

GAP 농산물의 수확 후 처리에 사용되는 지하수의 위해성평가

김황용¹ · 백민경^{2*} · 김아름누리³ · 이동규⁴ · 정미혜² · 김원일⁵ · 오진아² · 김세리⁵ · 홍수명²

¹농촌진흥청 연구정책국, ²국립농업과학원 농산물안전성부 농자재평가과,
³국립농업과학원 농산물안전성부 화학물질안전과, ⁴국립농산물품질관리원 성주사무소,
⁵농촌진흥청 국립농업과학원 유해생물팀

Risk Assessment of Groundwater Used for Washing GAP-certified Agricultural Crops after Harvest

Hwang-Yong Kim¹, Min-Kyoung Paik^{2*}, Areumnuri Kim³, Dong Gyu Lee⁴, Mihye Jeong², Won-Il Kim⁵, Jin-A Oh²,
Se-Ri Kim⁵, Su-Myeong Hong²

¹Research Policy Bureau, Rural Development Administration

²Agromaterial Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Korea

³Chemical Safety Division, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Korea

⁴Seongju office, National Agricultural Products Quality Management, Seongju, Korea

⁵Microbial Safety Team, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Korea

(Received October 2, 2019/Revised November 2, 2019/Accepted November 26, 2019)

ABSTRACT - Recently, due to the fact that the mineral content in the wash water of the GAP-certified melon exceeds the GAP wash water standards, there are cases where the certification cannot be maintained. Therefore, agricultural industry demand requesting relaxation of the inorganic elements standard for water quality has been increasing, taking into account the consumption characteristics of Korean melon, which is eaten after removing the peel. This study was conducted to evaluate the human risks of four inorganic materials (fluorine, arsenic, iron and manganese) based on the water quality data of 142 samples of groundwater that was used for washing GAP-certified Korean melon in Seongju area from 2017 to 2019. As a result, the HQ of four minerals in Koreans who consumed groundwater used for washing GAP-certified Korean melons in the Seongju area was below 0.10 on average. In particular, in the case of iron and manganese which are esthetic influence substances, the average HQ was 0.00. The overexposure group showed 0.01, which was lower than the HQ (average 0.01, overexposure group 0.03) of the group that consumed Korean melon. Based on all the results, even if the groundwater of the Seongju area is used to wash GAP-certified Korean melon, the impact from these four inorganic materials, including iron and manganese, for Korean population consuming Korean melon will be minimal.

Key words : GAP, Groundwater, Korean melon, Risk assessment

참외 과실 중심부에 축적된 당분이 무기발효하고 조직이 물러지거나 색이 변한 것을 발효과라고 한다. 발효과는 풍미가 좋지 않아 상품성이 떨어지며, 발효과의 씨를 다량으로 섭취하면 배탈이 자주 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서 참외 생산 농가는 발효과의 유통을 차단하기 위해, 생산 단계에서 발효과를 선별하고 있다. 수확한 참

외 과실을 물에 띄워서 비중 차이로 인해 가라 앉는 것을 발효과로 선별하는데, 이 과정은 참외에 묻은 이물질을 제거하는 세척의 효과가 있다. 우리나라 참외 주요 생산지인 성주의 참외 농가에서는 수확 후 발효과 선별과 세척을 위해 수돗물 또는 지하수를 사용하고 있다. 우리나라 농산물 단순가공 업체들은 농산물을 세척하기 위하여 수돗물이 가장 많으나 지하수나 농업용수도 47%로 사용률이 매우 높은 편이다¹⁾.

하지만 현행 농수산물품질관리법 시행규칙 별표5(GAP 시설 지정기준)에 따르면 ‘수확 후 농산물의 세척에 사용하는 용수는 「먹는물관리법」에 따라 먹는물의 수질기준

*Correspondence to: Min-Kyoung Paik, Agromaterial Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju, 55365, Korea
Tel: +82-63-238-3368; Fax: +82-63-238-3238
E-mail: mink1114@korea.kr

에 적합해야 한다'라고 규정하고 있다. 따라서, 농산물우수관리제도(Good Agricultural Practices ; GAP) 인증을 받은 참외의 경우 세척에 사용하는 지하수도 '먹는물 수질 기준'의 적용을 받아 엄격히 관리되고 있다.

