\text{Cl}^-$ ) 등이 있다. 황산염이 다량 들어있는 물은 물맛이 무거우며, 염소이온이 다량 함유된 물은 짠 맛을 유발한다.<sup>21)</sup>

미네랄 및 음이온 성분에 대한 구체적인 분석결과는 Table 6, Table7과 같다.

Table 6. The results of mineral ingredients(1)

(unit, mg/L)

Site \ Items	Na	Ca	Mg	K	SiO <sub>2</sub>
① Sujongsa Seokgwaksu	0.208	4.873	4.699	1.195	3.491
② Sujongsa Seokgansu	0.283	2.635	1.811	0.414	2.676
③ Bongseonsa well	1.128	5.860	1.204	1.055	8.393
④ Bongseonsa Sugwaksu	2.164	10.510	1.450	1.354	12.070
⑤ Jajaeam Wonhyosaem	0.230	7.546	1.802	0.558	3.714
⑥ Jajaeam Yaksu	2.091	14.370	2.841	1.291	5.071
⑦ Jeongamsa Seokgwaksu	0.324	4.176	0.620	0.444	2.478
⑧ Jeongamsa Jeokjoam Yaksu	0.152	3.225	0.983	0.330	1.988
⑨ Namdae Chongmyeongsu	0.664	3.194	0.461	0.350	5.275
⑩ Dongdae Cheonggyesu	0.837	6.170	0.994	0.449	5.202
⑪ Sangwonsa Janggunsu	0.734	3.107	0.800	0.439	5.281
⑫ Bukdae Gamrosu	0.637	2.132	0.401	0.473	4.695
⑬ Jungdae Okgyesu	0.917	3.575	1.040	0.453	5.386
⑭ Seodae Wootongsu	0.626	4.505	1.004	1.191	5.278
⑮ Woljeongsa Sugwaksu	0.686	5.380	0.838	0.798	5.305
⑯ Eunhaesa Baekheungam Yaksu	5.736	50.500	7.066	0.684	8.358
⑰ Baekheungam Okdolwater	2.713	4.206	0.339	0.548	12.600
⑱ Girimsa Sugwaksu	2.439	3.834	1.085	0.751	8.169
⑲ Okryeonam Yaksu	2.067	2.938	0.421	0.365	13.280
⑳ Baekryeonam Yaksu	1.976	2.614	0.214	0.463	12.650
㉑ Jajangam Yaksu	0.769	0.665	0.325	0.544	4.689
㉒ Jajangam Gamrosu	1.518	0.646	0.371	0.828	9.500
㉓ Biroam Sanjeongyaksu	1.458	5.640	1.298	0.899	12.700
㉔ Tongdosa Yaksu	2.818	19.030	4.244	1.300	18.920
㉕ Gajisan Yaksu	0.775	3.228	0.473	0.475	5.665
㉖ Chilbalsa Yucheonsu	0.554	1.213	0.219	0.453	5.811
㉗ Chilbalsa Sugwaksu	0.372	2.040	0.250	0.285	3.595



㉔ Ssanggyesa Eumsu	1.072	2.747	0.612	0.689	7.467
㉕ Ssanggyesa Yangsu	0.946	7.000	0.787	1.186	6.648
㉖ Okcheonsa Seunwonsu	1.832	7.769	1.853	0.281	13.64
㉗ Okcheonsa Oksaem	1.773	7.513	1.889	0.302	13.68
㉘ Okcheonsa Yaksu	1.443	7.509	1.25	0.23	11.86
㉙ Pyochungsa Yeongjeong Yaksu	4.491	16.150	1.225	0.620	12.340
㉚ Beopjusa Gamrochun	0.994	4.759	1.458	0.777	4.809
㉛ Bokcheonam Yaksu	2.663	19.650	0.709	0.443	12.620
㉜ Sanggoam Yaksu	0.951	2.039	0.673	0.420	5.007
㉝ Sanghwanam Yaksu	2.042	11.120	0.144	0.654	13.860
㉞ Gaeamsa Wonhyobang Yaksu	-	-	-	-	-
㉟ Ssangsanje Dangmolsaem	2.861	14.790	3.394	1.600	14.120
㊱ Hwaeomsa Okcheon	1.526	4.156	1.333	1.077	9.319
㊲ Hwaeomsa Daeungjeon Sugwaksu	0.416	1.932	0.397	0.396	2.490
㊳ Cheoneunsa Gamrocheon	0.923	2.628	0.982	0.476	4.975
㊴ Daeheungsa Iljam Yucheon	2.357	1.173	0.801	0.528	8.863
㊵ Daeheungsa Iljam Sugwaksu	1.711	1.255	0.794	0.369	5.393
㊶ Daeheungsa Janggunsu	2.659	7.447	2.065	1.507	8.516
㊷ Borimsa Borimyaksu	0.924	1.91	0.605	0.374	3.634
㊸ Baekryeonsa low Seonwon Yaksu	1.601	3.975	0.519	0.198	7.334
㊹ Baekryeonsa high Seonwon Yaksu	1.072	0.925	0.801	0	2.158
㊺ Baekryeonsa Haejangsu	2.405	6.271	0.908	0.914	10.39
㊻ Dasan Yakcheon	2.742	5.009	0.659	1.025	10.53
Range (average)	0.152~5.736 (1.52)	0.646~50.5 (6.44)	0.144~7.066 (1.25)	0~1.6 (0.66)	1.988~18.92 (7.79)

Table 7. The results of mineral ingredients(2)

(unit, mg/L)

Site \ Items	Zn	Cl-	Fe	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Al
① Sujongsa Seokgwaksu	0.006	1.0	0	3	0
② Sujongsa Seokgansu	0	1.3	0.05	0	0.09
③ Bongseonsa well	0.003	1.5	0.11	4	0.25
④ Bongseonsa Sugwaksu	0.003	3.3	0	3	0
⑤ Jajaeam Wonhyosaem	0.004	1.7	0	3	0
⑥ Jajaeam Yaksu	0.027	9.2	0	4	0
⑦ Jeongamsa Seokgwaksu	0	1.3	0	2	0.02
⑧ Jeongamsa Jeokjoam Yaksu	0	1.2	0	2	0.02
⑨ Namdae Chongmyeongsu	0.002	1.1	0	0	0.02
⑩ Dongdae Cheonggyesu	0.003	2.0	0.08	4	0.11
⑪ Sangwonsa Janggunsu	0.004	1.8	0	2	0
⑫ Bukdae Gamrosu	0	1.0	0	2	0
⑬ Jungdae Okgyesu	0.002	2.7	0	3	0
⑭ Seodae Wootongsu	0.005	1.4	0	0	0.02
⑮ Woljeongsa Sugwaksu	0.003	1.1	0	2	0
⑯ Eunhaesa Baekheungam Yaksu	0.129	3.8	0	27	0
⑰ Baekheungam Okdolwater	0	3.1	0	0	0
⑱ Girimsa Sugwaksu	0	5.2	0	3	0
⑲ Okryeonam Yaksu	0.004	2.4	0	0	0.02
⑳ Baekryeonam Yaksu	0.006	2.5	0	0	0
㉑ Jajangam Yaksu	0.026	2.8	0	2	0.07
㉒ Jajangam Gamrosu	0	2.3	0	0	0
㉓ Biroam Sanjeongyaksu	0	2.6	0	0	0
㉔ Tongdosa Yaksu	0.002	10.8	0	2	0
㉕ Gajisan Yaksu	0	2.3	0	2	0
㉖ Chilbalsa Yucheonsu	0	0.7	0	0	0
㉗ Chilbalsa Sugwaksu	0	0.7	0	0	0



㉘ Ssanggyesa Eumsu	0	1.1	0.07	2	0.15
㉙ Ssanggyesa Yangsu	0	1.0	0	3	0.03
㊱ Okcheonsa Seunwonsu	0	2.2	0	0	0
㊲ Okcheonsa Oksaem	0	2.2	0	0	0
㊳ Okcheonsa Yaksu	0	1.8	0	0	0
㊴ Pyochungsa Yeongjeong Yaksu	0.008	4.4	0	12	0
㊵ Beopjusa Gamrochun	0.003	3.1	0	4	0
㊶ Bokcheonam Yaksu	0	3.1	0	0	0
㊷ Sanggoam Yaksu	0.013	2.4	0	3	0.02
㊸ Sanghwanam Yaksu	0.009	2.8	0	0	0.02
㊹ Gaeamsa Wonhyobang Yaksu	0.0277	21.764	0	7.598	0.0356
㊺ Ssangsanje Dangmolsaem	0	4.9	0	0	0
㊻ Hwaeomsa Okcheon	0	1.9	0	3	0
㊼ Hwaeomsa Daeungjeon Sugwaksu	0.003	1.2	0	0	0
㊽ Cheoneunsa Gamrocheon	0.002	1.9	0	3	0
㊾ Daeheungsa Iljam Yucheon	0	5.6	0	0	0
㊿ Daeheungsa Iljam Sugwaksu	0.020	4.8	0	0	0
㋀ Daeheungsa Janggunsu	0.006	4.6	0.2	5	0.48
㋁ Borimsa Borimyaksu	0	3.2	0	0	0.06
㋂ Baekryeonsa low Seonwon Yaksu	0	5.1	0	2	0
㋃ Baekryeonsa high Seonwon Yaksu	0	4.8	0	3	0.02
㋄ Baekryeonsa Haejangsu	0.015	5.8	0	3	0
㋅ Dasan Yakcheon	0	6.5	0	2	0
Range (average)	0~0.129 (0.01)	0.7~21.7 64 (3.34)	0~0.2 (0.01)	0~27 (2.45)	0~0.48 (0.03)

