

차를 이용한 수돗물 간접 음용시 수돗물 중 미네랄 함량 변화 연구 Study on the Changes of the Mineral Contents in Tap-water Drinking with Diverse Teas

김정희 · 류리나 · 송대성 · 이정엽 · 이영주*[†]

Jeonghee Kim · Rina Ryoo · Daesung Song · Jeongyeop Lee · Young-Joo Lee*[†]

K-water연구원 수질분석연구센터 · *K-water연구원 상하수도연구소

Water Quality Research Center, K-water Institute

*Water Research Center, K-water Institute

(Received September 8, 2015; Revised September 16, 2015; Accepted September 21, 2015)

Abstract : On this study, we investigated the removal characteristics of residual chlorine and DBPs in tap-water during boiling. Also we investigated the releasing characteristics of essential minerals in infusion tea. While recent studies focused on removal mechanisms of harmful heavy metals in infusion tea, this study tried to suggest the way to drink tap-water healthier and safer by examining releasing mechanisms of essential minerals in infusion tea. As a result, residual chlorine(initial conc. was 0.7 mg/L) was all removed in 20 minutes after heating and DBPs (the sum of THMs, HAAs and CH) were removed up to 65%. 6 kinds of essential minerals (Ca, K, Na, Mg, S, P) were released from 5 kinds of infusion tea (barley tea, corn tea, brown rice tea, cassia seed tea, solomon's seal tea) on the market. In cassia seed tea, the amount of essential minerals released from tea showed the highest values, 9.6 mg/g, and brown rice tea was the lowest, 1.6 mg/g. Particularly, the released amounts of potassium, playing a key role in human body in maintaining normal blood pressure, cell metabolism and enzyme action, showed relatively high. Through this study, we got to know that essential minerals can be obtained up to 40% of recommended nutritional intake for Korean by boiling tap-water with infusion tea.

Key Words : Essential Mineral, Tap Water, Infusion Tea, Residual Chlorine, Disinfection By-products

요약 : 본 연구에서는 수돗물을 끓이는 과정에서의 잔류염소와 소독부산물 제거 특성과 더불어 차를 이용하여 끓였을 때 인체 필수 미네랄 성분의 용출특성에 대해 조사하였다. 현재까지 대부분의 연구가 차를 이용하여 끓였을 때 유해 중금속의 흡착·제거에 초점을 맞추었다면, 본 연구에서는 차를 이용하여 끓였을 때 인체 필수 미네랄 성분의 용출특성에 대해 조사함으로써 보다 건강하고 안전하게 수돗물을 음용하는 방법에 대해 제안하고자 하였다. 조사결과 잔류염소농도 0.7 mg/L 수돗물을 약 20분 가열시 모두 제거되었으며, 소독부산물(THMs, HAAs, CH) 농도는 65%까지 감소하였다. 시판 차 5종(옥수수, 보리, 둥굴레, 현미, 결명자)을 이용하여 끓였을 때 인체 필수 미네랄 6종(칼슘, 칼륨, 나트륨, 마그네슘, 황, 인)의 단위중량당 용출량 총합은 결명자차가 최대 9.6 mg/g으로 가장 높았으며, 현미차의 용출량은 1.6 mg/g으로 상대적으로 낮았다. 특히 다른 미네랄에 비해 체내에서 정상혈압유지, 세포물질대사, 효소작용 등 중요역할을 담당하는 칼륨의 용출량이 상대적으로 높은 것으로 조사되었다. 또한 차를 이용하여 수돗물을 끓여 마시는 것만으로도 일부 미네랄성분은 한국인 영양권고 섭취량의 최대 40%까지 섭취 가능한 것으로 조사되었다.

주제어 : 필수미네랄, 수돗물, 시판차, 잔류염소, 소독부산물

1. 서론

우리나라 수돗물은 미국 수도협회(American Water Works Association, AWWA) 5-Star 수준의 시설운영과 세계 물맛대회 Top 7을 달성해 명실상부한 세계 최고 수준의 수돗물로 인정받고 있으며, K-water, 특광역시 등에서는 법정 수질검사항목 보다도 훨씬 강화된 수질기준을 적용하여 유해물질로부터 안전한 수돗물 공급을 위해 노력하고 있다.¹⁾ 그러나 2012년 수돗물 음용률 조사결과에 의하면, 조사기관, 대상 및 조사방식에 따라 차이가 있지만 수돗물 직접음용은 1~5%로 주요 선진국(영국 2002년 90%, 미국 2003년 82%)에 비해 매우 낮은 수준으로 나타나고 있다.²⁾ 우리나라 수돗물 음용률이 낮은 원인으로는 수돗물에 대한 막연한 불안감, 관