우리나라 참외 주산지인 성주 지역의 경우에도 세척에 사용하는 지하수의 수질이 먹는 물의 수질기준에 미흡하여 GAP 인증을 받지 못하는 사례가 종종 발생하고 있다. 그런데 최근 3년간 성주 지역 GAP 참외의 세척수로 사용되는 지하수에 대해서 주요 부적합 사유가 철, 망간 등 무기물질 기준의 초과인 것으로 나타났다.

이에 농업현장에서는 참외와 같이 껍질을 제거하여 먹는 농산물의 경우 신선편이 농산물과 구분하여, 현행 적용되고 있는 GAP 농산물의 세척수에 대한 무기물질 기준을 완화하여 줄 것을 요청하고 있다. 현행 「먹는물관리법」에 의해 관리되고 있는 무기물질 중 불소와 비소는 유해영양 무기물질이지만, 철과 망간은 심미적 영향물질로 구분되고 있다. 또한 철과 망간은 사람의 건강유지를 위해 필수적인 영양성분(nutrient)으로 분류되고 있는 물질이기도 한다.

그러나, 불소, 비소, 철, 망간과 같은 무기물질도 과다섭취하는 경우 인체에 독성을 나타낼 수 있다. 불소는 치아 불소 침착을, 비소는 과각화증과 과색소침착을 초래할 수 있으며, 철은 위장관 영향을, 망간은 중추신경계에 영향을 줄 수 있어 Table 1과 같이 각 무기물질별로 인체노출안전기준(Health-based guidance value)으로 1일 노출허용량을 설정하고 있다^{2,4)}.

그 동안 농업용수 등 농산물 생산에 사용하는 물의 수질기준은 관개용수나 세척을 위한 용도로서의 기준이 아니라 수원 관리의 목적으로 설정되었기에 농업현실에 맞지 않은 부분이 있는 것이 사실이다⁵⁾. 이에 본 연구에서는 성주 지역에서 2017-2019년에 사용된 GAP 참외 세척용 지하수의 수질자료를 근거로 무기물질 4종(불소, 비소, 철, 망간)의 위해성을 평가 함으로서 GAP 참외의 수확 후 세척에 사용되는 지하수의 수질 기준의 타당성을 확인하

는데 기초자료로 활용하고자 하였다.

Materials and Methods

지하수 수질자료

조사대상인 지하수는 최근 3년간(2017년-2019년) 경북 성주 지역에서 GAP 참외의 수확 후 처리에 사용하는 지하수 총 142건('17년 51건, '18년 48건, '19년 43건)을 대상으로 하였다. 조사대상 물질은 무기물질 4종(불소, 비소, 철, 망간)이었으며, 물질 별 검출량은 GAP 인증을 위해 제출된 지하수의 수질검사성적서를 근거로 하였다.

노출량 산출

지하수 및 참외의 섭취에 따른 무기물질 별 노출량을 산출하기 위하여 토양오염물질 위해성평가 지침(환경부고시 제2015-64호)을 근거로 아래의 산출식을 이용하였다. 지하수 중 무기물질이 불검출(ND)된 경우 0을 적용하였으며, 확률적 위해성평가를 위해 상업적 소프트웨어인 Crystal Ball Plus Decision Optimizer ver. 11.1.2.4(Oracle, Redwood Shores, CA, USA)를 이용하였다.

$$ADD(mg/kg/day) = \frac{C_w \times CR_w}{BW}$$

ADD(Average Daily Dose) : 일일 평균 노출량 (mg/kg/day)
 C_w(Concentration of water) : 지하수의 무기물질 농도 (mg/L)
 CR_w(Consumption Ratio of water) : 일일 음용수 섭취량 (L/day)
 BW(Body Weight) : 체중 (kg)

지하수 섭취에 따른 노출량 산정을 위해 지하수 142건의 무기물질 별 검출 결과에 대해 확률적으로 최적화된 분포를 선정하여 노출량 산정에 적용하였으며(Table 2), 체중 및 음용수 섭취량은 각각 평균 62.8 kg과 1.5 L/day의 lognormal 분포를 적용하였다⁶⁾.