## 1) 나트륨(Na)

나트륨(Na)은 인체의 세포 내, 외의 삼투압 조절과 혈액의 알칼리성 유지의 역할 및 혈압과 골다공증 등에 영향을 주며,<sup>28)</sup> 나트륨 결핍 시에는 혈압이 떨어지고, 당뇨와 설사 및 애디슨병 등이 유발된다. 과잉 섭취 시에는 인체 내에 수분량이 증가하여 부종을 일으키고 혈압을 상승시켜 고혈압을 유발하며, 뇌의 손상 등이 발생된다.<sup>2),29)</sup> 조사된 물의 나트륨은 0.152 mg/L ~ 5.736 mg/L의 범위로서 평균 1.52 mg/L로 나타났다. 평균치보다 높은 값이 나타난 곳은 봉선사 수광수(④)와 20곳이었고, 평균치보다 낮은 값이 나타난 곳은 수종사 석광수(①)와 28곳이었다. 정암사 적조암 석간수(⑧)가 가장 낮은 0.152 mg/L이었고, 은혜사 백홍암 약수(⑩)가 가장 높은 5.736 mg/L의 결과가 나타났다.

## 2) 칼슘(Ca)

칼슘은 뼈와 치아 형성에 중요한 역할을 하고 신경과 근육계를 움직이는 역할을 한다.<sup>28)</sup> 또한 체액에 존재하는 칼슘은 대사 조절 작용을 한다. 이러한 칼슘이 부족하게 되면 구루병에 걸릴 수 있고, 골다공증에 걸릴 확률도 높아진다.<sup>29)</sup> 칼슘 분석 결과 0.646 mg/L ~ 50.5 mg/L의 범위로서 평균 6.44 mg/L이었으며, 평균치 이상인 곳은 봉선사 수광수(④)와 13곳이었고, 평균치 이하인 곳은 정암사 석광수(⑦)와 36곳이었다. 가장 작은 수치인 0.646 mg/L을 보인 곳은 영축산 자장암 감로수(⑫)이고, 가장 높은 수치인 50.5 mg/L을 보인 곳은 은혜사 백홍암 약수(⑩)였다.

### 3) 마그네슘(Mg)

마그네슘(Mg)은 칼슘과 함께 뼈를 구성하는 성분이며 근육의 신경 등을 정상적으로 유지하는 역할을 한다.<sup>2)</sup> 또한 마그네슘은 칼슘, 나트륨, 칼륨과 함께 신경자극 전달과 근육의 수축, 이완 등을 조절하는 양이온 중 하나이다.<sup>29)</sup> 분석 결과 0.144 mg/L ~ 7.066 mg/L의 범위로서 가장 낮은 0.144 mg/L 값이 나타난 곳은 속리산 상환암 약수(㉓)이고, 7.066 mg/L의 가장 높은 값을 보인 곳은 은혜사 백홍암 약수(㉒)였다. 평균 1.25 mg/L으로 평균 1.25 mg/L보다 높은 수치인 곳은 수종사 석곽수(㉑)와 14곳이며, 평균보다 낮은 수치인 곳은 봉선사 우물(㉑)과 35곳으로 나타났다.

### 4) 칼륨(K)

칼륨(K)은 나트륨과 함께 인체의 혈압 등을 유지시키는 역할을 한다. 체내 나트륨양이 많아져 혈압이 높아지는 경우 칼륨은 나트륨을 배설시켜 혈압을 낮춰준다. 하지만 과잉 섭취 시에는 조직 손상과 신부전증 등이 생기며, 결핍 시에는 구토, 설사, 요산증 등이 발생한다.<sup>2)</sup> 칼륨 분석결과 불검출(1곳) ~ 1.600 mg/L의 범위로서 평균 0.66mg/L로 나타났다. 백련사 윗선원 약수(㉒)에서 불검출 되었고, 쌍산재 당물샘(㉑)이 가장 높은 값인 1.600 mg/L의 수치를 보였다.

## 5) 이산화규소( $\text{SiO}_2$ )

이산화규소( $\text{SiO}_2$ )는 칼슘과 함께 인체의 골격을 튼튼하게 하는 역할을 한다.<sup>19)</sup> 또한 규산이 함유된 물을 마시면 손톱과 머리카락이 건강해지고, 치매에 걸릴 확률도 감소한다.<sup>30)</sup> 분석결과 1.988 mg/L ~ 18.92 mg/L의 범위로서 평균 7.79 mg/L로 나타났으며, 봉선사 우물(③)외 21곳에서 평균 7.79 mg/L보다 높은 값을 보였고, 정암사 적조암 약수(⑧)외 28곳에서 평균보다 낮은 값을 보였다. 그중에서 정암사 적조암 석간수(⑧)가 1.988 mg/L로 가장 낮은 값을, 통도사 약수(㉔)가 18.92 mg/L로 가장 높은 값이 나타났다.

## 6) 아연(Zn)

아연(Zn)은 수질기준(1.0 mg/L)을 초과하지 못하도록 규제되어 있고, 마그네슘과 함께 효소작용에 관여한다.<sup>22),28)</sup> 아연은 모발 성장과 면역체계를 강화시키는 작용을 한다. 하지만 과잉 섭취 시에는 소화불량, 설사 등을 할 수 있다. 분석결과 범위는 불검출(24곳) ~ 0.129 mg/L로서 총 24곳에서 불검출 되었고, 가장 높은 값인 0.129 mg/L 값을 보인 곳은 은혜사 백홍암 약수(⑩)이다. 평균 0.01 mg/L로 자재암 약수(⑥)외 6곳에서만 평균보다 높은 결과 값이 나타났다.

## 7) 염소이온( $\text{Cl}^-$ )

염소이온(chloride)이 다량 함유된 물은 불쾌한 맛과 염소 특유의 냄새를 유발하여 불쾌감을 준다.<sup>19)</sup> 염소는 일반적으로 다른 소독제에 비해 유지관리가 용이하고 잔류성이 있어 정수처리 공정 중에 세균소독을 위해 사용되는 데 먹는물 수질기준에서는 잔류염소(유리 잔류염소를 의미한다)는 4.0mg/L를 넘지 아니할 것으로 규정한다.<sup>17)</sup> 분석결과 0.7 mg/L ~ 21.764 mg/L의 범위로서 평균값은 3.34 mg/L 이었다. 칠불사 유천수(㉔)와 칠불사 수광수(㉕)에서 가장 낮은 값인 0.7 mg/L이 나타났고, 개암사 원효방 약수(㉘)에서 가장 높은 수치인 21.764 mg/L을 보였다. 자재암 약수(㉙)와 13곳은 평균보다 높은 값이 나타났고, 그 외 수종사 석광수(①)를 포함한 37곳은 평균보다 낮은 값을 보였다.

## 8) 철(Fe)

철(Fe)은 먹는물 수질기준 0.3 mg/L을 초과 시 구토 및 혈색증 등이 발생하는 것으로 알려져 있다.<sup>2),28)</sup> 분석결과 철은 5곳을 제외한 45곳에서 불검출 되었다. 검출된 곳은 수종사 석간수(②)(0.05 mg/L), 봉선사 우물(④)(0.11mg/L), 오대산 동대 청계수(⑩)(0.08 mg/L), 쌍계사 음수(㉘)(0.07 mg/L), 대흥사 장군수(④⑤)(0.20 mg/L)로 대흥사 장군수(④⑤)가 0.20 mg/L로 가장 높은 수치를 보였다.



## 9) 황산이온( $\text{SO}_4^{2-}$ )

황산이온( $\text{SO}_4^{2-}$ )은 먹는물 수질기준 200 mg/L 이하로 규제되어 있으며,<sup>17)</sup> 그 이상을 섭취할 경우 설사를 유발하고, 급수시설을 부식시킨다.<sup>19),22)</sup> 황산의 유입경로는 크게 2가지로 구분할 수 있다.

