pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 37, No. 3, pp. 166~172 (2022)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.3.166

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

유통 텀블러 제품에서 용출되는 유해금속 안전성평가

장미경* · 손미희 · 박성희 · 조윤식 · 구은정 · 채선영 · 전종섭 · 이명진
경기도보건환경연구원 식품의약품연구부 첨가물분석팀

Safety Evaluation of Hazardous Metals Migrated in Tumbler Samples

Mi-Kyung Jang*, Mi-Hui Son, Sung-Hee Park, Yun-Sik Cho, Eun-Jung Ku,
Sun-Young Chae, Jong-Sup Jeon, Myung-Jin Lee
Food Additives Analysis Team, Food and Drug Research Division, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon, Korea

(Received February 17, 2022/Revised May 3, 2022/Accepted June 14, 2022)

ABSTRACT - This study evaluated the migrant and residue tests of lead (Pb), cadmium (Cd), nickel (Ni), arsenic (As), and antimony (Sb) in 70 tumbler samples. The migration levels of hazardous metals in all the samples were within the migration limits outlined in the Korean standards and specifications for utensils, containers, and packages. Moreover, in all the tumbler samples, only Ni was detected in 0.5% citric acid solution of a food stimulant. The maximum level of Ni 0.0144 mg/L was 14.4% of the migrant specification (not more than 0.1 mg/L), which was relatively safe. The 0.5% citric acid solution was eluted at 4°C, 70°C, and 100°C for 30 min, and only Ni was detected while testing for migration levels according to the temperature variations; all temperature conditions conformed to the standards. The level of Ni migration increased significantly with increasing migration temperature. Regarding the residue level outside the paint-coated tumbler samples, the Pb level was found to range from N.D. to 20638.1323 mg/kg. The risk of Ni was further estimated to be at a safe level of 0.00 to 0.01% compared to the %TDI as a result.

Key words: Tumbler, Hazardous metals, Migrant test, Residue test, Safety evaluation

일회용품 사용을 줄이기 위해 환경 보호를 위한 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」에 따라 정부의 일회용품 사용 규제가 강화되고 있다. 환경에 관한 관심이 높아지면서 일회용 컵 대신 텀블러를 이용해 커피, 차 등을 즐기는 소비자가 늘고 있다[1]. 음식물과 접하는 텀블러 내부는 내식성이 강한 스테인리스 등 금속제 재질이 주로 사용되고 외부는 플라스틱, 금속, 금속에 페인트 코팅 등 다양한 재질이 사용되고 있다. 텀블러 외부는 광택, 표면보호, 장식 등을 위해 금속에 페인트 코팅 등으로 마감 처리한다. 특히, 페인트 코팅은 납 등 유해금속이 함유되어 있으면 음료 섭취 시 경구 또는 피부 접촉을 통해 인체에 노출 우려가 크다[2,3]. 각국의 규제기관은 위해 가능성이 큰 중금속 등의 경우 기준·규격을 설정하여 관리하고 있으며, 국내에서는 금속제 재질의 경우 식품과 직접 접촉하는 면에만 납, 카드뮴, 니켈, 6가크롬 및 비소에 대한 기준 및 규격을 설정하여 관리하고 있다[4,5].

납은 내식성이 뛰어나 페인트 염료 등에 사용되며, 중독 시 인체의 거의 모든 조직에 영향을 미치고 축적되며 배출이 어렵다. 납 중독 증상은 두통, 복통, 구토, 빈혈, 만성 신장염, 중추신경계 장애 등이 있다. 카드뮴은 착색 안료로 사용되며, 카드뮴 중독은 설사, 복통, 구토 및 생식기능 저해, 불임, 간장 및 신장 장애, 중추신경계와 면역계 손상, 정신질환, 고혈압, 암 발병 등을 유발한다. 니켈은 알레르기 피부 반응을 유발하는 흔한 원인이다. 비소와 비소 화합물들은 재질의 보존 및 항균 등의 목적으로 사용되며, 강한 독성을 가지고 있을 뿐 아니라 일부는 발암물질로 알려져 있다. 비소로 오염된 물이나 식품을 장기간 섭취 시 방광암, 피부암, 간암, 신장암, 폐암 등에 걸릴 수 있다. 안티몬은 축합반응의 촉매제로 사용되며, 비필수 미량원소로 비교적 독성이 강한 것으로 알려져 있다. 또

*Correspondence to: Mi-Kyung Jang, Food Additives Analysis Team, Food and Drug Research Division, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon, Korea
Tel: +82-31-250-2578, Fax: +82-31-250-2537
E-mail: mkjang1029@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.

한, 호흡을 통한 인체 노출시 기침, 폐렴, 소화 장애, 생식 기능 쇠퇴 및 신경계통의 질병을 유발할 수 있고, 만성중독의 증상은 비소의 중독 증상과 유사하며, 심근위축과 발암 작용도 있다[6-10]. 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서는 카드뮴, 비소, 니켈화합물 및 6가크롬을 인체발암물질인 Group 1, 납과 안티몬은 인체발암가능물질인 Group 2B로 분류하고 있다[11].