Table 1. Health-based guidance values for four inorganic elements

No.	Inorganic element	CAS No.	Health-based guidance value		End point	Source
			Terminology	Value (mg/kg/day)		
1	Fluorine	7782-41-4	RfDo ^{a)}	0.06	Objectionable dental fluorosis	US EPA
2	Arsenic	7440-38-2	PTDI ^{b)}	0.0021	Hyperkeratosis, Hyperpigmentation	WHO/JECFA
3	Iron	7439-89-6	RfDo	0.7	Gastrointestinal effect	US EPA(2006)
4	Manganese	7439-96-5	RfDo	0.14	CNS (Central Nerve System) effect	US EPA

^{a)}RfDo : oral Reference dose, ^{b)}PTDI : Provisional Tolerable Daily Intake

Table 2. Parameter information to apply to risk assessment of inorganic elements in 142 groundwater samples in Seongju area

No	Parameter	Inorganic element	Application		Source
			Mean	Probabilistic Distribution	
1	C _w ^{a)}	Fluoride	0.23	logistic	Crystal Ball Plus Decision Optimizer ver. 11.1.2.4
		Arsenic	0.01	betaPERT	
		Iron	0.14	logistic	
		Manganese	0.04	lognormal	
2	BW ^{b)}		62.8	lognormal	Korean Exposure Factors Handbook(2007)
3	CR _w ^{c)}		1.5		

^{a)}C_w : Concentration of water(mg/L), ^{b)}BW : Body Weight(kg), ^{c)}CR_w : Consumption ratio of water(L/day)

Table 3. Parameter information to apply to risk assessment for Korean population who consume Korean melon

No	Parameter	Inorganic element	Application		Source
			Mean	Probabilistic Distribution	
1	Concentration (mg/kg)	Iron	2.6	-	National Standard Food composition Table(2016)
		Manganese	0.4	-	
2	Body weight(kg)		62.8	lognormal	Korean Exposure Factors Handbook(2007)
3	Consumption rate of Korean melon(kg/day)		0.213	normal	Korea National Health and Nutrition Examination Survey(2016)

일반 참외 섭취에 따른 노출량 산정을 위해 참외의 무기물질 2종(철, 망간)의 함유량은 농촌진흥청의 국가표준 식품성분표 9개정판(2016)의 철 2.6 mg/kg, 망간 0.4 mg/kg 을 이용하였다⁷⁾. 또한 참외 섭취량은 국민건강영양조사를 근거로 평균 0.213 kg/day의 정규분포를 적용하였다⁸⁾.

위해도 산정

지하수 및 참외의 섭취에 따른 무기물질 별 인체 위해도를 산정하기 위하여 다음의 식을 이용하였으며, 무기물질 별 독성기준치는 Table 1과 같이 인체노출안전기준(Health-based guidance value)을 적용하였다.

$$HQ = \frac{ADD}{\text{독성기준치}}$$

위해도(Hazard Quotient; HQ)가 1 이하이면 허용가능한 수준으로, HQ가 1보다 크면 위해성이 있는 것으로 판단하였다.

Results and Discussion

지하수의 무기물질 검출 경향

본 연구에서 사용한 지하수 자료는 2017년-2019년인 최

근 3년간 우리나라 성주 지역 GAP 참외의 수확 후 세척에 사용되는 지하수 142건을 대상으로 하였다. 선행연구에 따르면, 수질환경기준 설정을 위한 모니터링은 미국 EPA, UNEP/WHO와 같이 월 1회 수행하는 것이 가장 신뢰성이 높으나 현실적으로 수행하기 어려움이 있으므로 최근 3년간의 모니터링 자료를 수집하여 검출지속성을 관찰하고, 위해성평가 시 노출자료로의 활용가능성을 판단하여야 하였기에⁹⁾, 본 연구의 지하수의 채취 시기를 3년으로 설정하였다.