첫째, 자연수로의 유입이다. 이 경우는 2가지 유입경로로 나눌 수 있는데, 지질 속에 포함되어 있던 황산이온이 자연수로 유입되거나 산업폐수 또는 화석연료의 연소 등과 같은 이유로 대기로부터 방출된 황산이온이 자연수에 포함되는 경우가 있다.<sup>31)</sup> 둘째, 처리수로의 유입은 정수처리 공정에 사용되는 황산알루미늄 등과 같은 응집제와 화학약품으로 인해 그 양이 증가할 수 있다. 황산이온이 다량 함유한 물은 칼슘의 함량을 감소시키고, 그로 인해 물맛이 나빠지게 된다.<sup>21)</sup> 분석 결과 불검출(20곳) ~ 27 mg/L 범위로 수종사 석간수(②), 오대산 남대 총명수(⑨)를 포함한 총 20곳에서 불검출되었고, 은해사 백흥암 약수(⑩)에서 가장 높은 27 mg/L 값을 보였다. 전체 평균은 2.45 mg/L로서 평균치보다 높은 결과가 나타난 곳은 수종사 석곽수(①)외 18곳, 평균치보다 낮은 결과가 나타난 곳은 수종사 석간수(②)를 포함한 32곳이었다.

## 10) 알루미늄(Al)

알루미늄(Al) 심미적 영향물질 기준으로 0.2 mg/L를 넘지 말아야 한다.<sup>17)</sup> 알루미늄은 경구 섭취 시 거의 배설되나 뼈에 축적되고 알츠하이머병을 유발하는데, 이러한 알루미늄은 산업폐기물에 의해 발생되고, 광물이나 토양에 의해 유래되기도 한다.<sup>31)</sup> 분석결

과 불검출(33곳) ~ 0.48 mg/L 범위로서 평균 0.03 mg/L이었다. 전체 50곳 중에서 수중사 석곽수(①), 상원사 장군수(⑪) 등을 포함한 33곳에서 불검출 되었고, 가장 높은 수치인 0.48 mg/L의 결과가 나타난 곳은 대흥사 장군수(④)이다.

상기 분석결과 조사대상지인 50곳의 물에서 물맛을 좋게 하는 인자인 Ca, K, SiO<sub>2</sub>는 SiO<sub>2</sub> > Ca > K의 순서로 함유량의 차이를 보였고, 물맛을 나쁘게 하는 인자인 Mg, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > Mg의 순서로 함유량의 차이를 보이는 것으로 나타났다.

### 3. 맛있고 건강한 물 지표에 따른 물의 특성 분석결과

하시모토 교수가 제안한 맛있는 물 지표(O-index)와 건강한 물 지표(K-index)에 의하면 Ca, K, SiO<sub>2</sub>는 물맛을 좋게 하는 성분이며, Mg, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 물맛을 나쁘게 하는 성분이다. 또한 나트륨보다 칼슘의 함량이 많을수록 건강한 물로 평가된다. Table 6, 7의 분석결과를 바탕으로 각각 조사 대상지의 O-index 값과 K-index 값을 정리한 구체적인 결과 값은 Table 8과 같다.

Table 8. Tasty and healthy water index of mineral waters

Site \ Items	O-index	K-index	Remark
① Sujongsa Seokgwaksu	1.242	4.692	General water
② Sujongsa Seokgansu	3.161	2.389	Tasty water
③ Bongseonsa well	2.942	4.879	Tasty water
④ Bongseonsa Sugwaksu	5.378	8.627	tasty&healthy water
⑤ Jajaeam Wonhyosaem	2.461	7.346	tasty&healthy water
⑥ Jajaeam Yaksu	3.031	12.551	tasty&healthy water
⑦ Jeongamsa Seokgwaksu	2.709	3.894	Tasty water
⑧ Jeongamsa Jeokjoam Yaksu	1.858	3.093	General water
⑨ Namdae Chongmyeongsu	19.130	2.616	Tasty water
⑩ Dongdae Cheonggyesu	2.367	5.442	tasty&healthy water
⑪ Sangwonsa Janggunsu	3.153	2.468	Tasty water
⑫ Bukdae Gamrosu	3.040	1.578	Tasty water
⑬ Jungdae Okgyesu	2.330	2.777	Tasty water
⑭ Seodae Wootongsu	10.930	3.960	Tasty water
⑮ Woljeongsu Sugwaksu	4.046	4.783	Tasty water
⑯ Eunhaesa Baekheungam Yaksu	1.748	45.510	Healthy water
⑰ Baekheungam Okdolwater	51.192	1.846	Tasty water
⑱ Girimsa Sugwaksu	3.122	1.712	Tasty water
⑲ Okryeonam Yaksu	39.390	1.140	Tasty water
⑳ Baekryeonam Yaksu	73.491	0.895	Tasty water
㉑ Jajangam Yaksu	2.537	-0.004	Tasty water
㉒ Jajangam Gamrosu	29.580	-0.675	Tasty water
㉓ Biroam Sanjeongyaksu	14.822	4.372	Tasty water
㉔ Tongdosa Yaksu	6.286	16.578	tasty&healthy water
㉕ Gajisan Yaksu	3.788	2.554	Tasty water
㉖ Chilbulsu Yucheonsu	34.142	0.731	Tasty water
㉗ Chilbulsu Sugwaksu	23.680	1.716	Tasty water
㉘ Ssanggyesa Eumsu	4.174	1.814	Tasty water
㉙ Ssanggyesa Yangsu	3.917	6.177	tasty&healthy water
㊱ Okcheonsa Seunwonsu	11.705	6.175	tasty&healthy water



㉑ Okcheonsa Oksaem	11.379	5.970	tasty&healthy water
㉒ Okcheonsa Yaksu	15.679	6.254	tasty&healthy water
㉓ Pyochungsa Yeongjeong Yaksu	2.201	12.243	tasty&healthy water
㉔ Beopjusa Gamrochun	1.895	3.894	General water
㉕ Bokcheonam Yaksu	46.140	17.333	tasty&healthy water
㉖ Sanggoam Yaksu	2.033	1.212	Tasty water
㉗ Sanghwanam Yaksu	178.014	9.343	tasty&healthy water
㉘ Gaeamsa Wonhyobang Yaksu	-	-	-
㉙ Ssangsanje Dangmolsaem	8.989	12.301	tasty&healthy water
㊱ Hwaeomsa Okcheon	3.358	2.828	Tasty water
㊲ Hwaeomsa Daeungjeon Sugwaksu	12.136	1.570	Tasty water
㊳ Cheoneunsa Gamrocheon	2.029	1.825	Tasty water
㊴ Daeheungsa Iljam Yucheon	13.189	-0.878	Tasty water
㊵ Daeheungsa Iljam Sugwaksu	8.838	-0.234	Tasty water
㊶ Daeheungsa Janggunsu	2.473	5.134	Tasty water
㊷ Borimsa Borimyaksu	9.782	1.106	Tasty water
㊸ Baekryeonsa low Seonwon Yaksu	4.568	2.582	Tasty water
㊹ Baekryeonsa high Seonwon Yaksu	0.811	-0.008	General water
㊺ Baekryeonsa Haejangsu	4.497	4.179	Tasty water
㊻ Dasan Yakcheon	6.229	2.623	Tasty water
Range (average)	0.811~ 178.014 (14.400)	-0.878~ 45.510 (5.121)	Tasty(31) Healthy(1) Tastyandhealthy(13) General(4)

### 1) 맛있는 물 지표에 대한 분석결과 및 고찰

맛있는 물 지표(O-index) 분석결과 범위는 0.811 ~ 178.014로서 평균 14.40로 나타났다. 분석결과가 2 미만으로 맛이 있지 않은 물에 속한 지역은 수중사 석곽수(①), 정암사 적조암 약수(⑧), 은혜사 백흥암 약수(⑩), 범주사 감로천(⑭), 백련사 윗선원 약수(⑮) 총 5 곳이었다. 5곳을 제외한 수중사 석간수(②), 봉선사 우물(③) 등을 포함한 총 44곳은 분석결과가 2 이상으로 맛있는 물에 속하였다. 5곳 중에서 백련사 윗선원 약수(⑮)가 0.811로 가장 낮은 수치를 보였고, 반대로 속리산 상환암 약수(⑳)는 178.014로 가장 높은 수치를 보였다. 속리산 상환암 약수(㉑)에서 이렇게 높은 O-index 결과 값이 나타난 것은 물맛을 좋게 하는 성분인 칼슘, 칼륨, 이산화규소의 분석 결과 값이 칼슘 11.12 mg/L(평균 6.44 mg/L), 칼륨 0.654 mg/L(평균 0.6623 mg/L), 이산화규소 13.86 mg/L(평균 7.79 mg/L)로 평균값보다 높거나 평균치를 유지했고, 물맛을 나쁘게 하는 성분인 마그네슘, 황산이온의 분석 결과 값이 마그네슘 0.144 mg/L(평균 1.25 mg/L), 황산이온 불검출(평균 2.45 mg/L)로 평균값보다 아주 낮은 값을 보였기 때문으로 판단된다.

