J. Fd Hyg. Safety
Vol. 25, No. 1, pp. 16~23 (2010)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

농산물 및 농산가공품 중 비소 허용기준에 관한 국내외 동향

백민경* · 김원일 · 류지혁 · 김진경 · 김미진 · 임건재 · 홍무기 · 엄애선[1]
농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부, [1]한양대학교 생활과학대학

Trends of Arsenic Maximum Levels on Agricultural Commodities and Processed Agricultural Products

Min-Kyoung Paik*, Won-Il Kim, Ji-Hyock Yoo, Jin-Kyoung Kim, Mi-Jin Kim, Geon-Jae Im, Moo-Ki Hong, and Ae-Son Om[1]
Depart. of Crop Life Safety, NACC, RDA, Suwon 441-707, Korea
[1]Depart. of Food Science and Human Nutrition, Hanyang Univ., Seoul, 133-791, Korea
(Received December 18, 2009/Revised January 19, 2010/Accepted January 29, 2010)

ABSTRACT - Although concerns about Arsenic (As) contamination in agricultural foods have currently increased, there in on adequate international risk management standards for As particularly on agricultural commodities and processed agricultural products. This scenario holds true also in Korea. Australia, and New Zealand has determined the As maximum level (ML) but only on cereals grains which is based on total As contents. In addition, Japan has regulated the ML based on trivalent As contents in agricultural commodities, which do not have legal restrictions. On the other hand, China has developed a systemic risk management to restrict the As contamination above MLs in agricultural commodities and processed agricultural products based on inorganic and total As contents. The establishment of an adequate analytical method for As specification in agricultural foods is essential to determine the acceptable level of As in agricultural food. Probabilistic approach may remove some uncertainties in calculating human risk assessment from As. It should be reviewed in terms of maximum levels to set the best scenario based on a realiability and availability to achieve effective As management on agricultural foods in Korea.

Key words : Arsenic, Agricultural foods, Maximum level

산업발달과 여러 가지 복합적 요인에 의해 환경뿐만 아니라 식품 중의 중금속 오염이 크게 증가하고 있다. 중금속 중에서도 비소는 미국 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)와 환경보호군(Environmental Protection Agency, EPA)에 의해 각각 Group1 (carcinogenic to human)과 A (human carcinogen)인 인체발암물질로 분류된 강력한 유해물질로 인간에게 노출될 경우 위해성이 매우 큰 물질이다[1,2]. 지난 1974년 Geneva에서 개최된 제 17차 FAO/WHO 합동회의(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)에서는 감시대상이 되는 오염물질 목록으로 비소를 우선 순위로 다루는 등 국제적으로도 비소 오염에 대한 우려가 높아지고 있는 상황이다[3].

이에 1989년 제 33차 FAO/WHO 합동회의에서는 비소 중에서도 독성이 강한 무기비소의 잠정주간내성용량(provisional tolerable weekly intake; PTWI)을 성인 70 kg 기준으로 15 ug/kg/week, 잠정일일내성용량(provisional tolerable daily Intake; PTDI)를 2.1 ug/kg/day로 정한 바 있다[4,5]. 그러나 최근 세계 각국에서 어린이의 섭취량이 PTDI 수준에 근접하고 있다는 보고에 따라 2010년 개최될 제 72차 회의에서 비소의 PTWI 재설정을 검토할 예정이다[6,7].

비소는 주로 호흡기(코)와 소화기계(입)를 통하므로 식품의 섭취가 비소 노출의 주요 경로가 되며[8,9], 비소로 오염된 용수에서 토양, 작물, 인간에 이르는 흡수경로를 보이고 있어 오염된 농산물의 섭취로 인한 인간의 비소 노출 우려가 높다고 할 수 있다[10,11]. 특히 농산물은 비소 화학종 중에서도 독성이 강한 무기비소를 함유하고 있다고 보고되고 있어 상대적으로 독성이 약한 유기비소를 다량 함유하고 있는 해산물과 비교했을 때 동일량으로 농산물을 섭취한 경우가 비소 노출로 인한 인체 독성은 높을 수 있다[2]. 따라서 쌀을 포함한 농산물 및 그 가공품의 섭취 비율이

*Correspondence to: Min-Kyoung Paik, Depart. of Crop Life Safety, NACC, RDA, Suwon 441-707, Korea
Tel: 82-31-290-0527, Fax: 82-31-290-0506
E-mail: mink1114@korea.kr

매우 높은 우리나라 국민들의 식이섭취특성을 고려할 때 비소에 대한 인체위해가 높을 수 있다고 판단된다.

이에 본 연구에서는 우리나라를 포함한 국제적인 농산물 및 그 가공품 중 비소의 오염 현황을 살펴보고, 국가별 농산물 및 그 가공품 중 비소의 관리근거가 되고 있는 허용기준에 대한 동향을 살펴보고자 한다.