지하수 142건에 대한 수질자료를 근거로 4종 무기물질(불소, 비소, 철, 망간)의 검출 경향을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 지하수 중 무기물질의 평균 검출량은 불소 0.18 mg/L(최대 5.23 mg/L), 비소 0.00 mg/L(최대 0.01 mg/L), 철 0.12 mg/L(최대 0.41 mg/L), 망간 0.05 mg/L(최대 2.74 mg/L)으로 나타났다. 또한, 지하수 시료에 대한 4종 무기물질의 부적합율은 0.70-3.52%의 범위를 보였으며 망간 3.52%, 철 2.11% 수준이었다. 불소와 비소의 경우 부적합율이 0.70%였는데, 이는 총 142건의 시료 중 1개 시료에서 높은 검출치를 보여 부적합된 결과이다. 4종 무기물질에 대한 검출 경향을 확률적으로 분포화하여 최적화된 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 총 3년의 기간 중 연도별로 검출 경향의 차이는 보이지 않았기에, 별도로 표기하지 않았다.

Table 4. Detection level of four inorganic elements in 142 groundwater samples in Seongju area

No.	Inorganic element	Quality criteria standard (mg/L)	Non-compliance rate (%)	Detection level(mg/L)		Previous study (mg/L)		
				Mean	Maximum	Mean	Range	Source (Area, Water type, etc)
1	Fluorine	1.5	0.70	0.18	5.23	0.20	0.03-1.08	Busan, Waterworks ('12) ^{a)}
2	Arsenic	0.01	0.70	0.00	0.01	3.40-10.3	0.03-21.6	Chuncheon, Drinking water('09) ^{b)}
3	Iron	0.3	2.11	0.12	0.41	0.06	0.00-0.14	Busan, Waterworks('12)
4	Manganese	0.3	3.52	0.05	2.74	0.001	0.00-0.05	Busan, Waterworks ('12)

^{a)} 1,347 water samples collected in 11 small-scale waterworks from 2010 to 2012 were analyzed.

^{b)} Five types of drinking water samples (mineral spring water, wellwater, small-scale waterworks, tap water, and commercial mineral water). Forty four samples were analyzed for inorganic metals.