로오염 등을 들 수 있으나 수돗물 음용률을 단순히 직접 음용 비율만으로 비교하는 것이 옳은 것인지에 대해서는 다시 한번 생각할 필요가 있다. 우리나라는 오래 전부터 누룽지나 차를 넣어 물을 끓여 마셔온 이른바 ‘송농문화’로 대표되는 차 문화를 가지고 있으며, 최근 먹는샘물이나 정수기 사용이 늘고는 있으나 아직까지도 많은 사람들은 건강과 물맛을 좋게 하기 위하여 물을 끓여 마시는 것이 보편적인 물 마시는 방법이라고 할 수 있다. 이는 2012년 수돗물 만족도 조사결과 차를 넣고 끓여 마시는 비율 즉 간접 음용률이 52%로 직접음용률 4%와는 큰 격차가 있는 것을 통해서도 간접적으로 확인할 수 있다.²⁾

차는 전세계인이 즐기는 비알코올성 음료로 전세계 2/3 이상의 인구가 의학적 효과나 기분전환 등의 목적으로 마시

[†] Corresponding author E-mail: xjlee1947@kwater.or.kr Tel: 042-870-7532 Fax: 042-870-7549

고 있으며, 차에는 미량 또는 극미량 미네랄을 포함하고 있어 건강증진 효과가 있다고 알려져 있다.^{3,4)} 그 동안 대부분 차를 이용하여 물을 끓였을 때 인체에 해로운 유해중금속 제거에 중점을 둔 연구들은 있었으나, 본 논문에서는 이와는 다른 관점에서 접근하고자 하였다.⁵⁻⁷⁾ 본 논문에서는 가정에서 주로 사용하고 있는 보리, 옥수수, 결명자 등의 시판 차를 수돗물에 넣고 끓였을 때 인체 건강성과 밀접한 관련이 있는 필수 미네랄 함량변화를 조사하였다. 또한 잔류염소와 소독부산물 및 유해중금속에 대한 제거 특성을 조사함으로써 건강에 유해한 물질은 줄이고 건강에 유익한 미네랄 성분들은 강화하는 방향으로 수돗물을 건강하고 안전하게 음용할 수 있는 방법에 대하여 제안하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시약 및 재료

실험에 사용한 차는 시판되는 옥수수, 보리, 등굴레, 현미, 결명자의 5종 알곡과 티백제품을 구매하여 사용하였으며, 수돗물은 K-water C 정수장 정수를 이용하였다. 필수미네랄 6종(칼슘, 칼륨, 나트륨, 마그네슘, 황, 인)과 유해중금속 4종(납, 비소, 카드뮴, 안티몬)은 Accustandard 社의 표준물질 (1,000 mg/L)을 사용하였으며, 소독부산물은 Supelco 社의 표준물질 VOC mix (1,000 mg/L)를 사용하였다. 차 제조 시 용출조건을 동일하게 맞추기 위해 가열에 사용된 가스레인지(Camp II, Korea, 가스소비량 140 g/h)와 유리포트(Duran, Germany)는 동일 제품을 이용하였다.

2.2. 실험 방법

본 연구에서는 다음의 3가지 순서로 실험을 진행하였으며, Fig. 1에 도식화 하였다. 실험에 사용한 수돗물의 초기 수온은 23℃였으며, 가열 후 약 12분부터 끓기 시작하였다.

첫째, 차를 넣지 않고 단순 가열시 수질변화 조사를 위하여 유리포트에 수돗물 2 L를 넣고 0~40분까지 가열시간 경과에 따라 잔류염소와 소독부산물(THMs, HAAs, CH) 농도변화를 조사하였다. 가열 5분 경과 후 수온은 55℃, 10분 경

과 후 85℃였으며 끓기 시작한 후 99℃ 이상을 유지하였다.

둘째, 수돗물에 차를 넣고 끓였을 때 용출되는 미네랄 함량변화 조사를 위해 시판되는 알곡차 일정량(5~30 g)을 물 2 L에 넣은 후 20분간 가열하여 용출되는 미네랄 함량변화를 분석하였다. 또한 티백제품은 판매사에서 권장하는 사용방법에 따라 제조 후 실험을 실시하였다. 각 차의 투입량이 차 종류에 따라 각각 다르므로 용출되는 미네랄 함량 비교를 위하여 검출농도에 시료량을 곱하여 차 단위중량당 용출량으로 산정 후 비교 분석하였다. 또한 가열시간 경과에 따른 미네랄 용출특성 파악을 위하여 알곡차 일정량을 넣고 끓임 시간 10, 15, 20, 25분 경과 시 시료를 채취하여 미네랄 용출속도 및 용출량을 산정하였으며, 차를 넣고 끓이기 전·후 총 미네랄 대비 이온성미네랄 함량비도 조사하였다.