50개 조사대상지의 맛있는 물 지수 조사결과는 Fig.1 ~ Fig.6과 같다.

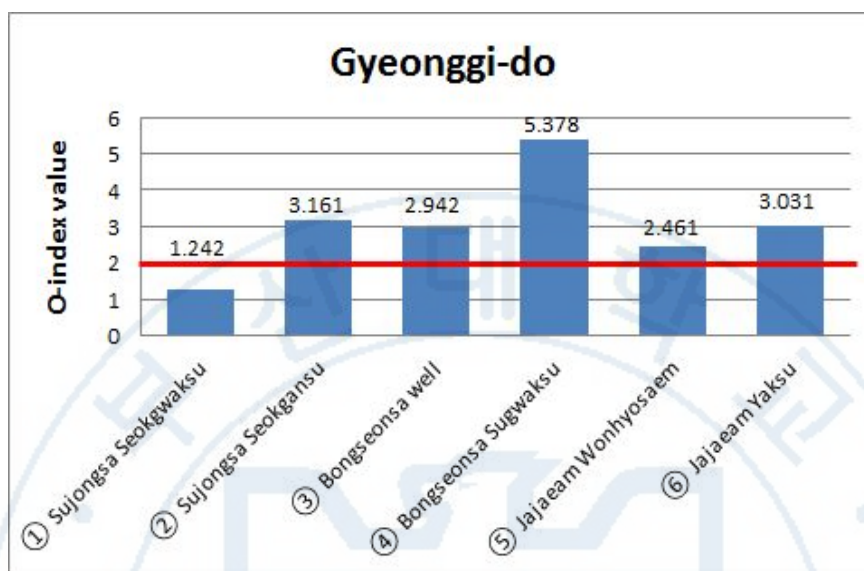


Fig. 1. Results of Gyeonggi-do O-index value

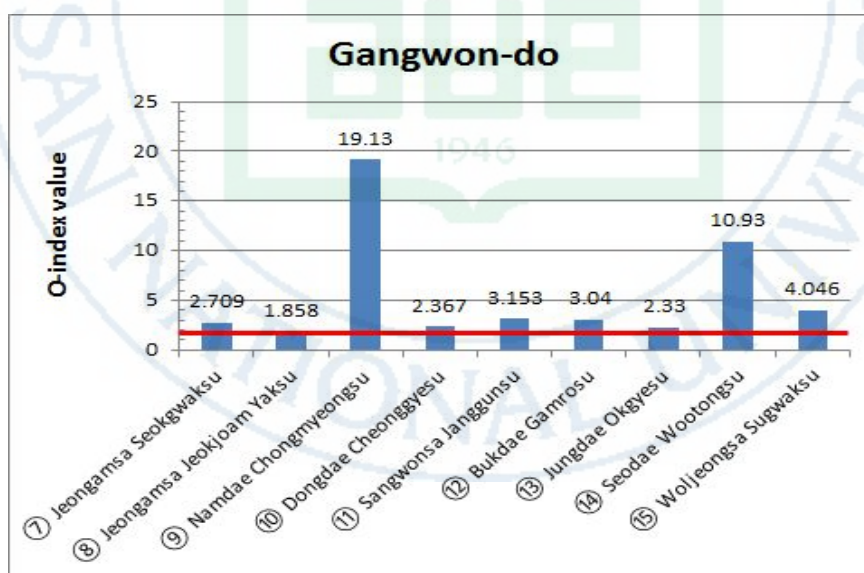


Fig. 2. Results of Gangwon-do O-index value

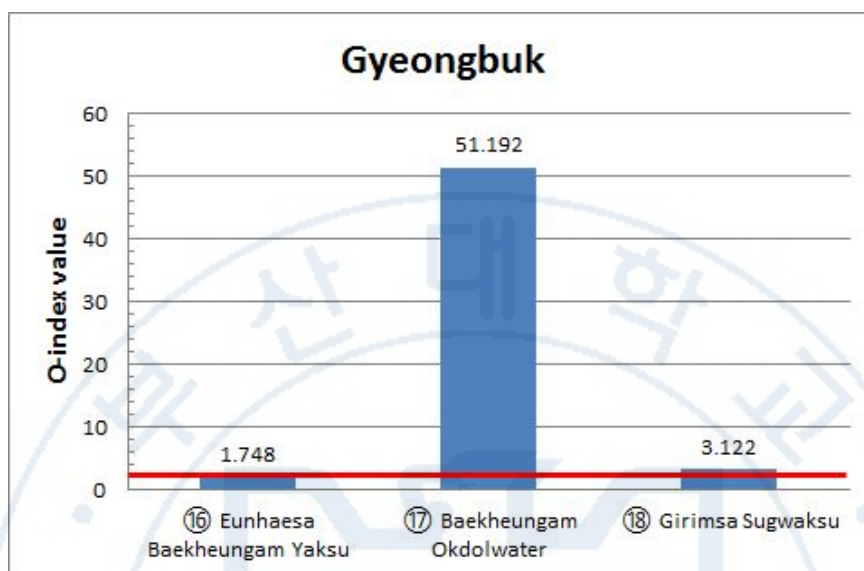


Fig. 3. Results of Gyeongbuk O-index value

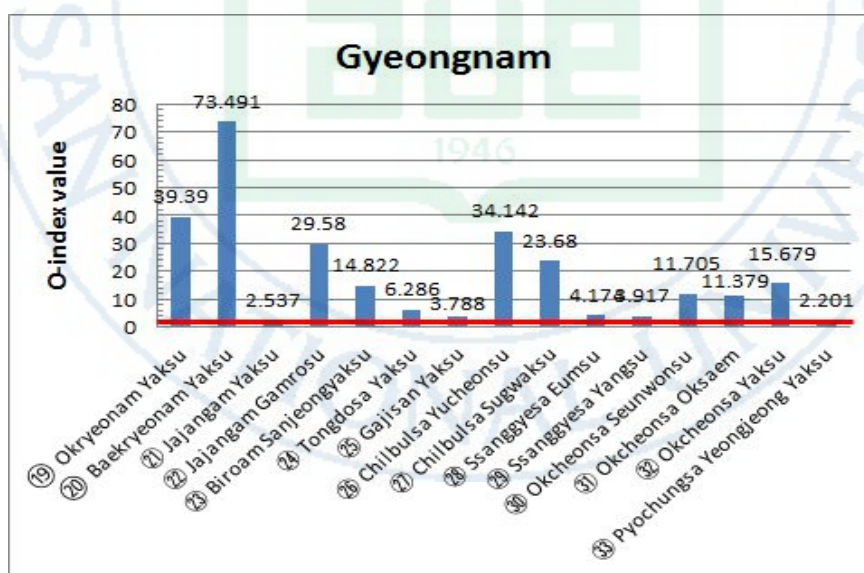


Fig. 4. Results of Gyeongnam O-index value

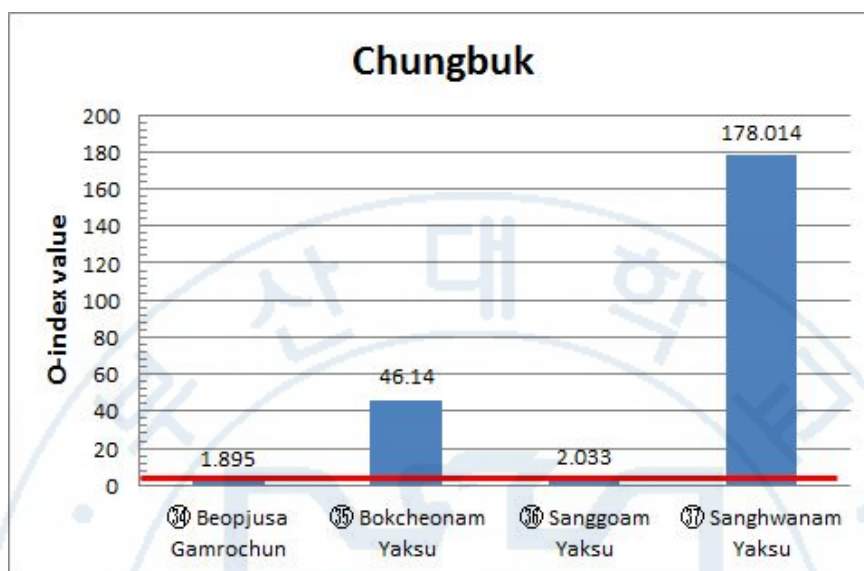


Fig. 5. Results of Chungbuk O-index value

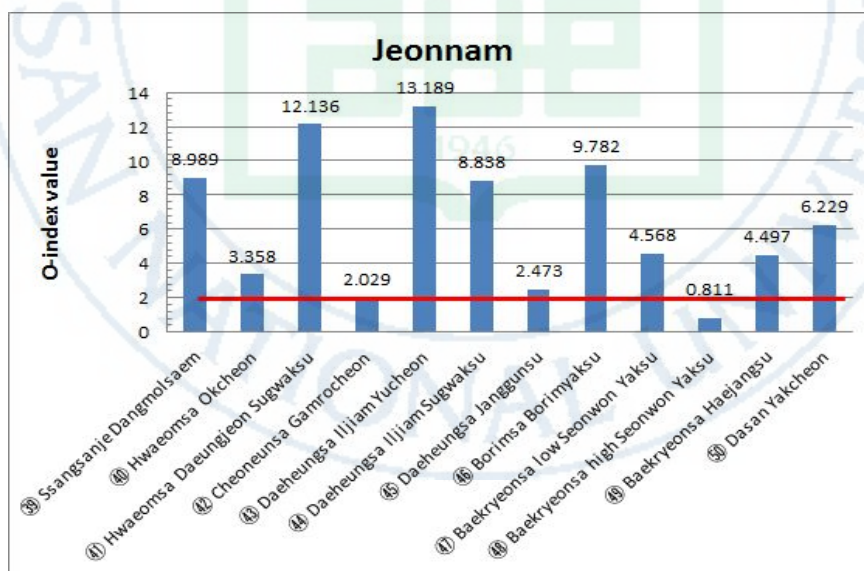


Fig. 6. Results of Jeonnam O-index value



## 2) 건강한 물 지표에 대한 분석결과 및 고찰

건강한 물 지표(K-index) 분석결과 범위는 -0.878 ~ 45.510의 범위로서 나트륨 함량이 높아 (-)값이 나타난 곳이 있었으며, 평균 5.121로 나타났다. (-)값이 나타난 곳은 총 5곳으로 영축산 자장암 약수(㉑)과 자장암 감로수(㉒), 대흥사 일지암 유천(㉓)와 일지암 수곽수(㉔), 백련사 윗선원 약수(㉕)였고, 가장 낮은 수치를 보인 곳은 -0.878 값을 보인 대흥사 일지암 유천(㉓)이었다. 분석결과가 5.2 미만으로 건강하지 않은 물에 속한 지역은 수종사 석곽수(①), 수종사 석간수(②), 봉선사 우물(③), 정암사 석곽수(⑦), 정암사 적조암 약수(⑧) 등으로 총 35 곳이었다. 반대로 분석결과가 5.2 이상으로 건강한 물에 속한 지역은 봉선사 수곽수(④), 원효샘(⑤) 등을 포함한 14곳으로 그 중 가장 높은 값을 보인 곳은 은혜사 백흥암 약수(⑩)로 그 수치는 45.510 이었다. 은혜사 백흥암 약수(⑩)에서 이렇게 높은 K-index 결과 값이 나타난 이유는 칼슘의 농도가 50.5 mg/L로 평균값 6.44 mg/L보다 월등히 높은 값을 보였기 때문으로 판단된다.

50개 조사대상지의 건강한 물 지수 조사결과는 Fig.7 ~ Fig.12와 같다.