농산물 및 그 가공품 중 비소의 오염 현황

영국 식품기준청은 2009년 60개의 쌀 음료의 원료를 조사한 결과 35%의 유아용 쌀 원료가 중국의 무기비소에 대한 법적인 허용기준인 0.15 mg/kg을 초과하였으며, 이를 가공한 유아용 쌀 음료 중 총비소 함량이 0.010~0.034 mg/kg으로 그 중 위험성이 높은 무기비소의 함량이 0.005~0.020 mg/kg으로 조사되어 총비소의 48~63%를 차지한다고 보고하면서 젖먹이와 유아들에게 우유, 모유, 조제분유의 대체 식품으로 쌀 음료를 섭취하는 것을 제한한 바 있다[12]. 또한, 영국은 2006년 총식이조사를 통해 총비소의 인간에 대한 전체 노출량을 산출한 결과 곡류와 생선류를 통한 노출이 각각 4%와 88%로 나타났으며, 특히 상대적으로 독성이 강한 무기비소의 경우 곡류와 생선류를 통한 노출이 각각 23%와 3%를 차지하는 것으로 나타나 식품을 통한 비소의 오염에서 농산물로 인한 독성 영향이 높을 수 있음을 시사한 바 있다[8].

중국은 2008년 자국에서 생산되는 쌀 5품종에서 평균 0.063 mg/kg 수준의 무기비소가 검출되어 쌀 소비를 많이 하는 사람의 경우 암 발생위험이 있음을 경고하였다. 이는 중국이 2005년 쌀의 kg 당 무기비소의 허용기준을 0.7 mg에서 0.15 mg으로 낮추어 관리하고 있음을 감안할 때 평균 오염량이 현재의 허용기준 대비 42% 에 가까운 수치이다[13]. 미국도 국내에서 생산·유통되는 쌀을 수거하여 검사한 결과, 오염지역에서 생산된 쌀을 주로 섭취하는 사람은 높은 발암위험에 직면할 수 있음을 보고한 바 있다[14,15].

유럽연합(European Commission; EU)은 총 9개 회원국이 비소의 주요 공급원인 해산물 중의 총비소 오염량 및 성인 1인당 총비소의 평균섭취량 자료를 보고한 바 있다[16]. 프랑스와 덴마크의 경우 성인 1일 평균 총비소 섭취량이 1 mg 이하로, 실제 식품을 통한 비소 섭취의 50% 이상이 해산물 섭취를 통한 것이며 어린이들의 경우 비소의 섭취량이 성인보다 작지만 낮은 체중으로 인해 체중당 비소 노출량으로 환산할 경우 성인보다 위해도는 높을 수 있다고 보고하고 있다. 독일의 경우 성인 평균 1일 총비소 섭취량이 과일 및 야채류를 통해 8.3 ug/day, 곡류를 통해 9.4 ug/day 섭취된다고 밝혀 다른 유럽연합 회원국인 이탈리아의 과일 및 야채류 0.98 ug/day과 곡류 1.4 ug/day에 비해 매우 높게 나타났다. 한편, 유럽연합의 대부분 국가들에서 식품의 비소 오염도가 총비소를 기준으로 조사되고 있고 독성이 높은 무기비소에 대한 오염도 조사는 매우 한정적으로 이루어지고 있어 보다 정확한 인체위해에 대한 자료 공개는 미비한 상황이다[16].

우리나라에서는 환경부문에서 비소를 유해중금속으로 분류하고 토양오염기준 및 수질오염기준으로 토양 및 농업

Table 1. Arsenic content of agricultural commodities and processed agricultural products in other countries

Type		Country	Arsenic levels (mg/kg)		Reference
			total	inorganic	
Agricultural commodities	Rice	China	-	0.063	13
	Grains	Korea	0.070	-	17
	Pulses		0.067	-	
	Potatoes		0.041	-	
	Vegetables		0.028	-	
	Fruits		0.030	-	
	baby rice	United Kingdom	0.12-0.47	0.06-0.16 (median; 0.11)	12
	Miscellaneous Cereals	United Kingdom	0.018	0.012	8
	Green Vegetables		0.004	< 0.01	
	Potatoes		0.005	< 0.01	
	Other vegetables		0.005	< 0.01	
	Fresh fruits		0.001	< 0.01	
	Nuts		0.007	< 0.01	
Processed agricultural products	Bread	United Kingdom	< 0.005	< 0.01	8
	Sugar & Preserves		0.009	< 0.01	
	Canned vegetables		0.001	< 0.01	
	Fruit products		0.003	< 0.01	
	Beverages		< 0.001	< 0.01	

Table 2. Arsenic maximum levels of agricultural commodities in other countries

(mg/kg)

Type	Group	Japan[+++]	Australia[+] (Newzeland)	China[++]
Cereals grains	-	-	1.0	0.2 (0.15; rice)
Pulses	-	-	-	0.1
Potatoes	-	1.0(potato)	-	0.2 (potato, sweet potato)
Vegetables	Leafy vegetables	1.0(spinach)	-	0.05
	Stalk & stem vegetables	-	-	0.05
	Root & tuber vegetables	-	-	0.05
	Fruiting vegetables, Cucurbits	1.0 (cucumber (including gherkin), tomato)	-	0.05
Fruits	Pome fruits	3.5 (apple, Japanese pear)	-	0.05
	Citrus fruits	1.0 (*Citrus natsudaidai, pulp), 3.5 (Citrus natsudaidai, peels)*	-	0.05
	Stone fruits	1.0 (peach)	-	0.05
	Berries & other small fruits	1.0 (grape, strawberry)	-	0.05
	Assorted tropical & subtropical fruit	-	-	0.05
Nuts & Seeds	Oilseed	-	-	0.2[+]
Mushrooms	-	-	-	0.5 (1.5; tremella fuciformis berk)[+]