셋째, 차 종류에 따른 유해중금속(납, 비소, 카드뮴, 안티몬) 제거능 파악을 위하여 유해중금속 4종을 각각 0.01 mg/L가 되도록 수돗물 2 L에 첨가 한 후 티백차 4종(보리, 옥수수, 등굴레, 결명자)을 넣고 10분 동안 가열 후 차 단위 중량당 유해중금속 제거능을 조사하였다.

2.3. 시료분석

시료 채취 시 0.45 μm GF/C filter (Whatman 社, USA)를 이용하여 입자상 물질을 제거한 후 미네랄 농도는 ICP/OES (Perkin Elmer 5300DV, USA)를 이용하여 분석하였으며, 이온성 미네랄 함량비 조사를 위하여 IC (Dionex ICS 5000, USA)를 이용하여 분석하였다. 물 끓임에 의한 수돗물 중 소독부산물(THMs, HAAs, CH) 농도변화를 측정하기 위하여 먹는물 수질공정시험기준에 준하여 전처리한 시료를 GC (Bruker CP3800, USA) 및 GC/MS (Agilent 6890, USA)를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 단순 가열시 수질변화

3.1.1. 잔류염소 제거 특성

수돗물은 세균이나 전염병으로부터 위생학적으로 안전한

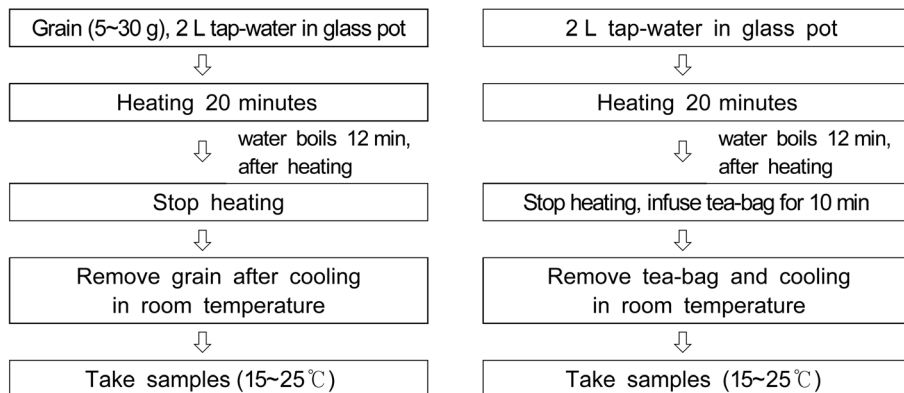


Fig. 1. Sample Preparation (Left : Grain tea, Right : Tea-bag).

Table 1. Concentrations of residual chlorine during heating

Duration (min)	Conc. of residual chlorine (mg/L)	Removal rate (%)
0	0.31	-
5	0.09	71
10	ND	100
20	ND	100
30	ND	100
40	ND	100

* Detection limit : 0.05 mg/L

물을 생산·공급하기 위하여 염소, 차아염소산나트륨, 오존 등을 이용한 소독을 실시하고 있으며 급수과정 중 세균 재생장 등의 안전성 확보를 위하여 일정한 염소농도(0.1 mg/L 이상)를 유지하고 있다. 그러나 안전을 위해 주입하는 염소와 같은 소독제로 인한 냄새는 심미적으로 거부감을 일으킬 수 있어 수돗물을 음용하지 않는 주요 원인이 되기도 한다.¹⁾ 따라서 차나 레몬 등 다른 물질을 이용하지 않고 단순히 끓이는 과정만으로도 잔류염소 제거효과가 있는지에 대하여 조사하였다. 잔류염소 농도 0.3 mg/L의 수돗물을 0~40분까지 가열하면서 잔류염소 농도변화를 측정할 결과 가열시작 5분 경과 후 71%가 제거되고 10분경과 후에는 정량한계(0.05 mg/L) 이하로 나타나 모두 제거되는 것으로 조사되었다(Table 1).

즉 가정 수도꼭지에서의 잔류염소 농도 0.3~0.4 mg/L를 감안한다면 10분 정도만 가열해도 잔류염소가 모두 제거되어 염소냄새가 나지 않는 수돗물을 마실 수 있는 것이다.