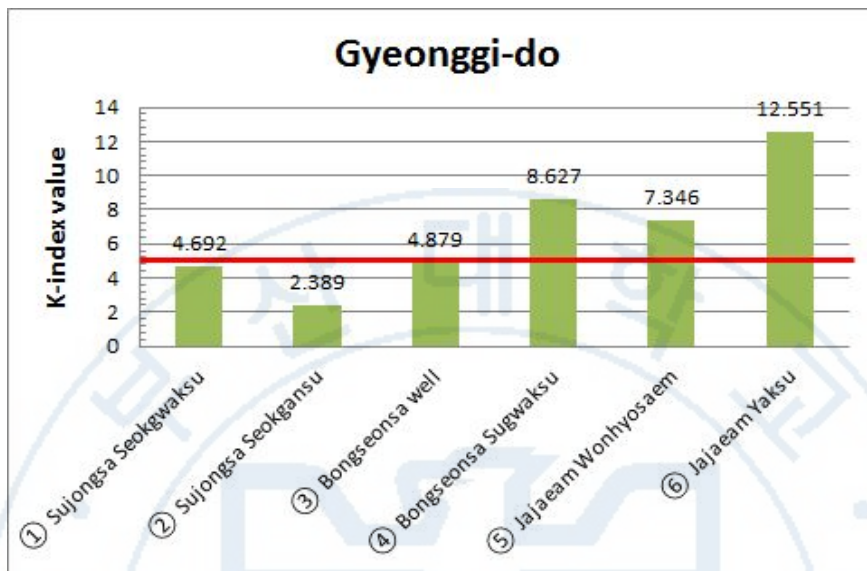


Fig. 7. Results of Gyeonggi-do K-index value

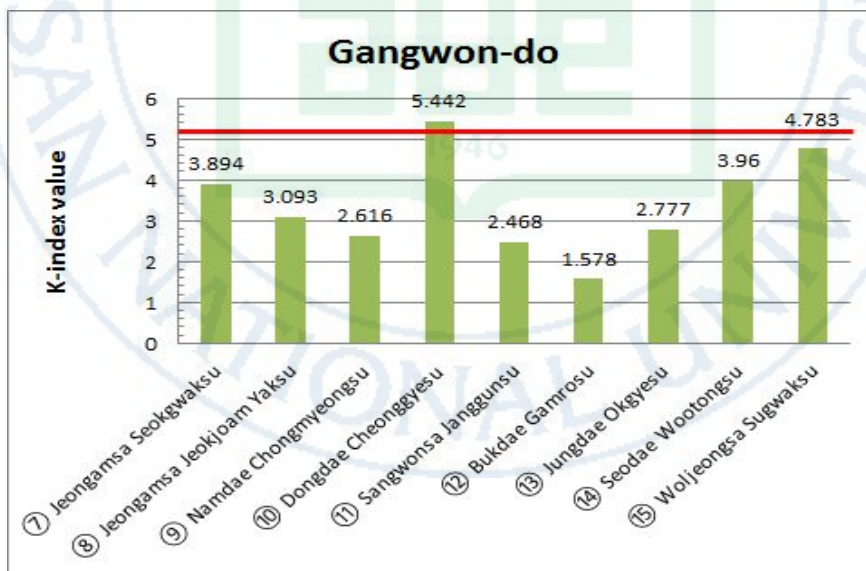


Fig. 8. Results of Gangwon-do K-index value

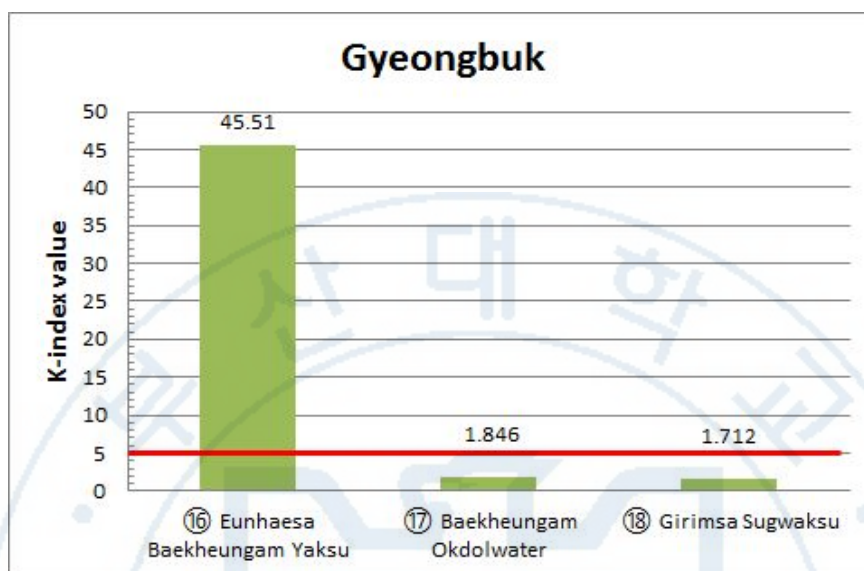


Fig. 9. Results of Gyeongbuk K-index value

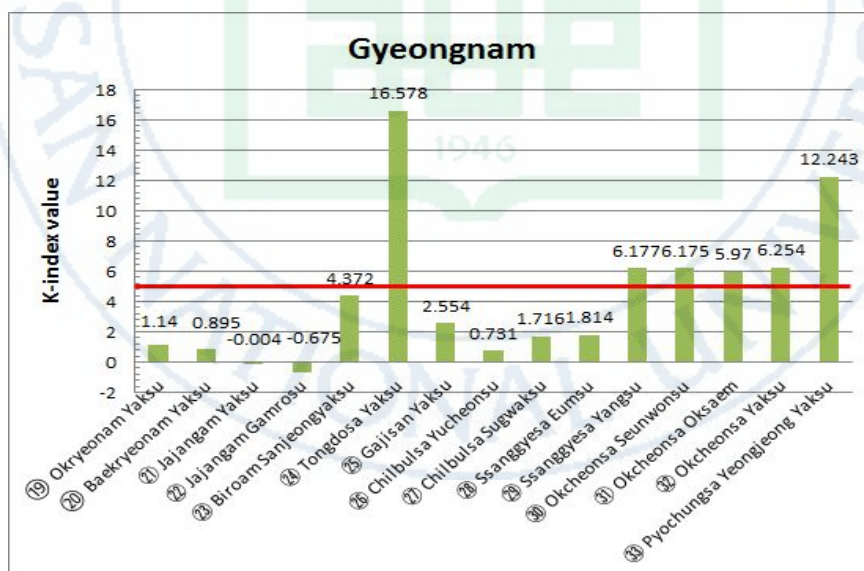


Fig. 10. Results of Gyeongnam K-index value

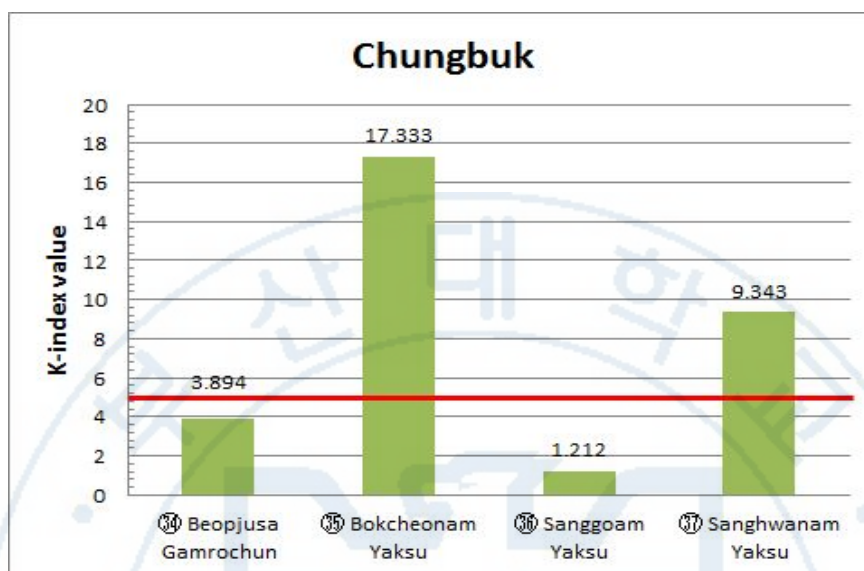


Fig. 11. Results of Chungbuk K-index value

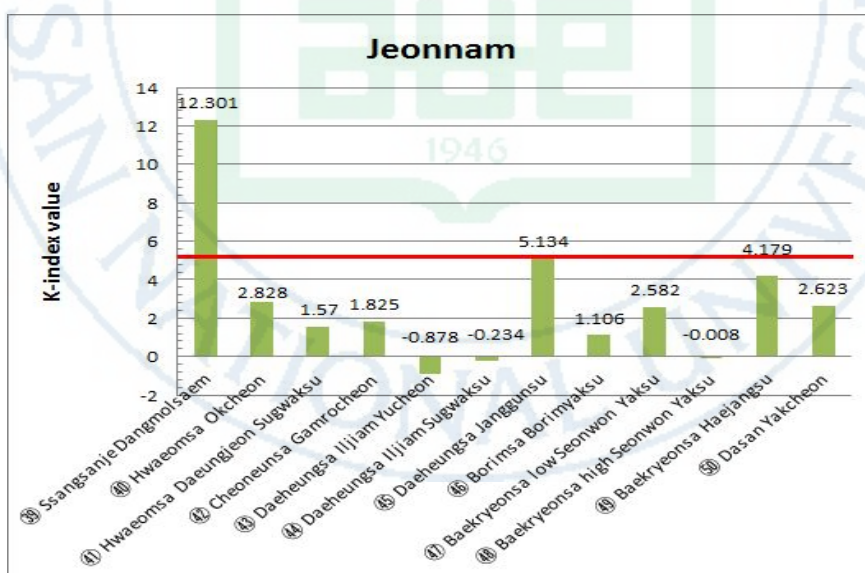


Fig. 12. Results of Jeonnam K-index value

### 3) 맛있고 건강한 물 지표에 대한 분석결과 및 고찰

맛있는 물 지표(O-index) 결과가 2 이상이면서 건강한 물 지표(K-index)가 5.2 이상인 곳은 봉선사 수곽수(④), 자재암 원효샘(⑤), 자재암 약수(⑥), 오대산 동대 청계수(⑩), 통도사 약수(②④), 쌍계사 약수(②⑨), 옥천사 선원수(③⑩), 옥천사 옥샘(③⑪), 옥천사 약수(③⑫), 표충사 영정약수(③③), 속리산 복천암 약수(③⑤), 속리산 상환암 약수(③⑦), 쌍산재 당물샘(③⑨) 총 13곳으로 나타났다. 13곳의 공통적인 특징은 맛있는 물 지표와 건강한 물 지표의 공통 성분인 칼슘의 농도가 평균값 6.44 mg/L 대비 높은 값이 나타났다는 것이다. 반대로 맛있는 물 지표(O-index) 결과가 2 미만이면서, 건강한 물 지표(K-index)는 5.2 미만인 곳은 수종사 석곽수(①), 정암사 적조암 약수(⑧), 범주사 감로천(③④), 백련사 윗선원 약수(④⑧)로 총 4곳으로 나타났다. 이러한 결과가 나타난 이유는 물맛을 나쁘고 건강하지 못하게 하는 요소인 마그네슘(평균값 1.25 mg/L), 황산 이온(평균값 2.45 mg/L), 나트륨(평균값 1.52 mg/L)의 수치가 평균값보다 높거나 평균치 정도를 보였기 때문인 것으로 판단된다.

### 4) 주요 약수의 물 지표에 대한 종합 분석 및 고찰

맛있는 물 지표 분석결과 평균 14.40으로 평균값 이상의 수치를 보인 곳은 남대 총명수(⑨), 백흥암 옥돌물(⑪⑦), 옥련암 약수(⑪⑨), 자장암 감로수(②②), 비로암 산정약수(②③), 칠불사 유천수(②⑥), 칠불사 수곽수(②⑦), 옥천사 약수(③⑫), 복천암 약수(③⑤), 상환암 약수(③⑦) 총 10곳이었다. 분석결과의 범위는 0.811 ~ 178.014이었고,

