pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 37, No. 6, pp. 394~399 (2022)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.6.394

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

유통 콜라겐 제품 중 유해중금속 함량 모니터링

김지은* · 김범호 · 김경아 · 김대환 · 최영주 · 강효정 · 민지현 · 이명진
경기도보건환경연구원 보건연구기획팀

Monitoring of Hazardous Heavy Metals in Circulated Collagen Products in Korea

Ji-Eun Kim*, Beom-Ho Kim, Kyung-A Kim, Dae-Hwan Kim, Young-Ju Choi, Hyo-Jung Kang, Ji-Hyeon Min, Myung-Jin Lee
Gyeonggi Province Institute of Health and Environment Public Health Research Planning Team, Suwon, Korea

(Received August 23, 2022/Revised November 04, 2022/Accepted December 09, 2022)

ABSTRACT - This study was conducted to estimate hazardous heavy metal content, including lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As) and mercury (Hg) in 120 collagen products currently marketed in Korea. Hg concentration was analyzed by a gold amalgamation method using a mercury analyzer, while concentrations of Pb, Cd, and As were analyzed by ICP-OES. The average Pb concentration was 0.097 mg/kg. For comparison, respective average concentrations were 0.108 mg/kg, 0.084 mg/kg, 0.131 mg/kg, and 0.149 mg/kg in functional health foods, other processed products, beverages, and fruit/vegetable processed products. The average concentration of Cd was 0.026 mg/kg. All products in which Cd was detected were functional health foods. The average concentration of As was 0.097 mg/kg, with respective average concentrations of 0.091 mg/kg, 0.133 mg/kg, and 0.086 mg/kg in functional health foods, other processed products, and fruit/vegetable processed products. The average Hg concentration was 0.0025 mg/kg, with respective average concentrations of 0.0012 mg/kg, 0.0028 mg/kg, 0.0013 mg/kg, and 0.0031 mg/kg in functional health foods, other processed products, fruit/vegetable processed products, and candies respectively. Heavy metal levels in beverages and candy products with set heavy metal standards were below the set standards. Even products without regulatory standards were found to be relatively safe compared with heavy metal standards set for domestic and foreign foods.

Key words : Collagen, Hazardous heavy metal, Lead (Pb), Other processed products

콜라겐은 동물의 결합조직을 구성하는 주성분으로, 뼈와 피부, 관절, 머리카락, 각막, 혈관 등에 분포되어있다[1]. 특히 피부 진피층의 90%를 차지하며 입체구조 유지, 인장강도 부여 등 피부를 보호하는 역할을 수행하고 있다[2,3]. 구조적 특징으로 인해 수분 보유량이 높아 예로부터 피부 탄력 및 보습 증진을 위한 미용 소재로 널리 이용되어왔으나, 약 300 kDa에 달하는 고분자량 단백질이기 때문에 생체 흡수율 등에 대한 논란이 끊이지 않았다. 이에 다양한 방법을 통해 분자 크기를 감소시켜 생체이용률을 증가시킨 콜라겐 펩타이드를 활용한 기능성 소재 개발이 활발히 진행되고 있다[4,5]. '콜라겐 펩타이드'라고 불리는 콜라겐 가수분해물은 돈피, 어류의 비늘 등에서 고분자 콜라겐을 추출한 후, 효소 분해 등의 후처리 과정을 통해 가수분해시켜 펩타이드형태로 저분자화 시킨 것으로 분자량을 1,000-5,000 Da 정도까지 낮춘 콜라겐 제품들이 판매되고 있다[6]. 최근 어류의 비늘에서 분리한 콜라겐 펩타이드의 섭취가 콜라겐 섬유의 직경 및 밀도를 높이고 피부 보습, 주름생성 억제 등의 피부 손상개선 효과가 보고되면서[7,8] 어류 유래 콜라겐을 사용한 다양한 제품이 출시되고 있다.