3.1.2. 소독부산물 제거 특성

소독부산물은 수처리과정 중 소독제와 유기물의 반응에 의해 생성되는 물질로 일부는 인체에 유해한 영향을 미칠 수 있어 먹는물 수질기준으로 엄격하게 관리하고 있다. 따라서 본 연구에서는 단순히 끓이는 과정에서 소독부산물 농도변화에 대해 조사하였다. K-water C 정수장 수돗물의 소독부산물은 각각 THMs 0.038 mg/L, HAAs 0.021 mg/L, CH 0.007 mg/L이었으며, 잔류염소 제거능 실험과 동일하게 0~

40분까지 가열하면서 가열시간 경과에 따른 소독부산물 농도 변화를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다.

가열 5분 뒤 전체 소독부산물(THMs + HAAs + CH)의 22%, 10분 뒤 30%, 20분 경과 시 총 65%까지 제거되었으며, 그 이후 시간 경과에 따른 제거율 변화는 거의 없었다. 이 중 20분 가열시 THMs은 0.038 mg/L에서 0.006 mg/L로 전체의 84%가 제거되는 반면, HAAs는 0.021 mg/L에서 0.016 mg/L로 24%가 제거되어 상대적으로 제거율이 낮았다. 이는 THMs 물질 중 CHCl₃가 끓는점이 62°C로 가장 낮고 헨리 상수도 가장 큰 반면, HAAs 물질의 끓는점은 189~233°C로 높아 휘발이 잘 되지 않기 때문으로 판단된다. 또한, 김 등⁸⁾이 제시한 바와 같이 HAAs의 구성성분인 TCAA는 가열 10분 경과 후부터 급격하게 분해되어 감소하는 반면, DCAA는 물을 끓이는 과정에서 생성되는 양이 열에 의해 분해되는 양보다 많아 끓임 시간 경과에 따라 증가하는 경향을 보인 것이 원인으로 판단된다. 또한 김 등⁹⁾의 연구에서도 끓임 시간 3~30분까지 DCAA가 11.0~635.5%로 증가하였고 수중 잔류염소와 DBPs 전구물질과의 가열반응에 의해 생성된 DCAA가 휘발이 잘 안되고 끓임 조작 동안 잘 분해가 안 됨을 원인으로 제시하고 있다. 결과적으로 물을 약 20분 정도 끓여 마시는 것만으로도 소독부산물이 65% 이상 제거되어 보다 건강한 물을 마실 수 있는 것으로 나타났다.

3.1.3. 미네랄 총량과 이온성 미네랄의 함량비 변화 특성

물을 끓이는 과정에서 인체에 유익한 미네랄 총량과 이온성 미네랄 함량비 변화를 조사하기 위하여 가열시간을 0~40분까지 단계적으로 증가시키면서 실험하였고, 그 결과는 Table 2와 같다. 단순히 끓였을 때 미네랄 함량은 끓이기 전에 비해 최대 20%까지 증가하였는데, 이는 물을 끓이는 과정 중 증발되는 양(40분 가열시 약 370 mL, 전체 양의 약 19%)을 감안하면 물을 끓이는 과정 중 함량변화는 거의 없다고 볼 수 있다. 더불어 가열 전·후 총 미네랄 대비 이온성 미네랄 함량비를 조사한 결과 가열전 92% (85~95%), 가열 후 87% (81~90%)로 가열 전·후 이온성 미네랄도 거의 변화가 없는 것으로 조사되었다.