분석결과가 가장 낮은 곳은 백련사 윗선원 약수(48)이고, 가장 높은 결과를 보인 곳은 속리산 상환암 약수(37)로 나타났다. 이처럼 높은 수치를 나타낸 이유는 물맛을 좋게 하는 성분인 칼슘, 칼륨, 이산화규소가 조사대상지 50곳에 비해 평균값보다 높거나 평균치를 유지했기 때문으로 판단된다.

건강한 물 지표 분석결과 평균 5.121로 평균치보다 높은 값을 보인 곳은 봉선사 수곽수(4), 원효샘(5), 자재암 약수(6), 동대청계수(10), 은혜사 백흥암 약수(16), 통도사 약수(24), 쌍계사 양수(29), 옥천사 선원수(30), 옥천사 옥샘(31), 옥천사 약수(32), 표충사 영정약수(33), 복천암 약수(35), 상환암 약수(37), 쌍산재 당물샘(39), 대흥사 장군수(45)로 총 15곳으로 나타났다. 분석결과 범위는 -0.878 ~ 45.510로서 그 값이 가장 낮은 곳은 대흥사 일지암 유천(43)이었고, 결과가 가장 높은 곳은 은혜사 백흥암 약수(16)이었다. 건강한 물 지수가 이처럼 높게 나온 이유는 물을 건강하게 하는 성분인 칼슘이 조사대상지 평균 6.44 mg/L보다 월등히 높은 50.5 mg/L이었기 때문으로 판단된다.

맛있는 물 지표(O-index)가 2 이상이고, 건강한 물 지표(K-index)가 5.2 이상이면 그 물은 맛있고 건강한 물로 평가되고 반대로 맛있는 물 지표(O-index)가 2 미만이고, 건강한 물 지표(K-index)가 5.2 미만이면 그 물은 맛이 있지 않고, 건강하지 않은 물로 분류된다. 조사대상지 50곳을 분석한 결과 봉선사 수곽수(4), 자재암 원효샘(5), 자재암 약수(6), 오대산 동대 청계수(10), 통도사 약수(24), 쌍계사 약수(29), 옥천사 선원수(30), 옥천



사 옥샘(㉓), 옥천사 약수(㉔), 표충사 영정약수(㉕), 속리산 복천암 약수(㉖), 속리산 상환암 약수(㉗), 쌍산재 당물샘(㉘) 총 13곳은 칼슘의 농도가 평균값 6.44 mg/L 대비 높은 값이 나타났기 때문에 맛있는 물 지표와 건강한 물 지표가 각각 2와 5.2를 넘어 맛있고 건강한 물로 분류되었다. 반대로 수종사 석곽수(㉑), 정암사 적조암 약수(㉒), 법주사 감로천(㉙), 백련사 윗선원 약수(㉚) 4곳은 맛이 있지 않고, 건강하지 않은 일반적인 물로 분류되었다. 이러한 결과의 차이를 가져온 이유는 물맛을 나쁘고 건강하지 못하게 하는 성분인 마그네슘과 나트륨, 황산이온이 평균값보다 높거나 평균치를 보였기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 분석결과를 바탕으로 우리나라의 주요 약수는 대부분 맛있는 물로 나타났다.