[+]based on total arsenic contents
[++]based on inorganic arsenic contents
[+++]based on arsenic trioxide contents

용수 중의 비소 오염을 관리해 오고 있다. 그러나, 농산물 중의 오염 관리에 대한 필요성은 상대적으로 늦게 대두되어 2000년에 들어서면서 농산물 중 비소의 모니터링 연구 및 인체 위해성 평가가 본격적으로 진행·보고되고 있다.

우리나라에서 주산단지에서 생산된 농산물에 대해 2000년 수행된 비소 오염 조사에 따르면 총비소 평균 함량이 곡류에서 0.070 mg/kg, 두류에서 0.067 mg/kg, 서류에서 0.041 mg/kg, 채소류에서 0.028 mg/kg, 과실류에서 0.030 mg/kg으로 나타나 수분이 많은 농산물의 비소 오염도가 비교적 높았다[17]. 이상의 결과를 근거로 계산된 우리나라 국민이 농산물을 통하여 섭취되는 총비소의 양은 FAO/WHO에서 설정한 1일섭취허용량(average daily intake: ADI) 및 PTWI에 비해 아주 적은 양으로서 국내 주산단지에서 생산된 농산물은 비소 함유량의 안전성 측면에서 별다른 문제가 없다고 보고하였다[17,18].

반면, 우리나라 일부 폐광지역에서 경작된 쌀을 섭취할 경우 다른 노출경로에 비해 상대적으로 비소의 인체노출량이 높게 나타났으며 이 지역의 주민들이 지속적으로 동일한 폐광지역에서 생산된 쌀을 섭취할 경우 비발암 및 발암위해가 클 수 있다고 보고하여 오염지역에서 경작되는 농산물의 비소 위해성을 경고한 바 있다[19,20]. 2006년 우리나라의 지역별 및 시료 구매 방법별(산지구매, 유통구매 및 폐광지역구매)로 나누어 수거한 다소비 10대 농산물의 비소 오염도 조사에서도 산지 및 유통지역에서 수거된 농산물들의 총비소 함량이 0.01~0.091 mg/kg 인 반면, 폐광지역 농산물의 총비소 함량은 0.012~0.272 mg/kg 으로 나타났다. 이 조사에서 1 보다 클 경우 유해영향 발생이 우려된다고 판단할 수 있는 위해지수의 산정 결과도 모든 지역에서 수거된 농산물에서 안전하다고 평가되었다. 그러나, 산지 및 유통지역 농산물의 총비소 위해지수가 대부분 0.1 이하로 나타난 반면, 폐광지역의 농산물에서 위해지수가 0.108 로 상대적으로 높게 나타나 향후 위해우려가 있다고 판단되는 폐광지역에서 재배되는 농산물에 대한 특별한 관리대책이 필요하다고 보고한 바 있다[21,22]. 한편, 우리나라에서도 기존에 수행된 농산물 중 비소 오염도 조사의 대부분이 총비소 함량 기준으로 평가해 오고 있어 농산물의 경우 독성이 강한 무기비소의 함량이 해산물에 비해 높다는 보고를 감안하여 향후 농산물의 비소 오염도에 대한 조사를 비소의 화학종별로 구분하여 실시되고 이를 근거로 정확한 인체위해평가가 이루어져야할 필요가 있다[19-24].

농산물 및 그 가공품 중 비소의 허용기준

Table 2와 Table 3은 Codex를 포함한 주요 국가들의 농산물 및 그 가공품에 대한 관리기준인 비소의 허용기준(Maximum Level; ML) 을 나타내었다. 조사 국가는 우리나라[25]를 포함해 Codex[26], 미국, 유럽연합[27], 호주(뉴질랜드)[28],

Table 3. Arsenic maximum levels of processed agricultural products in other countries

(mg/kg)

Type	Group	Korea[+]	Codex[+]	Japan[+++]	China[+]
Secondary agricultural Processed products	-	-	-	-	0.2 (fried foods), 0.5 (salted vegetables, dried soybean products, bean-curd, gluten, preserved fruits, puffed food, quick-frozen and prepacked food made of wheat flour and rice), 1.0 (dried edible fungi)
Derived products	Cereal grain milling fractions	-	-	-	0.1 (wheat flour)[++], 0.5 (edible soybean meal), 0.5 (excluding starch of grains, potatoes and pulses)
	Vegetable oils	-	0.1 (including olive pomace oil)	-	0.1
Manufactured Agricultural Foods (multi-ingredient)	Manufactured multi-ingredient cereal products	-	-	-	0.2 (fruit jams, jellies), 0.5 (cocoa butter , pastry, bread, biscuits, candy, chocolate, gum, instant noodles, breakfast cereal), 1.0 (all processed agricultural products of chocolate)
	Canned or Bottled foods	-	-	-	0.5 (canned edible fungi, canned fruits and vegetables)
	Beverages	-	0.2 (vegetable and fruit juices)	ND (soft drink beverages)	0.05 (beverages)[++], 0.2 (tea drinks, vegetable and fruit juices, carbonated drinks, lactobacillus beverage, vegetable protein beverage, tea drinks), 0.5 (solid drinks, concentrated fruit and vegetable juice, vineger), 1.0 (cocoa powder based solid drink)
	Seasonings	0.5 (salts)	0.5 (salts)	-	0.5 (daenjang, natto, sauces fermented with grains, soy source, gourmet powder, sugars), 1.0 (corn sweetener)