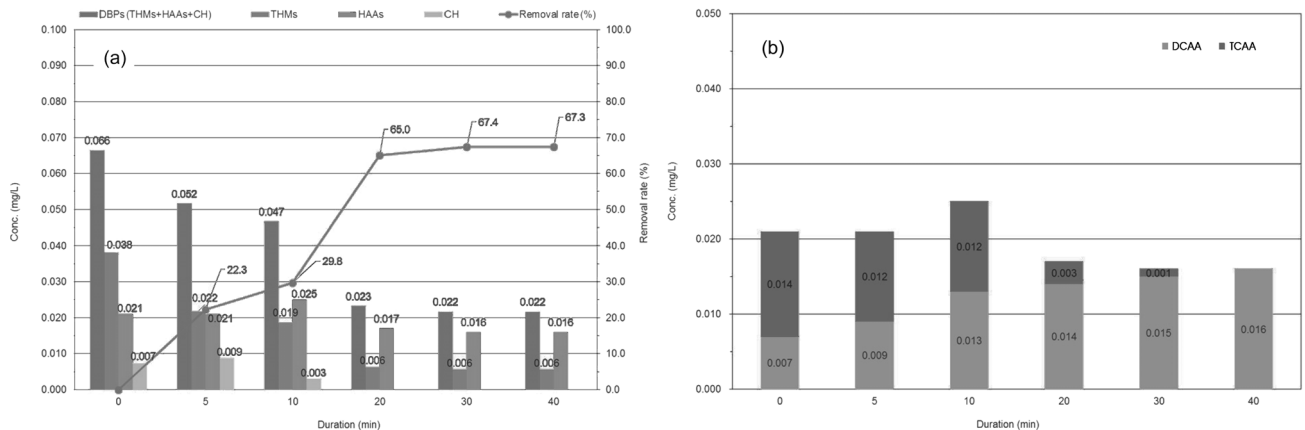


Fig. 2. Concentrations of DBPs during heating ((a) DBPs, (b) HAAs species).

Table 2. Ratio of total mineral contents vs ionic mineral contents before and after heating tap-water (n=3) (unit : mg/L)

Category	Ca			Mg		
	Total	Ionic	Ratio (%)	Total	Ionic	Ratio (%)
Before heating	19.70±0.31	16.91±0.92	85±5	3.84±0.12	3.68±0.22	95±7
After heating	22.10±0.57	17.98±1.26	81±3	4.34±0.05	3.91±0.39	90±8
Category	Na			K		
	Total	Ionic	Ratio (%)	Total	Ionic	Ratio (%)
Before heating	8.71±0.19	8.09±0.50	93±8	2.92±0.28	2.77±0.19	95±12
After heating	9.97±0.52	8.59±0.51	86±1	3.27±0.27	2.95±0.15	90±2

* Ratio (%) = (Ionic mineral contents/total mineral contents) × 100

3.2. 차 제조 시 미네랄 함량변화

3.2.1 필수미네랄 용출 특성

수돗물에 차를 넣고 끓였을 때 필수미네랄 6종의 함량 변화를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 칼륨의 단위 중량당 용출량이 1.48~9.78 mg/g으로 가장 높은 반면, 칼슘은 극미량이지만 등굴레차를 제외한 나머지 차에서는 흡착되는 양이 용출되는 양보다 더 많아 오히려 농도가 감소(-1.40~0.23 mg/g)하는 것으로 나타났다. 특히 결명자차의 경우 흡착량과 용출량의 차이 즉 g당 제거되는 칼슘양이 -1.40 mg/g으로 가장 많이 흡착되는 것으로 조사되었다. 차 단위중량당 필수미네랄 6종의 용출량 합(mg/g)을 산정한 결과, 결명자차와 등굴레차의 단위 중량당 미네랄 용출량이 9.51~9.61 mg/g으로 높았으며 상대적으로 현미의 미네랄 용출량이 1.60 mg/g으로 가장 낮은 것으로 조사되어 두 차 사이에는 약 6 배 가량 미네랄 용출량 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히 다른 미네랄에 비해 체내에서 정상혈압유지, 세포물질대사,

Table 3. Amounts of released 6 essential minerals from unit-weighted tea (n=3) (unit : mg/g)

Parameter	Ca	Mg	Na	K	S	P
Barley tea	-0.23±0.11	0.18±0.04	0.79±0.03	5.47±0.24	0.31±0.08	0.70±0.10
Corn tea	-0.28±0.10	0.07±0.03	-0.01±0.02	2.17±0.27	0.08±0.05	0.93±0.14
Cassia seed tea	-1.40±0.33	0.22±0.12	-0.04±0.20	9.78±1.50	0.51±0.36	0.44±0.14
Solomon's seal tea	0.23±0.15	0.37±0.09	-0.05±0.03	7.21±1.32	0.70±0.28	1.15±0.27
Brown rice tea	-0.68±0.01	0.03±0.02	-0.05±0.02	1.48±0.05	0.35±0.14	0.47±0.03

효소작용 등 중요역할을 담당하는 칼륨의 용출량이 상대적으로 높은 것으로 조사되었다. 즉 대부분의 차에서는 용출되는 미네랄 양이 흡착되는 양에 비해 훨씬 많기 때문에 차로 끓일 경우 미네랄 농도가 대부분 증가하는 것으로 조사되었다.