콜라겐 제품 시장은 매년 성장세이며, 2018년 대비 2019년 일반식품 신규 품목수는 약 66%, 건강기능식품 신규 품목수는 약 38% 증가하였다. 유통 중인 콜라겐 제품의 식품 유형은 2020년 5월을 기준으로 건강기능식품이 전체

*Correspondence to: Ji-Eun Kim, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Public Health Research Planning Team, Suwon 16381, Korea
Tel: +82-31-8008-9645 Fax: +82-31-8008-9649
E-mail: smilejieun22@gg.go.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

콜라겐 제품의 약 3.5%이며, 그 외에 일반식품으로 기타가공품이 약 72.2%, 혼합음료 11.6%, 캔디류 11.5%, 과·채주스 2.7%, 과·채음료 1.6% 및 당류가공품 0.5%의 비율로 판매되고 있다[9].

콜라겐 건강기능식품은 개별인정형으로 기능성 원료에 대해 영업자로부터 안전성 및 기능성 등에 관한 자료를 제출받아 개별적으로 인정을 받아야한다[10]. '건강기능식품 기능성 원료심사 보고서'에 중금속 등 유해 물질의 개별 기준이 있고, 제품에 대해서는 제품별 유해물질 기준·규격을 적용하여 관리하고 있다[11]. 일반식품의 중금속 기준·규격은 '식품 일반의 기준 및 규격' 및 '식품별 기준 및 규격'을 적용하고 있다. 음료류(액상차)는 납과 카드뮴에 대해 각각 0.3 mg/kg, 0.1 mg/kg 이하의 기준을 적용하고 있으며, 캔디류는 납에 대해 0.2 mg/kg 이하의 기준을 적용하고 있다. 그러나 기타가공품과 과·채가공품은 중금속에 대한 개별기준이 없으며, 가공식품에 대한 '식품 일반에 대한 공통기준 및 규격'에도 식물성 유지류 등(납, 비소 0.1 mg/kg), 어유(납, 0.1 mg/kg), 영·유아 식품 등(납, 0.01 mg/kg)에 대해서만 기준·규격이 있어 적용가능한 중금속 기준·규격이 설정되어 있지 않다. 특히 콜라겐 제품 유형 중 가장 많은 기타가공품은 세균수와 같은 미생물 규격 외에 성상, 이물, 산가 및 과산화물가(유탕·유처리식품에 한한다)에 대해서만 기준·규격이 설정되어있다[12]. 기타가공품은 2018년 식품 품목별 생산실적 출하액 기준으로 전체 식품 중 6번째로 많은 식품 유형이지만[13], 규격 외 일반가공식품에서 정해진 유형 외의 모든 식품을 기타가공품으로 분류하고 있어 기타가공품의 다양성에 따른 적절한 검사가 이루어지지 못하는 문제점이 있다[14]. 그리고 콜라겐 제품 중 젤리 제형은 캔디류, 과·채가공품, 기타가공품으로 식품 유형이 등록되어있어 일관된 식품별 기준·규격을 적용하기 어려운 문제점이 있다.

또한, 콜라겐 제품의 대부분이 수산물인 어류로부터 추출된 콜라겐으로 육상동물인 소나 돼지로부터 유래된 콜라겐에 비해 광우병 및 구제역 등 인체 전이 위험성은 낮지만[15,16], 중금속의 이행 가능성이 있을 수 있다. 특히 미량만으로도 인체에 유해한 영향을 미치고, 장기간에 걸쳐 체내 축적되면 급만성 질환을 일으킬 수 있는 납, 카드뮴, 비소 수은과 같은 중금속에 대해서는 적용 가능한 기준·규격이 미비한 실정이다[17]. 국내 연구에 의하면 25개 유해 물질을 선별하여 대상물질의 위해크기, 노출원을 고려한 가중치, 관심도를 점수화하여 통합노출을 고려한 유해물질 관리 우선순위를 도출한 결과 1-4위가 카드뮴, 납, 수은, 비소 순위였다[18]. 따라서 본 연구에서는 유통 중인 콜라겐 제품에 대해 납, 카드뮴, 비소, 수은 4종의 유해중금속 함량을 조사하여 제품의 안전성 평가를 수행하고, 안전성 확보를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

Materials and Methods

실험재료

시료는 2021년 3월부터 10월까지 경기도 내 대형 유통판매점 및 온라인 마켓에서 유통되고 있는 콜라겐 제품 120건을 수거하여 분석하였다. 이 중 건강기능식품 22건, 일반식품 중 기타가공품 68건, 음료류 10건(혼합음료 8건, 액상차 1건, 음료베이스 1건), 과·채가공품 10건, 캔디류 10건을 시료로 하였다. 그리고 분말, 젤리, 액상, 타블렛(Tablet) 등 다양한 제형이 포함되도록 수거하였다.