[+]based on total arsenic contents
[++]based on inorganic arsenic contents
[+++]based on arsenic trioxide contents

일본[29], 중국[30,31]을 대상으로 하였으며, 2009년 6월 기준 해당 국가 및 기관의 홈페이지를 통해 자료를 수집하였다. 미국과 EU도 조사대상에는 포함되었지만 농산물 및 그 가공품에 대한 비소의 허용기준을 명시하고 있지 않아 Table 2와 Table 3 모두에 표기하지 않았다.

Table 2와 Table 3에서 구분된 식품분류는 원료성 식품만이 아니라 가공제품까지도 포함하기 위해 생산측면보다는 소비측면의 분류를 따르고자 하였으며, 농산물 원재료에 대해서는 우리나라 식품위생법에 근거한 식품공전의 분류법을 기본으로 하였고, 농산가공품의 경우는 Codex의 분류법을 참고하여 분류하였다[25,26]. 농산물 중에서 조사대상인 국가들 모두 견과류, 착향종실류, 향신식물, 감미식물, 기호식물 및 야생식물에 대한 비소의 허용기준을 설정하고 있지 않았으며(Table 2), 농산가공품 중에서 건조과일과 곡류도정제품 등에 대한 비소의 허용기준이 없어 Table에 기재하지 않았다(Table 3).

우리나라에서는 식품에 앞서 환경측면에서 비소의 위해성을 먼저 인식하여 1990년 환경정책기본법과 1995년 지하수법을 통해 농업용수와 지하수의수질기준에서 비소의 관리기준을 마련하였고, 1996년 토양환경보전법을 통해 토양오염 우려 및 대책기준에 비소의 기준을 설정하여 오늘에 이르렀다. 반면, 농산물을 포함한 식품영역에서는 아직 비소의 기준 마련이 미비한 상황으로, 2009년 6월 현재 '식품 등의 기준 및 규격' 고시를 통해 식염(제제소금, 태움·용융소금, 정제소금, 가공소금)과 캡슐에 대해서만 비소 허용기준을 각각 1.5 mg/kg과 0.5 mg/kg 이하로 규정하고 있을 뿐이다[25].

우리나라에서는 축산물에 대해서 '축산물의 가공 기준 및

성분 규격' 고시를 통해 고체축산물과 액체축산물의 비소[아비산(As_2O_3)으로서] 규격으로 각각 1.5 mg/kg과 0.3 mg/kg 이하로 명시된 바 있었으나, 2005년 2월 검역원고시 제2005-2호를 통해 그 기준이 삭제되었다. 이러한 배경에는 첫째, 우리나라 식품공전과의 조화(형평성)를 고려하여야 하며, 둘째, 원료에 원래부터 함유되어 있는 중금속에 대한 기준이 없고, 셋째, 축산물 개체간의 차이에 대한 기준이 미비하다는 사실이 고려된 바 있다. 이와 관련하여 2009년 8월 식품의약품안전청에서는 축산식품 중 소고기와 돼지고기의 납과 카드뮴 기준, 가금류의 납 기준만을 신설하는 '식품의 기준 및 규격 일부개정고시안'을 행정예고하고 하였으며 향후 식육부산물에 대한 기준설정도 카드뮴과 납으로 제한되어 추진될 예정이다.

현재 우리나라에서 농산물에 대해 관리기준이 설정되어 있는 농산물은 주요 다소비농산물 10종인 쌀, 옥수수, 대두, 팥, 감자, 고구마, 배추, 시금치, 파, 무이고, 대상 중금속 또한 카드뮴과 납 2종으로 한정되어 있고 현실적으로 우리나라 농산물 및 그 가공품에 오염된 비소의 수준에 대한 관리 근거가 사실상 부재한 상황이다[25]. 이러한 이유로 인해 우리나라 식품 중 비소의 관리는 현재 국제적으로 제기되고 있는 농산물의 비소 규제 움직임에 탄력적으로 대응하지 못하고 있으며, 실제 오염 자료 및 위해 평가 결과에 따른 적합한 규제 수단을 마련하고 있지 못한 실정이다.