#### 4. 물맛평가 비교분석

조사대상지역 50곳 약수의 칼슘, 칼륨, 이산화규소 농도 데이터를 바탕으로 하시모토 교수가 개발한 맛있는 물 지표(O-index)와 이승재 등<sup>20)</sup>이 개발한 맛있는 물 평가지표(mineral water index : M-index)의 결과값을 비교 분석 하였다. 구체적인 분석 결과는 Table 9와 같다.

M-index의 Z값은 해당 미네랄의 추정된 확률분포에 대해 정규화된 농도를 의미하기 때문에 음수(-) 값이 나타난 이유는 평균치보다 낮은 함량의 미네랄이 용해되어 있기 때문이고, 양수(+) 값이 나타난 이유는 평균보다 많은 미네랄이 용해되어 있기 때문이



다.<sup>20)</sup> M-index 분석결과 범위는 -3.726 ~ 5.008이었으며, 분석 결과가 5.008로 가장 높게 나타난 곳은 통도사 약수(㉔)였고, 통도사 약수의 O-index 값은 6.286으로 맛있는 물로 평가되는 물이었다. M-index 값이 -3.726으로 가장 낮게 나타난 곳은 백련사 뿔선원물(㉘)이었고, 백련사 뿔선원물의 O-index 값은 0.811로 조사대상지 50곳 중 가장 낮은 값을 나타내어 맛이 있지 않은 물로 평가되는 물이었다. 이는 물맛을 좋게 하는 성분인 칼슘과 칼륨, 이산화규소가 많이 용해되어 있을수록 물맛이 좋게 평가되는 것으로 판단된다.

Table 9. Comparison of O-index and M-index

Site	O-index	M-index
① Sujongsa Seokgwaksu	1.242	0.332
② Sujongsa Seokgansu	3.161	-2.842
③ Bongseonsa well	2.942	1.852
④ Bongseonsa Sugwaksu	5.378	3.624
⑤ Jajaeam Wonhyosaem	2.461	-0.514
⑥ Jajaeam Yaksu	3.031	2.353
⑦ Jeongamsa Seokgwaksu	2.709	-2.328
⑧ Jeongamsa Jeokjoam Yaksu	1.858	-3.571
⑨ Namdae Chongmyeongsu	19.130	-1.746
⑩ Dongdae Cheonggyesu	2.367	-0.558
⑪ Sangwonsa Janggunsu	3.153	-1.345
⑫ Bukdae Gamrosu	3.040	-1.834
⑬ Jungdae Okgyesu	2.330	-1.093
⑭ Seodae Wootongsu	10.930	0.968
⑮ Woljeongsu Sugwaksu	4.046	0.415
⑯ Eunhaesa Baekheungam Yaksu	1.748	3.441
⑰ Baekheungam Okdolwater	51.192	0.953
⑱ Girimsa Sugwaksu	3.122	0.682
⑲ Okryeonam Yaksu	39.390	-0.129
⑳ Baekryeonam Yaksu	73.491	0.106
㉑ Jajangam Yaksu	2.537	-2.879
㉒ Jajangam Gamrosu	29.580	-0.867
㉓ Biroam Sanjeongyaksu	14.822	2.237
㉔ Tongdosa Yaksu	6.286	5.008
㉕ Gajisan Yaksu	3.788	-1.028
㉖ Chilbulsu Yucheonsu	34.142	-2.173
㉗ Chilbulsu Sugwaksu	23.680	-3.318
㉘ Ssanggyesa Eumsu	4.174	-0.015
㉙ Ssanggyesa Yangsu	3.917	1.862
㉚ Okcheonsa Seunwonsu	11.705	0.514
㉛ Okcheonsa Oksaem	11.379	0.618

㉔ Okcheonsa Yaksu	15.679	-0.152
㉕ Pyochungsa Yeongjeong Yaksu	2.201	2.662
㉖ Beopjusa Gamrochun	1.895	0.053
㉗ Bokcheonam Yaksu	46.140	2.284
㉘ Sanggoam Yaksu	2.033	-1.996
㉙ Sanghwanam Yaksu	178.014	2.550
㉚ Gaeamsa Wonhyobang Yaksu	-	-
㉛ Ssangsanje Dangmolsaem	8.989	4.603
㉜ Hwaeomsa Okcheon	3.358	1.690
㉝ Hwaeomsa Daeungjeon Sugwaksu	12.136	-3.403
㉞ Cheoneunsa Gamrocheon	2.029	-1.485
㉟ Daeheungsa Iljam Yucheon	13.189	-1.174
㊱ Daeheungsa Iljam Sugwaksu	8.838	-2.656
㊲ Daeheungsa Janggunsu	2.473	2.825
㊳ Borimsa Borimyaksu	9.782	-2.856
㊴ Baekryeonsa low Seonwon Yaksu	4.568	-2.000
㊵ Baekryeonsa high Seonwon Yaksu	0.811	-3.726
㊶ Baekryeonsa Haejangsu	4.497	2.033
㊷ Dasan Yakcheon	6.229	2.022
Range (average)	0.811~178.014 (14.400)	-3.726~5.008 (0.00)

## IV. 결 론

옛 문헌을 통해 알아낸 우리나라의 옛 차인들이 이용한 전국 각지의 주요 약수를 정량분석한 후 맛있는 물 및 건강한 물 평가지표를 활용하여 물의 수질특성을 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 물의 맛에 영향을 주는 심미적 영향물질 분석결과 수소가 온농도가 5.27 ~ 8.42(평균 6.54), 용존산소가 4.34 mg/L ~ 20.84 mg/L(평균 9.42 mg/L), 전기전도도가 3  $\mu$ S/cm(2곳) ~ 421.00  $\mu$ S/cm(평균 58.00  $\mu$ S/cm), 온도가 8.6℃ ~ 22.7℃(평균 16.38℃), 경도가 4 mg/L(2곳) ~ 147 mg/L(평균 20.90 mg/L), 과망간산칼륨소비량이 불검출(13곳) ~ 5.6 mg/L(평균 0.93 mg/L), 염소이온 0.7 mg/L(2곳) ~ 21.76 mg/L(평균 3.34 mg/L), 총고형물이 16 mg/L ~ 234 mg/L(평균 49.92 mg/L)를 보였으며, 전체적으로 은혜사 백홍암 약수(16) 1곳을 제외한 49곳이 연수이며, 먹는물 수질기준에 적합한 것으로 나타났다.

둘째, 미네랄 및 음이온 성분은 나트륨이 0.152 mg/L ~ 5.736 mg/L(평균 1.52 mg/L), 칼슘이 0.646 mg/L ~ 50.5 mg/L(평균 6.44 mg/L), 마그네슘이 0.144 mg/L ~ 7.066 mg/L(평균 1.25 mg/L), 칼륨이 불검출(1곳) ~ 1.6 mg/L(평균 0.66 mg/L), 이산화규소가 1.988 mg/L ~ 18.92 mg/L(평균 7.79 mg/L), 아연이 불

검출(24곳) ~ 0.129 mg/L (평균 0.01 mg/L), 염소이온이 0.7 mg/L(2곳) ~ 21.764 mg/L(평균 3.34 mg/L), 철이 불검출(45곳) ~ 0.2 mg/L(평균 0.01mg/L), 황산이온이 불검출(20곳) ~ 27 mg/L(평균 2.45 mg/L), 알루미늄이 불검출(33곳) ~ 48 mg/L(평균 0.03 mg/L)의 범위로 조상대상지의 약수는 아연, 철 및 알루미늄은 전반적으로 불검출 되거나 극미량이 함유되어 있었으며, 먹는 물 수질기준에 적합한 것으로 나타났다. 물맛을 좋게 하는 인자인 Ca, K, SiO<sub>2</sub>는 SiO<sub>2</sub> > Ca > K의 순서로 함유량의 차이를 보였고, 물맛을 나쁘게 하는 인자인 Mg, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 비교한 결과는 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > Mg 순으로 함유량에 차이를 보였다.