시약 및 표준용액

납, 카드뮴, 비소 분석에 사용된 표준용액은 ICP Multi-Element Standard Solution (PerkinElmer, Waltham, MA, USA)을 10% 질산(Wako, Tokyo, Japan)으로 희석하여 6.25, 12.5, 25, 50, 100 μL/L 농도로 사용하였다. 수은 분석을 위한 표준용액은 Mercury Standard Solution (AccuStandard, New Haven, USA)을 0.01% L-cysteine (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 용액으로 0.1 mg/L 농도가 되게 희석한 후, 20, 40, 60, 100 ng 농도로 사용하였다.

시료의 전처리

중금속 분석을 위한 전처리 방법은 식품공전 제8. 일반시험법 9.1 중금속 시험법을 사용하였다. 모든 시료는 대표성 확보를 위해 균질화하였으며, 균질화한 시료를 3개씩 샘플링 하여 농도의 평균값을 구하였다. 납, 카드뮴, 비소 분석을 위한 시료는 약 0.3 g을 취하여 질산(Wako, Tokyo, Japan) 5 mL을 넣고 마이크로웨이브(OMC 3000, Ctrl-M Scientific, Bucheon, Korea)로 분해하였고, 20 mL로 정용 후 여과하여 시험용액으로 하였다.

기기분석

납, 카드뮴, 비소 분석은 ICP-OES (Avio 500, PerkinElmer, USA)를 사용하였고, 분석 조건 및 측정 파장은 Table 1과 같이 설정하였다. 수은은 금아말감법의 원리로 분석하는 수은분석기(MA-3000, Nippon Instruments Corporation,

Table 1. The operating conditions of ICP-OES

Parameters	Condition
RF power	1450 W
Plasma gas flow	10 L/min
Auxillary gas flow	0.2 L/min
Nebulizer gas flow	0.55 L/min
Analytical wavelength (nm)	Pb 220.353
	Cd 228.802
	As 188.979

Table 2. The operating conditions of Hg analyzer

Parameters	Condition
1st decomposition	180°C, 120 sec, O_2 flow 0.4 L/min
2nd decomposition	850°C, 120 sec, O_2 flow 0.4 L/min

Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 수은분석기에 연결된 정밀저울을 이용하여 균질화한 시료 약 0.03 g을 취하고, Table 2와 같이 조건을 설정하여 분석하였다.

분석법 유효성 확인

표준용액의 직선성 검증을 위해 5가지 농도의 표준용액을 각각 5회씩 반복 측정하여 검량선을 작성하였고, 회귀분석방법을 사용하여 직선방정식과 상관계수(correlation coefficient, R^2)를 산출하였다. 검출한계(Limit of Detection, LOD)와 정량한계(Limit of Quantitation, LOQ)는 ICH (International Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human)에서 제시한 산출방법 중 반응값의 표준편차와 검량선의 기울기에 근거하는 방법에 따라 구하였다[19].

$$LOD = 3.3 \times \sigma / S$$
$$LOQ = 10 \times \sigma / S$$

σ = The standard deviation of the response
S = The slope of the calibration curve

회수율(recovery)은 수거한 콜라겐 제품 중 가장 많은 제형인 분말과 젤리 형태 시료에 각각 표준용액을 첨가하였으며, 3회 반복 측정하여 회수율을 구하였다.