국제적인 관리 기준인 Codex의 경우에도 총비소를 기준으로 일부 식물성 유지류, 마가린, 쥬스류 및 소금에 대해서만 비소의 허용기준이 설정되어 있고 농산물 및 그 가공품에 대한 규정은 미비한 상황이다[26]. 호주(뉴질랜드)는 비소 기준을 곡류 한 품목에 대해서만 명시했으며, 이 또한 총비소를 기준으로 1.0 mg/kg이 설정되어 있는 상황이다[28]. 일본의 경우 독성이 강한 무기비소인 3가 비소를 기준으로 일부 농산물에 한해 설정하였다. 그러나, 일본은 잠정허용기준(draft of ML)의 형태를 취하므로 법적인 강제성을 가지지 못하는 권고 수준이라고 할 수 있다[29]. EU는 카드뮴, 납 및 수은에 대한 식품의 허용기준을 설정해 놓았을 뿐, 현재 농산물 내 비소 함량 및 섭취량에 관련된 규정은 없는 상황이다[16,27].

반면, 중국은 비소의 허용기준을 명확히 규정하고 있는 대표적인 국가로, 농산물 및 그 가공품을 품목별로 명확히 분류하고 설정・관리하고 있다. 특히 중국의 식품 중 비소 허용기준은 일부 경우를 제외하고 농산물에 대해서 무기비소를 기준으로, 농산물가공품의 경우 총비소를 기준으로 설정・관리하고 있다. 이상과 같이 중국은 식품의 특성상 독성이 강한 무기비소의 함유량이 상대적으로 높다고 알려진 농산물에 대해 총비소가 아닌 무기비소로 규제하는 등 국제적으로 가장 엄격한 관리를 실시하고 있으며, 특히 쌀의 비소 기준을 최근 0.15 mg/kg으로 하향 조절하여 비소의 위해관리에 대해 다른 국가에 비해 보다 강력한 의지를 보이고 있다[30,31]. 독성의 차이가 큰 비소의 화학종별 특성을 감안할 때 향후 우리나라의 농산물 및 그 가공품에 대한 비소의 실효성 있는 관리 정책을 위해서는 중국과 같이 독성이 강한 무기비소를 기준으로 허용기준을 설정하는 것이 도움이 될 것이다.

농산물 및 그 가공품 중 비소의 관리 동향

영국 식품기준청은 2008년과 2009년 비소 오염사건 보도 이전인 2006년에 총식이조사를 실시하여 총비소와 무기비소에 대한 위해평가를 수행하였으며 식품, 소비자제품 및 환경 중 화학물질의 독성에 관한 위원회(The Committee on Toxicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment, COT)를 통해 무기비소에 관한 노출은 가능한 최소한(As Low As Reasonably Practicable, ALARP)으로 하여야 하며, 무기비소에 대한 식이노출을 지속적으로 저감해야 한다고 강조한 바 있다[32]. 이러한 비소에 대한 영국 정부차원의 위해관리 정책의 결과로서 2006년 총식이조사를 통해 측정된 다양한 식품군 중의 총비소와 무기비소 함량을 토대로 식품을 통한 비소의 노출량을 계산한 결과, 성인 및 유아(1.5-4.5세)의 평균 노출량은 각각 1.65-1.68 μg/kg/day와 2.71-2.80 μg/kg/day이었으며, 성인 및 유아 중 고섭취군의 경우 각각 6.83-6.85 μg/kg/day와 12.27-12.34 μg/kg/day로 나타나 성인에 비해 유아(1.5-4.5세)의 위해도가 약 1.5배 이상 높게 나타나 유아에 대한 위험성을 공개한 바 있다[8].

우리나라의 경우 2006년과 2007년 쌀 등 10대 농산물에 대한 카드뮴과 납 허용기준의 제정 및 개정을 고시하였고, 이후 김치 중 납과 카드뮴의 규격 고시와 더불어, 당근, 마늘 및 부추에 대한 납과 카드뮴의 기준안 행정예고 등을 거쳐 우리나라 국민의 대표적 다소비식품인 농산물 및 김치류에 대해 안전관리기준을 강화해 오고 있다. 반면, 농산물을 포함한 식품 중의 비소에 관한 위해관리는 거의 전무한 상황을 2000년 이후에 들어서서야 식품별 오염도 평가를 시작하였다. 이 또한 총비소의 함량 모니터링에 국한되어 있으며, 현재는 농산물 중 비소의 화학종별 분석법 개발 연구를 추진하는 단계에 그치고 있는 상황으로, 일부 국외 연구에 의해 제기된 바 있는 농산물 중 비소의 위해성이 아직 정책단계에 반영하지는 못하고 있는 실정이다[21,24,33].

한편, 우리나라 식품공전에 의하면 기준・규격이 정하여지지 아니한 중금속에 관한 적・부 판정은 잠정적으로 국제식품규격위원회(CAC, Codex Alimentarius Commission) 규정을 준용할 수 있으며, 국제식품규격위원회 규정이 없는 경우에는 식품의약품안전청장이 해당 물질에 대한 외국의 기준・규격과 일일섭취허용량(ADI), 해당 식품의 섭취량 등 해당물질별 관련 자료를 종합적으로 검토하여 정

할 수 있도록 명시하고 있어 국제기준의 준용을 허용하고 있다[25]. 또한, WTO의 위생 및 식물위생조치(Sanitary and Phytosanitary Measure; SPS measures)에 의하면 '해당 식품이 중금속의 국제적인 기준치와 규격에 적합할 경우 수입 시 해당 식품의 교역을 거부할 수 없다.'라고 명시되어 있다. 따라서 우리나라 식품공전에 정하여 지지 않은 경우는 수입과 수출시 잠정적으로 Codex 기준을 준용할 수 있다.