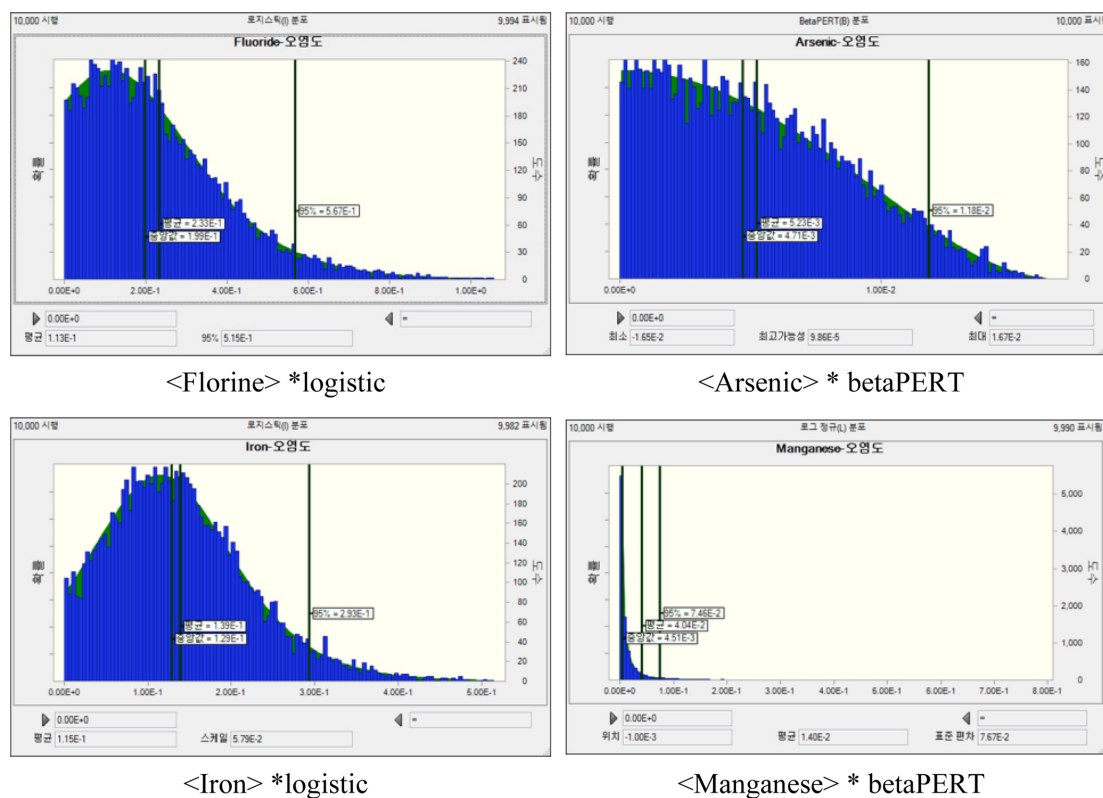


Fig. 1. Optimized distributions of four mineral contaminations in 142 groundwater samples in Seongju area.

선행 연구에 따르면, 2010년-2012년 부산 11개지역의 상수도 1,347개 시료를 조사한 결과 평균적으로 불소가 0.20 mg/L(range 0.03-1.08 mg/L), 철 0.06 mg/L(range 0.00-0.14 mg/L), 망간 0.001 mg/L(range 0.00-0.05 mg/L)으로 보고되었다¹⁰⁾. 또한, 춘천지역의 5개의 다른 원수 별로 얻어진 먹는물 44종의 무기물질을 모니터링 연구에서, 평균 비소 함량이 광천수 7.90 mg/L, 우물물 10.36 mg/L, 마을상수 9.17 mg/L, 수도물 3.40 mg/L, 병입수 8.81 mg/L으로 나타났다¹¹⁾. 따라서, 본 연구에서 불소의 경우 지하수 시료에서 최대 5.23 mg/L로 검출되었으나 1개의 시료에서만 극단적으로 높게 검출된 결과로 전체되어 부적합 판정을 보인 결과를 제외하

고, GAP 참외의 수확 후 세척에 사용되는 지하수는 우리나라의 타 상수도에 비해 불소와 비소 함량은 낮았으며, 철과 망간이 타 지역 상수도에 비해 높게 검출된 것을 알 수 있다.

지하수 섭취에 따른 무기물질의 위해도

GAP 참외의 생산에 사용되는 세척수의 안전성을 확인하기 위해서는 지하수로 세척된 참외를 섭취한 소비자의 인체 위해성을 확인하는 것이 필요하나, 지하수로 세척되어 유통되는 참외의 시료 확보에 어려움이 있어 worst case로 세척용 지하수를 음용수로 섭취하는 경우의 소비자 위

Table 5. Consumer exposure and risk assessment of four inorganic elements through consumption of groundwater

No.	Inorganic element	Exposure (mg/kg/day)			HQ		
		Mean	Median	95% ^{tile} value	Mean	Median	95% ^{tile} value
1	Fluoride	0.01	0.00	0.02	0.10	0.07	0.28
2	Arsenic	0.00	0.00	0.00	0.06	0.04	0.17
3	Iron	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
4	Manganese	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Table 6. Consumer exposure and risk assessment of two inorganic elements through consumption of general Korean melon

No.	Inorganic element	Exposure (mg/kg/day)			HQ		
		Mean	Median	95% ^{tile} value	Mean	Median	95% ^{tile} value
1	Iron	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.03
2	Manganese	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03

해성을 평가하는 것으로 대체하였다.