Results and Discussion

분석법 유효성 검증

검출한계, 정량한계 및 회수율 측정 결과는 Table 3과 같다. 납, 카드뮴, 비소, 수은의 검출한계는 각각 0.0021 mg/kg, 0.0004 mg/kg, 0.0029 mg/kg, 0.0017 mg/kg, 정량한계는 각각 0.0063 mg/kg, 0.0011 mg/kg, 0.0088 mg/kg, 0.0136 mg/kg으로 나타났으며, 검출한계 미만의 결과는 N.D (Not Detected) 처리하였다. 또한 검량선을 작성하여 직선성(linearity) 확인 결과 상관계수(R^2)가 0.9997 이상의 값으로 양호하게 나타났다. 회수율은 분말과 젤리 제형 2가지 형태 시료에 표준용액을 가하여 3회 반복 측정한 결과 납, 카드뮴, 비소, 수은의 회수율은 분말 제형에서 각각 101.0%, 97.4%, 101.0% 101.5%, 젤리 제형에서 각각 102.1%, 102.6%, 102.0%, 101.4%를 나타내었다. 검증 결과는 식품의약품안전평가원의 '식품 등 시험법 마련 표준절차에 관한 가이드라인'에서 중금속 시험법의 검증 요소 및 기준 범위로 제시한 직선성(R^2) 0.99 이상, 회수율 100±20%에 부합하였다[20].

납(Pb) 함량 분석

유통 콜라겐 제품의 중금속 함량 분석 결과를 식품 유형별로 분류하였다(Table 4).

납은 총 120건 중 29건에서 검출되었으며 평균 0.097±0.055 mg/kg 농도를 나타내었다. 건강기능식품 3건에서 0.108±0.052mg/kg, 기타가공품 20건에서 0.084±0.053 mg/kg, 음료류 5건에서 0.131±0.047 mg/kg, 과·채가공품 1건에서 0.149 mg/kg 평균 농도를 나타내었으며 캔디류에서는 검출되지 않았다. 검출 건수는 기타가공품이 20건으로 가장 많지만, 평균 함량은 가장 낮았으며 검사 건수 대비 음료류에서 가장 많이 검출되었다. 납은 음료류와 캔디류에만 각각 0.3 mg/kg, 0.2 mg/kg 이하로 국내 기준이 설정되어있으며 검출된 음료류 5건은 기준 이하로 모두 적합하였다. 기준이 없는 제품은 국내 농·축·수산물 및 가공식품의 중금속 기준을 종합하여 비교하면 최소 기준인 0.01 mg/kg(영·유아용 식품 등의 기준) 이상 검출되었지만, 최대 기준인 5.0 mg/kg(침출차) 이하로 검출되었다(Table 5)[12]. Codex 기준은 가공식품에서 영아용 조제식(Infant formula)에 대해 최소 0.02 mg/kg, 식염에 대해 최대 2 mg/kg 기준이 설정되어있다[21]. 검출된 납의 평균 함량은 보고된 국내

Table 3. LOD[1], LOQ[2], recovery of heavy metals

Elements	LOD[1] (mg/kg)	LOQ[2] (mg/kg)	Powder			Jelly		
			Spiked conc. (mg/kg)	Measured conc. (mg/kg)	Recovery (%)	Spiked conc. (mg/kg)	Measured conc. (mg/kg)	Recovery (%)
Pb	0.0021	0.0063	0.05	0.0505	101.0	0.05	0.0511	102.1
Cd	0.0004	0.0011	0.05	0.0487	97.4	0.05	0.0513	102.6
As	0.0029	0.0088	0.05	0.0505	101.0	0.05	0.051	102.0
Hg	0.0017	0.0136	0.1	0.0985	101.5	0.1	0.0986	101.4

[1] Limit of detection.
[2] Limit of quantitation.