그러나, 비소의 경우 국제적 관리 기준인 Codex에 조차 우리나라 국민의 다소비 10대 농산물에 대해 허용기준이 마련되어 있지 않고 있어, 외국으로부터 비소에 오염된 농산물 그 가공품을 국내로 수입할 때 적용할 수 있는 관리근거가 미흡한 상황이다. 뿐만 아니라, 우리나라에서 그 기준을 준용하도록 되어 있는 Codex 기준은 우리나라 국민의 섭취빈도 등의 국민적 특성이 반영되지 않은 수치로서, 그 예로 국외에서 비소 오염 사례가 다수 보고되어 오고 있는 쌀은 우리나라의 대표적인 주식인 점을 감안 하면 그 위해성이 높을 수 있음에도 불구하고 우리나라 국민을 보호할 수 있는 관리근거가 부재한 것이다[12-14]. 따라서, 우리나라 국민의 건강을 보호하기 위한 국제적 대응조치로서 우리나라 국민의 식이특성을 고려하여 우리나라에서 생산되고 유통되는 농산물, 특히 주식인 쌀에 대한 비소 화학종별 오염 조사와 독성위해 평가 작업을 진행하고, 이를 근거로 한 관리방안을 마련하는 것이 시급하다 할 것이다.

향후 농산물 및 농산가공품 중 비소의 관리 방향

Codex 국제식품규격위원회(Codex Alimentarius Commission: CAC)는 2008-2013년 Codex 전략계획으로 '국제적으로 합의되고 과학적 원칙에 근거한 규격 및 관련 기준을 개발하여 식품의 국내 규제 및 국제 교역에 사용함으로서 소비자의 건강을 보호하고 식품 교역시의 공정거래를 확립하는 것'으로 정한 바 있다. 또한, 국제연합식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO)에서는 2000-2015 전략체계로서 국제적 · 국가적 차원에서 식품에 대한 정책과 규제 체계를 증진시키는데 높은 우선순위를 두었다[35]. 이러한 국제적으로 정책적으로 식품에 관한 규제를 강화해 가는 추세에도 불구하고, 미국 EPA와 IARC 두 기관 모두에 의해 인체발암물질로 분류된 비소에 대해서만은 국제적으로도 그 허용기준 설정 및 관리가 매우 미비한 상황이다.

이러한 배경에 대해 Codex에서는 비소의 허용기준을 설정할 만큼 충분한 자료가 확보되지 않아 불확실성을 많이 내포하기 때문이라고 하였다. 그 이유로 첫째 식품에 자연적으로 함유된 비소의 화학종별 함유량 자료의 미비, 둘째 비소의 화학종별간 독성 자료의 미비, 셋째 식품 중 비소 화학종의 명확한 분석법의 미확립이 원인이라고 밝히고 있다[36]. 따라서, 향후 식품 중 비소의 허용기준 설정을 포함한 체계적이고 실효성있는 위해관리 체계를 확보하기 위해서는 우선적으로 식품 중 비소의 화학종별 분석법 확립 및 독성 규명이 선행되어야 할 것이다.

최근 우리나라는 납과 카드뮴 기준이 설정되지 않은 농산물인 당근, 마늘, 부추에서 Codex 기준을 초과한 납과 카드뮴이 검출됨으로써 이에 대한 규제 신설의 필요성이 대두되어 우리나라에서 현재 섭취량이 많고 수입량이 증가하는 농산물인 당근, 마늘, 부추에 대해 카드뮴과 납의 기준을 신설하는 '식품의 기준 및 규격 일부 개정 고시안'을 입안 예고한 단계에 있다. 식품의약품안전청에서는 이상의 개정 고시안을 입안 예고하면서 규제영향분석서를 첨부하여 그 추진배경에 대해 공개하고 있다. 해당 규제영향분석서는 농산물 품목에 대한 추가 규제의 배경과 필요성을 명시하고 기존 규제만으로 목적을 달성할 수 있는지에 대한 정부개입의 필요성 점검, 그리고 본 개정 고시안 이외의 다른 대안이 있는지에 대한 검토 의견이 포함되어 있다. 이는 Codex에서 제안한 '정부적용을 위한 식품안전성 위해분석 작업원칙'을 모두 고려하고 있어[34], 우리나라의 식품 중 중금속에 대한 기준 설정 및 위해관리 체계가 국제 수준에 부합되어 효율적으로 정립되어 가는 단계임을 알 수 있다. 그러나,향후 우리나라에서 농산물 중의 비소에 대한 보다 실효성을 거둘 수 있는 위해관리방안을 설정하기 위해서는 우리나라 농산물 중 독성이 강한 무기비소의 함량에 대한 모니터링을 실시하고 이에 대한 확률적 노출평가를 실시하여 위해성을 평가하고 국가차원에서 보다 현실적인 규제영향 분석을 실시하되, 이러한 일련의 정책과정을 거치는 동안 대국민과 관련기관을 대상으로 위해평가와 정책결정 논리를 투명하게 공개하는 등 합리적인 정책결정을 도출하는 것이 무엇보다 필요할 것이다.