Fig. 3은 미네랄 용출 속도 파악을 위하여 차 일정량을 수돗물 2 L에 넣고 가열시간에 따른 차 단위중량당 미네랄 용출량을 조사한 결과이다. 전체 5종의 차 중 현미를 제외한 4종의 용출특성은 선형 관계식 R² 값이 모두 0.9 이상으로 가열시간이 증가함에 따라 용출량도 증가하는 것으로 조사되었으며, 특히 결명자차의 용출속도가 다른 차에 비해 크고, 용출량도 많은 것으로 조사되었다. 반면 현미차의 경우 끓임 시간과 미네랄 용출량과의 상관성이 다른 차에 비해 적었으며 용출량 자체도 다른 차에 비해 적은 것으로 나타났다.

3.2.2. 미네랄 총량과 이온성 미네랄의 함량비 변화 특성

차에서 용출되는 이온성 미네랄은 인체의 건강성과 큰 관계가 있어 이와 관련된 연구결과들이 지속적으로 발표되고 있다.¹⁰⁾ Table 4는 시판되는 티백으로 차를 만들었을 때 이온성 미네랄(칼슘, 칼륨, 나트륨, 마그네슘)의 성분 변화를 조사한 결과이다. 차로 끓이기 전 수돗물의 총 미네랄 대비

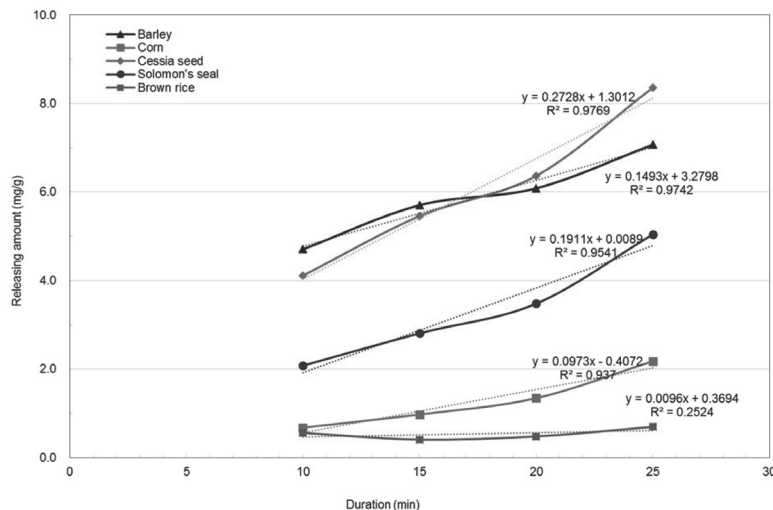


Fig. 3. Mineral releasing speed from each tea during heating.

Table 4. Ratio of total mineral contents vs ionic mineral contents before and after heating (n=3) (unit : mg/L)

Category	Ca			Mg		
	Total	Ionic	Ratio (%)	Total	Ionic	Ratio (%)
Barley tea	21.26±0.38	18.61±1.52	87±5	5.01±0.21	4.78±0.57	95±7
Corn tea	21.70±0.88	18.22±1.03	83±2	5.74±0.16	5.31±0.48	92±8
Cassia seed tea	26.59±1.21	21.96±1.10	82±1	6.20±0.24	5.68±0.59	91±6
Solomon's seal tea	22.75±1.08	18.57±1.28	81±4	5.14±0.40	4.60±0.54	89±9
Brown rice tea	13.69±0.96	11.71±0.15	85±5	5.00±0.42	4.59±0.84	91±8

Category	Na			K		
	Total	Ionic	Ratio (%)	Total	Ionic	Ratio (%)
Barley tea	10.35±0.95	9.68±0.31	93±8	21.98±5.69	17.90±4.88	83±18
Corn tea	11.24±2.78	8.84±0.22	81±16	15.59±1.57	14.54±0.50	93±6
Cassia seed tea	9.36±0.63	8.67±0.18	92±6	26.35±3.82	24.43±2.63	93±6
Solomon's seal tea	12.61±4.59	9.38±0.79	79±19	12.87±4.03	14.03±6.93	105±22
Brown rice tea	9.79±1.27	8.39±0.02	86±10	21.80±4.03	20.41±3.21	94±6

* Ratio (%) = (Ionic mineral contents/total mineral contents) × 100

이온성 미네랄의 함량비는 85~95%였으며, 차로 끓인 후에는 보리차 83~95%, 옥수수차 81~93%, 결명자차 72~83%, 둥굴레차 79~105%, 현미차 85~94%로 차를 넣고 끓이기 전·후에 큰 차이를 보이지는 않았다. 즉 차를 넣고 물을 끓일 때 미네랄 총량뿐만 아니라 이온성 미네랄도 유사한 비율로 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