Table 4. Heavy metal concentration in products by food type (unit: mg/kg)

Type of sample	No. of Analysis	Pb		Cd		As		Hg	
		mean±SD (min-max)	No.[1)]	mean±SD (min-max)	No.	mean±SD (min-max)	No.	mean±SD (min-max)	No.
Total	120	0.097±0.055 (N.D.-0.193)	29	0.026±0.011 (N.D.-0.037)	2	0.097±0.048 (N.D.-0.186)	6	0.0025±0.0016 (N.D.-0.0053)	7
Health functional food	22	0.108±0.052 (N.D.-0.174)	3	0.026±0.011 (N.D.~0.037)	2	0.091±0.055 (N.D.-0.186)	4	0.0012 (N.D.-0.0012)	1
Other processed product	68	0.084±0.053 (N.D.-0.193)	20	N.D.	0	0.133 (N.D.-0.133)	1	0.0028±0.0018 (N.D.-0.0053)	4
Beverages	10	0.131±0.047 (N.D.-0.191)	5	N.D.	0	N.D.	0	N.D.	0
Fruit and vegetable processed product	10	0.149 (N.D.-0.149)	1	N.D.	0	0.086 (N.D.-0.086)	1	0.0013 (N.D.-0.0013)	1
Candies	10	N.D.	0	N.D.	0	N.D.	0	0.0031 (N.D.-0.0031)	1

[1)] The number of heavy metal detected.

Table 5. Standards of heavy metal in Korean food[12)]

Type of sample	Standards[1)] (mg/kg)			
	Pb	Cd	As	Hg
Processed, Agricultural, Marine, Livestock Products	0.01-5.0	0.05-5.0	0.1	0.1-0.5

[1)] Minimum and maximum standards of Korean Food Code.

식품의 평균 함량 0.004(축산물)-0.082(수산물) mg/kg보다 높았지만[22)], 기타가공품의 납 함량 0.001-13.39 mg/kg과 비교하면 최대 검출 농도는 0.193 mg/kg으로 매우 낮았다[14)]. 또한, 콜라겐 제품의 원료인 어류의 평균 납 함량 0.17±0.32 mg/kg 보다 낮게 검출되었다[23)].

카드뮴(Cd) 함량 분석

카드뮴은 총 120건 중 2건에서 검출되었고 평균 0.026±0.011 mg/kg 농도를 나타내었다. 검출된 2건은 모두 개별인정형 건강기능식품으로 제품별 중금속 기준·규격이 설정되어있다. 카드뮴은 음료류에 대해서만 0.1 mg/kg 기준이 있으며, 모든 식품에 대한 국내 최소 기준과 CODEX 최소 기준이 0.05 mg/kg로 동일하게 설정되어 있다[12,21)]. 검출된 카드뮴의 농도는 국내외 최소 기준보다 낮게 확인되었고, 보고된 국내 식품의 카드뮴 평균 함량 0.001(축산물)-0.157(수산물) mg/kg보다 낮고 가공식품의 평균 함량 0.023 mg/kg과 유사한 함량을 보였다[22)] . 또한, 기타가공품에서 검출된 0.003-1.231 mg/kg 함량과 비교하였을 때 최소 검출량보다 낮았으며[14)], 어류의 평균 함량 0.34±0.07 mg/kg보다 매우 낮은 농도로 검출되었다[23)].

비소(As) 함량 분석

비소는 6개 제품에서 평균 0.097±0.048 mg/kg 농도로 검출되었다. 건강기능식품 4건에서 0.091±0.055 mg/kg, 기타가공품 1건에서 0.133 mg/kg, 과·채가공품 1건에서 0.086 mg/kg 평균 농도를 보였으며 음료류와 캔디류에서는 검출되지 않았다. 비소는 무기비소를 제외하고 국내 전체 식품에서 식물성유지류, 기타동물성유지, 혼합식용유, 향미유, 가공유지, 쇼트닝, 마가린에 대해서만 0.1 mg/kg 이하의 기준이 있으며, CODEX 기준에도 일부 유지류에 0.1 mg/kg, 식염 0.5 mg/kg으로 설정되어 있다[12,21)]. 무기비소는 2014년, 2016년에 각각 백미 0.2 mg/kg 현미 0.35 mg/kg으로 CODEX 기준·규격이 설정되었고 국내에는 2018년에 현미, 미강, 쌀눈, 톳, 모자반을 함유한 가공식품에 0.1-1 mg/kg 기준·규격을 신설하였다[24)]. 비소는 독성이 강한 무기비소를 함유한 농산물과[25)] 비소 함량이 비교적 높은 수산물에 대해 주로 연구되어있다. 이번 조사 결과 비소의 평균 함량은 보고된 농산물의 총 비소 함량 0.028-0.070 mg/kg보다 높았지만[26)], 해조류와 가공품의 평균 농도 4.672 mg/kg[27)], 해양 어류의 평균 농도 2.523 mg/kg보다 매우 낮게 검출되었다[17)]. 또한, 우유, 식용유지, 마가린을 대상으로 한 연구 결과의 최고 농도인 4.220 μg/kg보다 높았지만[28)], 주류의 최고 농도 209.7 μg/kg보다는 낮았다[28)]. 국내 가공식품에 대한 비소 함량 조사 결과 평균 0.575 mg/kg으로 수산물 다음으로 오염도가 높다고 보고되어있다[22)]. 이번 조사 결과 비소에 대한 국내외 최소 기준인 0.1 mg/kg과 유