성주 지역에서 GAP 참외의 세척용으로 사용되는 지하수를 우리나라 국민의 음용수 섭취량 평균 1.5 L/day를 적용하여 노출량을 산출하고 위해도를 산출한 결과는 Table 5와 같다.

성주 지역 GAP 참외 세척용 지하수 섭취를 통한 우리나라 국민의 무기물질 노출량 산출 결과, 불소가 평균 0.01 mg/kg/day이며 비소, 철, 망간은 평균 0.00 mg/kg/day로 나타났다. 지하수 142건에 대한 검출 결과와 우리나라 국민의 체중, 음용수 섭취량을 분포로 적용하여 노출량을 산출한 결과, 과다 노출군 (상위 5% 노출군; 95%^{tile})에서도 불소 0.02 mg/kg/day, 철 0.01 mg/kg/day로 나타났다.

4종 무기비소 별 독성기준치에 근거한 위해도(HQ) 산출 결과에서도 평균값이 0.00-0.10의 범위로 모두 1.0 이하로 나타나 매우 안전 하였으며, 과다 노출군 (노출 상위 5%)의 경우에도 0.01-0.28로 안전한 수준이었다. 특히 철과 망간의 경우 노출 상위 5%의 국민에 대한 HQ도 0.01로 매우 안전한 수준임을 알 수 있다.

일반 참외 섭취에 따른 무기물질의 위해도

본 연구에서 조사되는 4종 무기물질 중 철과 망간은 먹는물 수질기준에에서는 심미적 영향물질로 분류하지만, 식품에서 필수 영양성분(Nutrient)로 분류되어 있고 농촌진흥청의 국가표준식품성분표에 우리나라 일반 참외에 대한 영양성분의 함량이 보고되고 있다. 본 연구에서 GAP 참외의 세척에 사용되는 지하수에 대한 안전성을 확인하고자, 우리나라 일반 참외를 섭취하는 경우 영양성분인 철과 망간에 대한 노출량과 비교하였다.

철 2.6 mg/kg과 망간 0.4 mg/kg을 함유하는 일반 참외를 섭취하는 우리나라 국민에 대해 철과 망간의 노출량은 평균 0.00-0.01 mg/kg/day이었으며, 과다 노출군도 0.00-0.02 mg/kg/day로 나타났다(Table 6). 위해도 산정 결과, HQ도 평균

0.01-0.02였으며, 우리나라 국민 중 노출이 상위 5%에 해당하는 사람의 HQ도 0.03으로 나타남에 따라, 지하수를 음용수 수준으로 섭취하는 사람의 철과 망간에 대한 HQ (0.01)와 유사한 수준이었다.

본 연구 결과, 성주 지역 GAP 참외의 세척에 사용되는 지하수를 음용수로 섭취하는 우리나라 국민의 4종 무기물질에 대한 HQ는 모두 평균 0.10 이하로 안전한 수준이었다. 특히 심미적 영향물질인 철과 망간의 경우 지하수를 섭취하는 국민의 HQ가 평균 0.00이었으며 과다노출군에서도 0.01로 나타났다(Table 5). 따라서, 일반 참외를 섭취하는 우리나라 국민의 HQ가 평균 0.01-0.02이며 과다 노출군에서도 0.03인 결과와 비교했을 때, 성주 지역 GAP 참외의 세척에 사용되는 지하수를 음용수를 섭취하는 경우 2종 무기물질(철, 망간)에 대해 일반 참외를 섭취하는 것보다 안전한 수준임을 알 수 있다. 이상의 결과로 볼 때, 성주 지역 지하수를 GAP 농산물의 세척에 사용하는 경우 철, 망간을 포함한 4종 무기물질에 대한 인체의 영향은 미미할 것으로 판단된다.