한편, 농산물 및 농산가공품 중 비소의 위해관리는 단순한 규제수단으로 식품의 비소 오염도만 관리할 것이 아니라 국가차원의 비소 저감화 노력도 동시에 이루어져야 그 실효성을 높일 수 있다. 이러한 비소 저감화 노력의 일환으로 현재 비소에 오염된 토양 및 농업용수를 통해 농작물로 이행되는 경로 및 이를 저감화 할 수 있는 방법에 대한 연구들이 진행되고 있다[37-41]. 향후 비소의 토양 및 농업용수에서 농작물로의 흡수이행 연구의 진전을 통해 보다 경제적인 저감화 기법을 개발하는 것이야 말로 향후 농산물 및 그 가공품에 대한 비소의 위해관리가 오염도 관리로 인한 규제 일변도의 정책이 아닌 실효성 있는 관리정책으로 정착할 수 있는 밑거름이 될 것으로 생각된다.

요 약

최근 농산물 및 그 가공품 중의 비소 오염도에 대한 우

려가 높아지고 비소가 과다하게 검출되는 사례가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 상황에도 불구하고, Codex를 비롯한 많은 국가에서 위해관리의 근거가 되는 식품 중 허용기준이 미비한 상황이며, 우리나라도 소금과 캡슐에 대한 기준 외에는 식품 중 비소 기준이 전무하다. 호주(뉴질랜드)에서는 곡류에만 총비소 기준으로 1.0 mg/kg으로 설정되어 규제하고 있으며, 일본에서는 독성이 강한 3가 비소 기준으로 설정해 놓았으나 이는 잠정허용기준으로 법적인 강제성을 가지지 못하는 권고수준이다. 예외적으로 중국의 경우 농산물에는 무기비소 기준으로, 농산가공품의 경우 총비소 기준으로 식품을 품목별로 구분하여 체계적이고 엄격한 위해관리를 시행하고 있다. 향후 우리나라의 농산물 및 그 가공품에 대한 비소의 실효성 있는 관리 정책을 위해서는 독성이 강한 무기비소를 기준으로 허용기준을 설정할 필요가 있으며, 이를 위해서는 식품 중 비소의 화학종별 분석기술 개발이 이루어져야 할 것이다. 향후 우리나라에서 농산물 중의 비소에 대한 보다 실효성을 거둘 수 있는 위해관리방안을 설정하기 위해서는 우리나라 농산물 중 독성이 강한 무기비소의 함량에 대한 모니터링을 실시하고 이에 대한 확률적 노출평가를 실시하여 위해성을 평가하고 국가차원에서 보다 현실적인 규제영향 분석을 실시하되, 이러한 일련의 정책과정을 거치는 동안 대국민과 관련기관을 대상으로 위해평가와 정책결정 논리를 투명하게 공개하는 등 합리적인 정책결정을 도출하는 것이 무엇보다 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 농촌진흥청(국립농업과학원) 박사후연수과정지원사업에 의해 이루어진 것임

참고문헌

1. International Agency for Research on Cancer (IARC) : Some drinking-water disinfectants and contaminants, including arsenic, In IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans (v. 84), International Agency for Research on Cancer, Lyon, France (2004).
2. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry : Toxicology profile for arsenic, Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. DHHS, Atlanta, Georgia (2007).
3. World Health Organization (WHO) : 17th Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Technical Report Series No. 539, World Health Organization, Geneva, Switzerland (1974).
4. World Health Organization (WHO) : Evaluation of certain food additives and contaminants, thirtry-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food additives. WHO Technical Report Series, No. 776 (1989).
5. World Health Organization (WHO) : Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Food Additives Series, No. 24 (1989).
6. Environmental Protection Agency (EPA) : Development of arsenic speciation metholodogy for determinaing background exposure levels of inorganic arsenic in dietary samples and application to *in vitro* bioaccessibility studies (2009).
7. Joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA) : List of substances scheduled for evaluation and request for data, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives Rome, Italy (2010).
8. Food Standard Agency (FSA) : Measurement of the concentrations of metals and other elements from the 2006 UK total diet study (2009).
9. Das, H.K., Mitra, A.K., Sengupta, P.K., Hossain, A., Islam, F. and Rabbani, G.H. : Arsenic concentration in rice, vegetables and fish in Bangladesh: A preliminary study. *Environ. Int.,* **30**, 383-387 (2004).
10. Khan, N.I., Owens, G., Bruce, D. and Naidu, R. : Human arsenic exposure andrisk assessment at the landscape level: a review. *Environ. Geochem. Health,* **31**, 143-166 (2009).
11. Marin, A.R.,Masscheleyn, P.H. and Patrick Jr,W.H. : Soil redox-pH stability of arsenic species and its influence on arsenic uptake by rice. *Plant Soil,* **152**, 245-253 (1993).
12. Meharg, A.A., Sun, G., Williams, P.N., Adomako, E., Deacon, C., Zhu, Y.G., Feldmann, J. and Raab, A. : Inorganic arsenic levels in baby rice are of concern. *Environ. Pollut.,* **152**, 746-749 (2008).
13. Zhu, Y.G., Sun, G.X., Lei, M., Teng, M., Liu, Y.X., Chen, N.C., Wang, L.H., Carey, A.M., Deacon, C., Raab, A., Meharg, A.A. and Williams, P.N. : High percentage inorganic arsenic content of mining impacted and non-impacted Chinese rice. *Environ. Sci. Technol.,* **42**, 5008-5013 (2008).
14. Potera, C. : Food safety: U.S. rice serves up arsenic. E*nviron. Health Perspect.,* **115(6)**, A 296 (2007).
15. Zavala, Y.J., Gerads, R., Gurleyuk, H. and Duxbury, J.M. : Arsenic in rice; II. Arsenic speciation in USA grain and implications for human health. *Environ. Sci. Technol.,* **42(10)**, 3861-3866 (2008).
16. European Commission : Scientific co-operation (SCOOP) report on heavy metals in food, Directorate-General Health and Consumer Protection, European Union (2004).
17. Kim, M.K., Kim, W.K., Jung, G.B. and Yun, S.G. : Safety assessment of heavy metals in agricultural products of Korea. *Korean J. of Environm. Agriculture*, **20(3)**, 169-174 (2001).
18. World Health Organization (WHO) : Guideline for the study of dietary in takes of chemical contaminants, WHO offset Publication No.87, World Health Organization, Geneva, Switzerland (1985).
19. Lee, J.S. and Chon, H.T. : Human risk assessment of toxic heavy metals around abandoned metal mine sites. *Econ. Environ. Geol.*, **39(1)**, 73-86 (2004).
20. Lee, J.S., Chon, H.T., Kim, K.W. and Kim J.Y. : Risk assess-