사한 함량으로 검출되었지만, 보고된 식품의 비소 함량보다는 비교적 낮은 함량을 보였다.

수은(Hg) 함량 분석

수은은 7건 제품에서 평균 0.0025±0.0016 mg/kg 농도로 검출되었다. 건강기능식품 1건에서 0.0012 mg/kg, 기타가공품 4건에서 0.0028±0.0018 mg/kg, 과·채가공품 1건에서 0.0013 mg/kg, 캔디류 1건에서 0.0031 mg/kg 평균 농도를 나타냈으며, 음료류에서는 검출되지 않았다. 수은은 국내 식품 중 수산물과 식염에 대해서만 각각 0.5 mg/kg, 0.1 mg/kg 기준이 있으며, CODEX 기준에도 식염에 대해서만 0.1 mg/kg 기준이 설정되어있다[12,21]. 검출된 수은의 평균 함량은 수은의 오염도가 가장 높다고 보고된 수산물의 평균 함량 0.048 mg/kg보다 훨씬 낮았고[22], 식염의 평균 함량 7.6 μg/kg 및 가공식품의 평균 함량 4.4 μg/kg보다 낮은 농도를 나타냈다[30]. 또한, 이번 조사 결과 기타가공품에서 0.0053 mg/kg으로 가장 높은 함량을 보였으나 국내외 최소 기준 0.1 mg/kg 미만으로 검출되었고, 기타가공품의 수은 함량 연구 결과의 최대 함량 0.650 mg/kg보다 낮았다[14].

콜라겐 제품의 중금속 함량 조사 결과, 국내 기준·규격이 있는 음료류 및 캔디류 제품은 모두 기준 이하로 검출되어 적합하였다. 중금속 기준·규격이 없는 유형의 제품도 국내외 식품의 중금속 기준 및 보고된 식품의 중금속 함량 연구 결과와 비교하였을 때 비교적 안전한 수준이라고 판단되었다.

현재 가공식품보다 식품의 원재료인 농·축·수산물에 대한 중금속 모니터링이 집중되어 있어 가공식품에 대한 중금속 모니터링 연구는 미비한 실정이다[28]. 다양한 가공식품에 대한 중금속 모니터링을 통해 제품 유형별로 안전한 중금속 기준·규격이 설정되어야 할 것이다. 그리고 일반식품 제조 및 판매 시 무분별한 기타가공품 등록 대신 식품 유형 허가에 대한 검토를 강화하여 식품 유형별 적절한 기준·규격 검사가 수행될 수 있도록 해야 할 것이다.