일회용품 사용을 줄이기 위한 공동의 노력 추진으로 매년 텀블러 사용 소비자가 증가하고 있다[12,13]. 다양한 색상이나 캐릭터 디자인된 제품은 성인뿐 아니라 어린이도 사용하며, 커피전문점, 팬시점, 온라인 쇼핑몰 등 다양한 경로로 유통되고 있다. 용기 외부의 페인트 코팅에 유해금속이 함유되어 있으면 음료 섭취 시 경구 또는 피부 접촉을 통해 인체에 유입될 수 있어 안전성에 문제가 될 수 있다. 현재 국내 용기 외부의 페인트 코팅에 대한 규제는 부재한 실정이다. 미국, 캐나다는 페인트 및 표면 코팅된 모든 제품에 대해 납 함량(90 mg/kg 이하)을 규제하고 있다.

본 연구에서는 유통되는 텀블러 제품 70건을 수거하여 유해물질인 중금속 5종(납, 카드뮴, 니켈, 비소 및 안티몬)의 용출량 및 잔류량을 조사하고 그 결과를 바탕으로 기구 및 용기·포장의 이행물질 노출 시나리오를 활용하여 일일섭취한계량(Tolerable Daily Intake, TDI)의 기준과의 비교를 통해 위해도를 산출하고 안전성을 평가하고자 하였다[14]. 텀블러 제품에서 식품에 접촉하는 내부 면과 식품과 직접 접촉하지 않는 용기 외부의 페인트 코팅에 대하여 안전하게 관리되고 있는지 확인하고자 한다.

Materials and Methods

시료

2021년 3~10월 중 경기도내 유통되는 텀블러 제품을 커피전문점 5건, 대형유통매장 23건, 생활용품점 16건, 문구·팬시점 7건, 온라인 쇼핑몰 19건 총 70건의 시료를 수거하였다. 본 연구에서 수거한 시료는 금속제 스테인리스 재질로 국내 제조품은 없었으며, 1건만 네덜란드산이며 모두 중국산이었다.

표준용액 및 시약

표준품으로 사용한 납, 카드뮴, 니켈, 비소 및 안티몬은 Perkin Elmer (Waltham, MA, USA)사의 ICP instrument calibration standard (each 100 mg/L)를 사용하였고, 시약으로는 citric acid monohydrate (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)와 nitric acid (Wako, Tokyo, Japan)를 사용하였다. 증류수는 초순수제조기(Lab Tower EDI 30, Thermo Fisher Scientific, Niederelbert, Germany)로 18.2 MΩ 수준으로 정제된 증류수를 사용하였다.

표준용액 및 시험용액의 조제

표준용액은 표준원액을 0.5% 구연산용액과 0.5 N 질산으로 희석한 용액에 각각 표준품을 0.01-5.0 mg/L가 되도록 조제하였다.

수거한 시료는 식품용 기구 및 용기·포장 공전의 Ⅳ. 기구 및 용기·포장의 시험법, 2. 항목별 시험법, 2-6 재질별 용출시험용액의 조제에 따라 시험용액을 조제하였다[5]. 액체를 넣을 수 있는 시료 경우에는 70°C와 100°C로 가온한 물과 0.5% 구연산용액을 침출용액으로 사용하여 가득 채워 시계접시로 덮고 70°C와 100°C를 유지하면서 30분간 방치한 액을 시험용액으로 하였다.

용출시험은 2-1 납 시험법, 2-2 카드뮴 시험법, 2-9 비소 시험법, 2-54 니켈 시험법 각각의 용출시험에 따라 시험하였다. 잔류시험은 2-1 납 시험법, 2-10 안티몬 시험법 각각의 잔류시험에 따라 시험하였다[5].

분석조건

납, 카드뮴, 니켈, 비소 및 안티몬 분석에 사용한 기기는 ICP-OES (Optima 8300, PerkinElmer)를 사용하였으며, 기기분석조건과 측정파장은 Table 1과 같다.

검출한계 및 정량한계

직선성을 확인하기 위하여 표준용액을 농도별로 분석기기에 주입하여 얻어진 분석 결과로부터 검량선을 작성하였으며, 각각 결정계수(R^2) 값을 통하여 직선성을 확인하였다. 검출한계(limit of detection, LOD), 정량한계(limit of quantification, LOQ)는 Thompson 등[15]의 방법으로 구하였다.

안전성평가

유통 텀블러 제품에서 니켈의 용출량 조사 결과를 바탕으로 니켈에 대한 일일추정섭취량(Estimated Daily Intake, EDI)을 산출하고 인체노출안전기준과 비교하여 안전성을 평가하였다[16,17].