ment of toxic heavy metals in abandoned metal mine areas. *Geosystem Engineering,* **40(4)**, 264-273 (2003).
21. Korea Food and Drug Administration (FDA) : Methodology for the exposure risk and legal standards of heavy metals in agriculture products (2006).
22. Korea Food and Drug Administration (FDA) : Survey on the heavy metals in agricultural products (2006).
23. Korea Food and Drug Administration (FDA) : Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods (2004)
24. Korea Food and Drug Administration (FDA) : Research of inorganic arsenic in food (2002).
25. Korea Food and Drug Administration (FDA) : Classification of Food Raw Material (2008).
26. Joint FAO/WHO Food Standard Programme : Codex Alimentarius Vol. 2, Pesticide residues in food, Section 2, Codex classification of foods and animal feeds, FAO/WHO, Rome, Italy (1993).
27. Commission Regulation (EC) : Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs, No 1881/2006 of 19 December 2006 (2006).
28. Food Standards Australia New Zealand (FSANZ) : Australian New Zealand Food Standards Code, Standard 1.4.1 contaminants and natural toxicants (2009).
29. Japan Ministry of Health, Labour and Welfare: Specifications and standards for food, food additives, etc. (2006).
30. Korea Food and Drug Administration (FDA) : Chinese food standard II (2007).
31. Korea Food and Drug Administration (FDA) : Chinese food standard III (2007).
32. Food Standard Agency (FSA) : Committee on Toxicity of chemicals in food, consumer products and the environment, Statement on arsenic in food: Results of the 1999 total diet study (2003).
33. Park, K.S., Kim, J.S., Lee, H.M., Pyo, H.S., Kim, S.T. and Lee, K.B. : Speciation of six arsenic compounds in Korean seafood samples by HPLC-ICP-MS. *Key Engin. Mat.,* **277-279**, 431-437 (2005).
34. Codex Alimentarius : CAC/GL 62: Working Principles for Risk Analysis for Food Safety for Application by Governments (2007).
35. Codex : Codex alimentarius commission strategic plan 2008-2013, Appendix IX (2007).
36. Joint FAO/WHO Food Standards Programme : Codex committee on contaminants in foods, 3rd session, Rotterdam, Netherland (2009).
37. Dahal, B.M., Fuerhacker, M., Mentler, A., Karki, K.B., Shrestha, R.R. and Blum, W.E.H. : Arsenic contamination of soils and agricultural plants through irrigation, water in Nepal. *Environ. Pollut.,* **155**, 157-163 (2008).
38. Meharg, A.A., Lombi, E., Williams, P.N., Scheckel, K.J., Feldmann, J., Raab, A., Zhu, Y.G. and Islam, R. : Speciation and localization of arsenic in white and brown rice grains. *Environ. Sci. Technol.,* **42**, 1051-1057 (2008).
39. Cheng, W.D., Zhang, G.P., Yao, H.G., Wu, W. and Xu. M. : Genotypic and environmental variation in cadmium, chromium, arsenic, nickel, and lead concentrations in rice grains. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.,* **7(7)**, 565-571 (2006).
40. Zhu, Y.G., Williams, P.N. and Meharg, A.A. : Exposure to inorganic arsenic from rice: A global health issue? *Environ. Pollut.,* **154**, 169-171 (2008).
41. Smith, E., Juhasz, A.L., Weber, J and Naidu, R. : Arsenic uptake and speciation in rice plants grown under greenhouse conditions with arsenic contaminated irrigation water. *Sci. Total Environ.,* **392**, 277-283 (2008).