국문요약

국내 유통 중인 콜라겐 제품 120건을 대상으로 중금속 4종(납, 카드뮴, 비소, 수은) 함량에 대해 조사하였다. 수은은 금아말감화법을 이용한 수은분석기로 분석하였고 납, 카드뮴, 비소는 ICP-OES를 이용하여 분석하였다. 검사 결과 납의 평균 함량은 0.097±0.055 mg/kg이었고 건강기능식품, 기타가공품, 음료류, 과·채가공품에서 각각 평균 0.108±0.052mg/kg, 0.084±0.053 mg/kg, 0.131±0.047 mg/kg, 0.149 mg/kg 농도로 검출되었다. 카드뮴의 평균 함량은 0.026±0.011 mg/kg이었으며 검출된 제품은 모두 건강기능식품이었다. 비소의 평균 함량은 0.097±0.048 mg/kg이었고 건강기능식품, 기타가공품, 과·채가공품에서 각각 평균 0.091±0.055 mg/kg, 0.133 mg/kg, 0.086 mg/kg 농도로 검출되었다. 수은의 평균 함량은 0.0025±0.0016 mg/kg으로 건강기능식품, 기타가공품, 과·채가공품, 캔디류에서 각각 평균 0.0012 mg/kg, 0.0028±0.0018 mg/kg, 0.0013 mg/kg, 0.0031 mg/kg 농도로 검출되었다. 중금속 기준·규격이 있는 음료류(납 0.3 mg/kg, 카드뮴 0.1 mg/kg) 및 캔디류(납 0.2 mg/kg)는 모두 기준 이하로 검출되어 적합하였다. 기준·규격이 없는 제품도 국내외 식품의 중금속 기준과 보고된 식품 중금속 함량과 비교하였을 때 비교적 안전한 수준이라고 판단되었다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Ji-Eun Kim https://orcid.org/0000-0002-5552-4165
Beom-Ho Kim https://orcid.org/0000-0001-9144-881X
Kyung-A Kim https://orcid.org/0000-0001-7517-0619
Dae-Hwan Kim https://orcid.org/0000-0002-9703-9141
Young-Ju Choi https://orcid.org/0000-0002-8039-8033
Hyo-Jung Kang https://orcid.org/0000-0002-7122-2386
Ji-Hyeon Min https://orcid.org/0000-0001-8052-3167
Myung-Jin Lee https://orcid.org/0000-0002-4881-7672

References

1. Shoulders M.D., Raines R.T., Collagen structure and stability. *Annu Rev Biochem.*, **78**, 929-958 (2009).
2. See H.J., Kim Y.S., Park S.J., Yang J.O., Lee S.A., Kim H.J., Synergistic effect of improving skin hydration by administration of milk ceramide and low molecular fish collagen complex. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **50**, 219-225 (2021).
3. Subhan F, Hussain Z, Tauseef I, ,Shehzad A, Wahid F, A review on recent advances and applications of fish collagen. *Food Sci. Nutr.*, **61**, 1027-1037 (2021).
4. Kim H., Jeon B.R., Lee H.J., Chung D.K., Evaluation of the skin moisturizing efficacy of a collagen peptide isolated from fish scales using HaCaT keratinocytes. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **49**, 454-461 (2020).
5. Hong H., Fan H., Chalamaiah M., Wub J., Preparation of low-molecular-weight, collagen hydrolysates (peptides): Current progress, challenges, and future perspectives, *Food Chem.*, **301**, 125222 (2019)
6. Kim J.K., Lee J.H., Yang M.S., Seo D.B., Lee S.J., Beneficial effect of collagen peptide supplement on anti-aging against photodamage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **41**, 441-445 (2009).