셋째, 맛있고 건강한 물 지표에 따른 물의 특성 분석결과 O-index는 0.811 ~ 178.014(평균 14.40), K-index는 -0.878 ~ 45.510(평균 5.121)로 나타났으며, 맛있고 건강한 물은 봉선사 수광수(④), 자재암 원효샘(⑤) 등을 포함한 총 13곳, 맛있는 물은 수종사 석간수(②), 봉선사 우물(③) 등을 포함한 총 44곳, 건강한 물은 은혜사 백홍암 약수(⑩), 봉선사 수광수(④), 원효샘(⑤) 등을 포함하여 14곳으로 나타났다. 그 외 수종사 석광수(①), 정암사 적조암 약수(⑧), 법주사 감로천(⑭), 백련사 윗선원 약수(⑮) 총 4곳은 맛있지 않고 건강하지 않은 일반적인 물로 나타났다. 이처럼 우리나라 주요 약수 물은 전반적으로 맛있는 물로 나타났다.

넷째, 맛있는 물 지표 O-index와 M-index 분석 결과 O-index

는 0.811 ~ 178.014(평균 14.40), M-index는 -3.726 ~ 5.008 (평균 0.00)으로 나타났으며, 두 지수 모두 최저값을 나타낸 곳은 백련사 뒤편원물(48)이었고, O-index가 178.014로 가장 높은 값을 나타낸 상환암 약수(37)의 경우 M-index 값이 2.55로 평균값보다 높게 나타났다. 또한, M-index 값이 5.008로 가장 높은 값을 나타낸 곳은 통도사 약수(24)였고, 통도사 약수의 O-index 값은 6.286로 맛있는 물로 평가되는 물이었다.

현재까지의 조사결과를 보면 조사대상지인 50곳 대부분이 먹는 물 수질기준에 적합하고, 그 물맛이 맛있다고 나타났다. 하지만 맛있고 건강한 물에 대한 욕구가 점점 증가하고 있기 때문에 주요 약수에 대한 정기적인 수질관리를 통한 수질 개선이 필요할 것으로 보인다. 또한 이러한 약수가 더욱 다양한 분야에서 활용될 수 있도록 약수 관리를 일부 지역에 편중하지 않고, 우리나라 전체를 대상으로 확대해 나가야 하고, 체계적이고 지속적으로 수질 정량분석을 통한 물맛평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다.



## References

1. Kwater, [http://www.kwater.or.kr/main.do?s\\_mid=1](http://www.kwater.or.kr/main.do?s_mid=1), 2016
2. 김현실 (2002) 부산지역 일부 약수터의 수질특성에 관한 연구.  
대한환경공학회지 24 (5): 939-953
3. 방석배 (2005) 맛있는 물·건강한 물 평가지표에 관한 연구.  
한국물환경학회 2005: 148-153
4. Hashimoto (1987) Indices of drinking water concerned with taste and health. J. Ferment. Technol. 65 (2): 185-192
5. 김진숙 (2009) 중국차문화 茶經 :陸羽 原著. 국학자료원.  
서울.pp. 151-153
6. 김대성 (2004) 초의선사의東茶頌: 다송 자필사본. 동아일보사.  
서울. pp. 62
7. 김명배, (2007) 중국의 다도. 명문당, 서울 pp84
8. 배근희 (2010) 新羅時代 茶文化 研究. 석사학위논문,  
원광대학교, pp. 16-68
9. 월간茶道 (2011) 온고지신/製茶新譜-네번째. 월간茶道, 서울,  
pp. 96-97
10. 류건집 (2012) 宋代茶書의 註解(上). 이른아침, 서울,  
pp. 128-131
11. 배규범 (2006) 초의의순(草衣意恂)의 다시(茶詩) 연구 -  
다선일여(茶禪一如)의 시문학거 해명. 온지학회 14: 255-286
12. 임혜봉 (2005) 한국의 불교 茶詩: 불교 茶詩의 집대성.

- 민족사, 서울, pp. 274
13. 전동복 (2007) 문헌(文獻)을 통한 찻물 고찰. 석사학위논문,  
목포대학교, pp. 41-43
14. 혜우 (2007) 찻물기행(혜우스님의). 초롱. 서울. pp. 1-286
15. 이병인 (2015) 찻물의 이화학적 수질특성에 관한 연구.  
한국차학회 21 (2): 45-53.
16. 박지영 (2004) 물과 차의 관계에 대한 문헌 연구. 한국차학회  
10권 3호 pp. 21~54
17. 환경부 (2015) 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙.  
환경부령 제621호 (2015.11.23,일부개정)
18. 신호상 (1996) 먹는 샘물의 분석과 수질에 관하여.  
한국분석과학회 9 (1): 122-143
19. 이성호 (2002) 국내 시판샘물의 수질특성에 관한 연구.  
대한환경공학회지 24 (12): 2119-2128
20. 이승재 (2011) 맛있는 물 지표 개발을 통한 국내 약수 평가.  
상하수도학회지 25 (1): 7-14
21. 네이버카페, <http://cafe.naver.com/kwatersommelier/370>,  
2013
22. 환경부 (2013) 먹는물 수질공정시험방법. 환경부 고시  
제2013-30호
23. 환경부 (2014) 수질오염 공정시험기준. 환경부 고시  
제2014-163호 (투고일, 2015년 9월 24일 수정일, 2015년  
11월 23일 게재 확인일, 2015년 11월 26일)

24. 네이버 지식백과, <http://terms.naver.com/>, 2016
25. 인터넷 뉴스 조선닷컴, 매일 마시는 물, 어떻게 마셔야 할까, 2016
26. 전민영 (2011) 물이 찻물 품질에 미치는 영향에 관한 연구. 석사학위논문, 한서대학교, pp. 27-35
27. kwater 블로그 맛있는 수도, <http://www.blogkwater.or.kr/>, 2014
28. 김형석 (2011) 건강한 물 맛있는 물. 음악의 향기. 인천. pp.201-202
29. 네이버 블로그, <http://blog.naver.com/g707>, 2.13
30. 매거진 singles, 특별한 몸, 특별한 물, 2014
31. 보건환경연구원, <http://www.busan.go.kr/62600880000000/officehome/Mainbs>, 2016
32. 이병인, 권정환, 고소희, 구희수, 박제성, 홍성철, 이영경 (2015) 물맛평가지표를 이용한 우리나라 물의 수질특성 연구. 한국차학회 21 (4): 38-45.

# Study on the Water Tasting Assessment and their Indicators of Major Mineral Waters in Korea

Goo Hee-Soo

Department of Bioenvironmental Energy  
The Graduate School  
Pusan National University

## Abstract

The aim of this study is to provide basic information about the water quality characteristics and water tasting assessment of Korean mineral waters. Major mineral waters were selected based on literature reports. Water quality and assessment of water taste of 50 water samples were done using the tasty and healthy water index (K- and O-indices).

The water quality analysis results of 50 sites are as follows.

1. The composition of minerals and negative ion, 0.152 ~ 5.736 mg/L (Avg. 1.52 mg/L) of sodium, 0.646 ~ 50.50 mg/L (Avg. 6.44 mg/L) of calcium, 0.144 ~ 7.066 mg/L (Avg. 1.25 mg/L) of magnesium, undetected ~ 1.600 mg/L (Avg. 0.66 mg/L) of potassium, 1.988 ~ 18.92 mg/L (Avg. 7.79 mg/L) of silica and undetected ~ 27 mg/L (Avg. 2.45 mg/L) sulfate ion were detected, showing the water to be potable.

2. The composition of aesthetic materials, 5.27 ~ 8.42 (Avg. 6.54) of pH, 4.34 ~ 20.84 mg/L (Avg. 9.42 mg/L) of oxygen demand, 3 ~ 421 mg/L (Avg. 58.00 mg/L) of conductivity, 8.6 ~ 22.7 mg/L (Avg. 16.38 mg/L) of temperature, undetected ~ 5.6 mg/L (Avg. 0.93 mg/L) of consumption of  $\text{KMnO}_4$ , 0.7 ~ 21.76 mg/L (Avg. 3.34 mg/L) of  $\text{Cl}^-$  and 16 ~ 234 mg/L (Avg. 49.92 mg/L) of total solids showing the water to be potable. In addition to that, hardness was measured to be 4 ~ 147 mg/L. Hardness is an important element which determines the water taste. Hard water was found in one site and all other sites were found to be soft waters emerged during the overall process of analysis.

3. Water taste can be changed by several factors like minerals and aesthetic materials. Consequently, the tasty and healthy water index (K- and O-indices) can be obtained the value through those factors. According to the analysis based on the tasty and healthy water index, the O- and K-indices were 0.81 ~ 51.29 (Avg. 11.13) and -0.23 ~ 17.33 (Avg. 4.17).

From the above results, it can be concluded that Korea mineral waters are generally tasty and 13 out of 50 are tasty and healthy water. However, for better taste and use of diverse parts of mineral water, evaluation of the water tasting assessment constantly be made through the water quality analysis.