본 연구의 결과는 농산물의 세척 및 품질 확인을 위해 농가에서 사용하고 있는 지하수의 안전성에 대한 기초자료로 이용될 수 있으며, 특히 참외와 같이 껍질을 제거하여 먹는 농산물의 경우 세척수에 대한 안전성 우려를 해소하고 세척수의 수질기준 등 GAP 규정의 개정을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 다만, 본 연구는 지하수로 세척된 참외 시료의 확보에 어려움이 있어, 성주 지역에서 채취한 지하수 시료의 무기물질 분석 결과를 이용하고 지하수를 음용한 우리나라 국민의 경우를 가정하여 평가한 결과임을 밝힌다.

국문요약

세척수에 포함된 무기물질의 함량이 먹는 물의 수질기

준을 초과하여, 참외 GAP 인증을 받지 못하는 사례가 최근 들어 종종 발생하고 있다. 이에 농업현장에서는 껍질을 제거하여 먹는 참외의 소비특성을 감안하여 세척수 수질기준의 일부를 완화해 줄 것을 요청하고 있다. 이에, 본 연구에서는 성주 지역에서 2017-2019년 GAP 인증 참외의 세척에 이용되는 지하수 142건의 수질자료를 근거로 무기물질 4종(불소, 비소, 철, 망간)의 인체 위해성을 평가하였다. 연구 결과, 성주 지역 GAP 참외의 세척에 사용되는 지하수를 음용수 수준으로 섭취하는 우리나라 국민의 4종 무기물질에 대한 HQ는 모두 평균 0.10 이하로 안전한 수준이었다. 특히, 심미적 영향물질인 철, 망간의 경우 성주 지역 지하수를 음용수 수준으로 섭취하는 경우 HQ가 평균 0.00. 과다노출군의 경우 0.01나타났는데, 일반 참외를 섭취하는 국민의 HQ(평균 0.01, 과다노출군 0.03)보다 낮은 수준이었다. 따라서, 성주 지역 지하수를 GAP 농산물의 세척에 활용하더라도 철, 망간을 포함한 4종 무기물질이 인체에 미치는 영향은 미미할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

This study was carried out with the support of “Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ01339202)”, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

1. Kim, S.W., A Study on Efficient Management for Quality and Safety of Simple processed. The report of Agricultural Products Korea Rural Economic Institute (2014).
2. US EPA (Environmental Protection Agency), Provisional peer-reviewed toxicity values for iron and compounds (CASRN 7439-89-6), EPA/690/R-06R020F (2006).
3. US EPA (Environmental Protection Agency), (accessed 01 Sept, 2019). Integrated Risk Information System (IRIS), Available at <http://www.epa.gov/iris>
4. The Joint FAO/WHO Expert committee on Food Additives (JECFA), Safety evaluation of certain contaminants in food (WHO Food Additive Series 63), World Health Organization, Geneva, Switzerland (2011).
5. Kim, J.H., Lee, J.S., Jung, G.B., Yun, S.G., Koh, M.H., Shim, J.C., Kwun, S.K., Improvement of water quality standards for Korean agriculture by comparison with foreign countries' Cases. *Korean J. Int. Agric.*, **15**, 179-188 (2003).
6. Jang, J.Y., Jo, S.N., Kim, S., Kim, S.J., Cheong, H.K., Korean Exposure Factors Handbook, Ministry of Environment. Seoul, Korea (2007).
7. Korean food composition table 9th version II, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Korea. pp. 216 (2016).
8. Korea Centers for Disease Control & Prevention (KCDC)/Ministry of Health and Welfare (MOHW), The seventh Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KHANES VII). Seoul, Korea. (2016).
9. Kwak, J.I., Yoon, S.J., Nam, S.H., An, Y.J., Proposed water quality monitoring frequency for risk assessment in Korean rivers and streams. *J. Korean Soc. Water Environ.*, **28**, 473-478 (2012).
10. Kim, B.G., Cho, G.J., Kim, S.Y., A study on the water characteristic of small-scale waterworks in Busan. The Annual Report of Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment., **22**, 91-109 (2012).
11. Kim, H., Song, J., Song, B., Exposure of selected chuncheon residents to trace metals and inorganic anions in drinking water. *J. Environ. Toxicol.*, **24**, 293-301 (2009).