7. Asserin, J., Lati, E., Shioya, T., Prawitt, J., The effect of oral collagen peptide supplementation on skin moisture and the dermal collagen network: evidence from an *ex vivo* model and randomized, placebo-controlled clinical trials. *J. Cosmet Dermatol.* **14**, 291-301 (2015).
8. Matsuda, N., Koyama, Y., Hosaka, Y., Ueda, H., Watanabe, T., Araya, T., Irie, S., Takehana, K., Effects of ingestion of collagen peptide on collagen fibrils and glycosaminoglycans in the dermis. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **52**, 211-215 (2006).
9. Ministry of Food and Drug Safety, (2021, June 2). Retrieved from https://impfood.mfds.go.kr/CFBBB02F02/getCntntsDetail?cntntsSn=284244 (2020)
10. Lee, H.Y., Approval of functional ingredient of health/functional foods in Korea. *Food Ind. Nutr.*, **18**, 1-7 (2013).
11. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). Health functioal Food Code (2021)
12. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). Korean Food Code (2021)
13. Food information statistics system, Statistics on production performance by food item. Retrieved from https://www.atfis.or.kr/statistics/M003000000/main.do?category=subject#. (2018).
14. Jang, J.S., Kwon, M.J., Kim, M.H., Park, J.S., Lim, S.S., Kwon, S.S., Song, S.M., Yeo, E.Y., Hong, S.H., Kim, J.I., Om, A.S., Other processed products, monitoring and the exposed dose assessment of heavy metal, the illegal compounds. *J. Fd Hyg. Safety.,* **30**, 35-42 (2015).
15. Lee, M.J., Jeong, N.H., Preparation and availability analysis of collagen peptides obtained in fish scale. *J. Korean Oil Chemists' Soc.*, **26**, 457-466 (2009).
16. Subhan, F., Ikram, M., Shehzad, A., Ghafoor, A., Marine collagen: An emerging player in biomedical applications, *J. Food Sci. Technol.*, **52**, 4703–4707 (2015).
17. Kim, H.Y., Kim, J.C. Kim, S.Y., Lee, J.H., Jang, Y.M., Lee, M.S., Park, J.S., Lee, K.H., Monitoring of heavy metals in fishes in Korea -As, Cd, Cu, Pb, Mn, Zn, total Hg-. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **39**, 353-359 (2007).
18. Jeong, J.Y., Jung, Y.K., Hwang, M.S., Jung, K.K., Yoon, H.J., Prioritizing management ranking for hazardous chemicals reflecting aggregate exposure, *J. Fd. Hyg. Safety.* **27**, 349-355 (2012).
19. ICH Steering Committee, ICH harmonised tripartite guideline –Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology Q2(R1), pp. 11-12 (2005).
20. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), Guidelines on standard procedures for preparing analysis methods. Korea (2016).
21. Codex Alimentarius Commission, Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed (CODEX STAN 193-1995), (2019).
22. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), Food heavy metal standards and standards reevaluation report. Cheongju, Korea (2017).
23. Hwang, Y.O. and Park, S.G., Contents of heavy metals in marine fishes, sold in Seoul. *Anal. Sci. Technol.*, **19**, (2006).
24. Back, E.J., Kim, M.G., Kim, H.J., Sung, J.H., Lee, Y.J., Kwak, S.H., Lee, E.B., Kim, H.J., Lee, W.J., Lee, M.J. and Oh, J.G., Report of Gyeonggi-do institute of public health and environment, 38-51 (2022).
25. 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).
26. Paik, M.K., Kim, W.I. Yoo, J.H., Kim, J.K., Kim, M.J., Im, G.J., Hong, M.K., Om, A.S., Trends of arsenic maximum levels on agricultural commodities and processed agricultural products. *J. Fd. Hyg. Safety.* **25**, 16-23 (2010).
27. Lee, J.Y., Lee, M.J., Eong, I.H., Cho, Y.S., Sung, J.H., Baek, E.J., Lee, E.B., Kim, H.Y., Park, K.H., Yoon, M.H., A study on heavy metal contamination and risk assessment of seaweed and seaweed products. *J. Fd. Hyg. Safety.* **34**, 447-453 (2019).
28. Lee, H.J., Shim, J.Y., Oh, H.S., Jang, M.R., Lee, Y.A., Lee, R.K., Kim, M.A., Lee, S.M., Cho, T.Y., Kang, H.I., A study on heavy metal contents in processed foods and their safety evaluations. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **44**, 21-27 (2012).
29. No, K.M., Kang, K.M., Baek, S.L., Choi, H., Park, S.K., Kim, D.S., Monitoring of heavy metal content in alcoholic beverages. *J. Fd. Hyg. Safety.* **25**, 24-29 (2010).
30. Choi, H., Park, S.K. and Kim, M.H., Risk assessment of mercury through food intake for Korean population. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **44**, 106-113 (2012).