3.2.3. 유해 미네랄 제거특성

Table 5는 시판되는 티백으로 차를 만들었을 때 유해 중금속의 흡착능 파악을 위하여 수돗물에 유해 중금속 4종(납, 비소, 카드뮴, 안티몬)을 각각 10 µg/L가 되도록 첨가한 후 티백차(보리, 옥수수, 둥굴레, 결명자)를 넣고 끓여서 흡

Table 5. Amounts of harmful mineral absorption per unit-weighted tea (unit : mg/g)

Category	Pb	As	Cd	Sb
Barley tea	0.00	0.00	0.00	0.00
Corn tea	0.02	0.02	0.04	0.04
Solomon's seal tea	0.00	0.00	0.00	0.00
Cassia seed tea	0.06	0.08	0.06	0.11

* Amounts of absorption per unit-weighted tea = [(concentration of heating, without tea) - (heating, with tea)]/mass of tea × 2 L

Table 6. Possible daily intake and RDI

Category	Potassium (K)		Magnesium (Mg)		RDI**
	Conc. (mg/L)	Possible daily intake*/RDI** (%)	Conc. (mg/L)	Possible daily intake*/RDI** (%)	
Tap-water	2.92	1	3.84	26	
Barley tea	21.98	11	5.01	33	Mg: 20
Corn tea	15.59	8	5.74	38	mg/day
Solomon's seal tea	12.87	6	5.14	34	K: 400
Cassia seed tea	26.35	13	6.20	41	mg/day
Brown rice tea	21.80	11	5.00	33	

* Possible daily intake (mg/day) = mineral concentration (mg/L) × 2 L/day (daily water intake)/RDI (mg/day)

** RDI : Recommended Daily Intake

착능을 실험한 결과이다. 보리, 옥수수 등 다공성(多孔性) 특성이 있는 차는 중금속을 흡착해 먹는물의 상태를 개선하는 효과가 있다고 알려져 있다.⁶⁾ 조사결과 결명자차, 옥수수차 순으로 유해미네랄 제거율이 우수했으며 특히 결명자는 단위중량(g) 당 0.06~0.11 mg을 흡착해 중금속 흡착능이 가장 우수한 것으로 나타났다.

3.2.4. 차를 통해 충족 가능한 미네랄 양 평가

Table 6은 한국인 영양섭취 권고기준량 대비 수돗물과 차로 끓인 물을 하루 2 L씩 마실 경우 충족가능한 미네랄 양을 검토한 결과이다. 시판 티백차(보리 10 g, 옥수수 10 g, 결명자 8 g, 둥굴레 4 g)를 이용하여 제조사 권장 방법으로 끓인 물은 수돗물이 본래 가지고 있는 미네랄 보다 최대 9 배 이상 크게 증가하는 것으로 조사되었다. 특히 필수 미네랄 중 칼륨은 수돗물의 4.4~9.0배, 마그네슘은 1.3~1.6배까지 증가하였다. 만약 수돗물을 차로 끓여 마실 경우 성인이 하루 2 L씩 섭취하고 체내 흡수율이 100%라고 가정한다면 칼륨과 마그네슘 등 일부 미네랄은 한국인 영양섭취 권고 기준량의 각각 6~13%, 33~41%까지 충족시킬 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 수돗물을 끓이는 과정에서의 잔류염소와 소독 부산물 제거 특성과 더불어 차를 이용하여 끓였을 때 인체 필수 미네랄 성분의 용출 특성에 대해 조사한 것으로 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 수돗물을 20분 정도만 가열하여도 잔류염소는 모두 제거되었으며 소독부산물(THMs + HAAs + CH)도 최대 65%까지 제거되는 것으로 나타났다.
- 2) 수돗물을 0~40분까지 가열하면서 미네랄 농도 변화를 조사한 결과, 가열 전·후 총 미네랄 대비 이온성 미네랄 함량비는 가열 전 87% (81~91%), 가열 후 86% (82~89%)로 가열에 의한 영향은 없는 것으로 나타났다.
- 3) 시판 차 5종(옥수수, 보리, 둥굴레, 현미, 결명자)을 수돗

물에 넣고 끓였을 때 인체 필수 미네랄 성분 6종(칼슘, 칼륨, 나트륨, 마그네슘, 황, 인)의 용출실험 결과, 결명자차 > 둥굴레차 > 보리차 > 옥수수차 > 현미차 순으로 미네랄 용출량이 많았으며, 미네랄 용출량은 결명자차 9.6 mg/g, 둥굴레차 9.5 mg/g, 보리차 7.2 mg/g, 옥수수차 3.0 mg/g, 현미차 1.6 mg/g로 나타났다. 특히 다른 미네랄에 비해 체내에서 정상혈압유지, 세포물질대사, 효소작용 등 중요역할을 담당하는 칼륨의 용출량이 상대적으로 높은 것으로 조사되었다.

4) 시판 차 5종(옥수수, 보리, 둥굴레, 현미, 결명자)을 수돗물에 넣고 끓이면서 미네랄 농도변화를 조사한 결과, 차로 끓이기 전 수돗물의 총 미네랄 대비 이온성 미네랄의 함량비는 79~89%였으며, 차로 끓인 후에는 보리차 79~89%, 옥수수차 81~91%, 결명자차 79~89%, 둥굴레차 82~92%, 현미차 81~93%로 차를 넣고 끓이기 전·후의 차이가 크지 않은 것으로 나타났다.

5) 수돗물에 차를 넣고 끓이면서 유해 중금속의 흡착을 실험한 결과, 결명자차 > 옥수수차 > 보리차 = 둥굴레차의 순으로 유해미네랄 제거율이 우수했으며, 중금속 흡착능은 결명자차 0.06~0.11 mg/g, 옥수수차 0.02~0.08 mg/g로 나타났다.

6) 시판 차를 수돗물에 넣고 끓였을 때 용출 미네랄 중 칼륨 용출량이 가장 많았으며, 성인이 하루 2 L를 마실 경우 (체내 흡수율 100% 가정) 칼륨은 한국인 영양섭취 권고량의 최대 13%, 마그네슘은 최대 40%까지도 섭취 가능한 양으로 조사되었다.

기존의 연구가 차를 이용한 유해 중금속의 제거에 초점을 맞춘 반면, 본 연구는 차를 끓여 마시는 전통적인 간접 음용방법을 통해 인체 유익한 미네랄의 보충이란 새로운 관점에서 접근을 하였다. 수돗물 자체도 미네랄을 포함한 우수한 품질을 보유하고 있지만 차를 이용하여 마실 경우 몸에 유익한 미네랄을 보다 풍부하게 섭취할 수 있음을 확인할 수 있었다.

KSEE

References

1. K-water Homepage, [https://www.kwater.or.kr/news/\(2015\)](https://www.kwater.or.kr/news/(2015)).
2. Tap Water Public Relations Association, Tap-water Satisfaction Survey Report, pp. 19~57(2012).
3. Karak, T. and Bhagat, R. M., "Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: A review," *Food Res. Int.*, **43**, 2264~2252(2010).
4. Nookabkaew, S., Rangkadilok, N. and Satayavivad, J., "Determination of trace elements in herbal tea products and their infusions consumed in Thailand," *J. Agric. Food Chem.*, **54**(18), 6939~6944(2006).
5. Paeng, J. I., Park, Y. S., Jeong, H. J., Park, H. S. and Kim, H. R., "Effects of roasted barley, corn, solomon's seal, chicory on removal of heavy metals," *J. Korean Soc. Environ. Administrat.*, **5**(3), 573~580(1999).
6. Lee, S. H., Park, S. J. and Kim, H. G., "Removal of some metals in drinking water by preparing barley or corn tea," *Environ. Health and Toxicol.*, **16**(1), 35~41(2001).
7. Park, H. S., Kim, H. R. and Lim, B. S., "Effects of roasted barley, corn, solomon's seal, chicory on removal of heavy metals," in Proceedings of joint annual meeting of Korean Society of Water & Wastewater · Korean Society of Water Environment, K-water, Daejeon, pp. 175~178(2001).
8. Kim, H. K. and Lee, S. H., "Changes in the concentrations of the tap water chlorination by-products by heating during cooking, and human ingestion exposure," *Environ. Health and Toxicol.*, **14**(1), 34~43(1999).
9. Kim, C. M., Choi, I. C., Chang, H. S., Park, H. and Han, S. H., "The effect of boiling water on DBPs and taste-and-odor compounds in drinking water," *Korean Soc. Environ. Health*, **32**(4), 262~267(2006).
10. Minca, I., Maria, Josceanu, A. M., Isopescu, R. D. and Guran, C., "Determination of ionic species in tea infusions by ion chromatography," *U.P.B. Scientific. Bullet., Series B: Chem. and Mater. Sci.*, **75**(3), 65~78(2013).