Table 1. The operating conditions of ICP-OES

Parameter		Condition
RF Power(W)		1500
Gas flow (L/min)	Plasma	12
	Auxiliary	0.2
	Nebulizer	0.5
Analytical wavelength (nm)	Pb	220.353
	Cd	228.802
	Ni	231.604
	As	193.696
	Sb	206.836

통계처리

텀블러 제품 내부 온도 조건 변화에 따른 니켈 용출량의 유의적인 차이를 확인하기 위하여 one-way Anova (Microsoft Excel 2013 software)를 사용하였고, 시료 간의 유의적인 차이는 $p<0.05$ 수준에서 검정하였다.

Results and Discussion

분석법 검증

검량선 측정을 위해 납, 카드뮴, 니켈 및 비소은 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 mg/L 농도로, 안티몬은 0.01, 0.1, 1, 2, 5 mg/L 농도로 사용하였다. 검량선의 결정계수(R^2) 값은 0.999 이상의 직선성을 보여주였으며, 각 침출용액별 검출한계(LOD), 정량한계(LOQ) 값은 Table 2과 같다.

텀블러 내부 pH 조건 변화에 따른 용출량 조사

텀블러 제품 70건에 대해 식품용 기구 및 용기·포장 공전 시험방법에 따라 pH 조건 변화에 따른 용출량을 측정하였다. 침출용액 물(pH 5를 초과하는 식품)에서는 납, 카드뮴, 니켈 및 비소 모두 정량한계 미만으로 검출되지 않

Table 2. The results of LOD, LOQ and R^2 (Unit: mg/L)

Migration test solution	Parameter	Pb	Cd	Ni	As	Sb
Water	LOD	0.0056	0.0043	0.0044	0.0073	0.0039
	LOQ	0.0135	0.0055	0.0073	0.0327	0.0120
	R^2	0.9997	0.9998	0.9998	0.9995	0.9997
0.5% Citric acid	LOD	0.0096	0.0001	0.0004	0.0015	0.0102
	LOQ	0.0245	0.0007	0.0010	0.0145	0.0330
	R^2	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999

Table 3. The migrant test result of Pb, Cd, Ni and As in tumbler samples (Unit: mg/L)

No.	No. of Samples	Pb		Cd		Ni		As	
		Water	0.5% Citric acid	Water	0.5% Citric acid	Water	0.5% Citric acid	Water	0.5% Citric acid
1	Study-1	N.D.*	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0053	N.D.	N.D.
2	Study-2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0099	N.D.	N.D.
3	Study-3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0084	N.D.	N.D.
4	Study-4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0113	N.D.	N.D.
5	Study-5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0066	N.D.	N.D.
6	Study-6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0099	N.D.	N.D.
7	Study-7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0123	N.D.	N.D.
8	Study-8	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0144	N.D.	N.D.
9	Study-9	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0063	N.D.	N.D.
10	Study-10	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0044	N.D.	N.D.
11	Study-11	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0104	N.D.	N.D.
12	Study-12	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0105	N.D.	N.D.
13	Study-13	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0087	N.D.	N.D.
14	Study-14	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0023	N.D.	N.D.
15	Study-15	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0038	N.D.	N.D.
16	Study-16	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0076	N.D.	N.D.
17	Study-17	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0032	N.D.	N.D.
18	Study-18	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0058	N.D.	N.D.
19	Study-19	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0035	N.D.	N.D.
20	Study-20	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0083	N.D.	N.D.
21	Study-21	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0063	N.D.	N.D.
22	Study-22	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0072	N.D.	N.D.
23	Study-23	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0052	N.D.	N.D.

Table 3. (Continued) The migrant test result of Pb, Cd, Ni and As in tumbler samples (Unit: mg/L)

No.	No. of Samples	Pb		Cd		Ni		As	
		Water	0.5% Citric acid	Water	0.5% Citric acid	Water	0.5% Citric acid	Water	0.5% Citric acid
24	Study-24	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0058	N.D.	N.D.
25	Study-25	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0051	N.D.	N.D.
26	Study-26	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0110	N.D.	N.D.
27	Study-27	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0053	N.D.	N.D.
28	Study-28	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0054	N.D.	N.D.
29	Study-29	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0058	N.D.	N.D.
30	Study-30	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0033	N.D.	N.D.
31	Study-31	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0077	N.D.	N.D.
32	Study-32	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0085	N.D.	N.D.
33	Study-33	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0035	N.D.	N.D.
34	Study-34	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0052	N.D.	N.D.
35	Study-35	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0093	N.D.	N.D.
36	Study-36	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0092	N.D.	N.D.
37	Study-37	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0097	N.D.	N.D.
38	Study-38	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0089	N.D.	N.D.
39	Study-39	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0048	N.D.	N.D.
40	Study-40	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0088	N.D.	N.D.
41	Study-41	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0065	N.D.	N.D.
42	Study-42	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0129	N.D.	N.D.
43	Study-43	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0031	N.D.	N.D.
44	Study-44	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0051	N.D.	N.D.
45	Study-45	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0081	N.D.	N.D.
46	Study-46	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0013	N.D.	N.D.
47	Study-47	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0042	N.D.	N.D.
48	Study-48	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0083	N.D.	N.D.
49	Study-49	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0061	N.D.	N.D.
50	Study-50	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0052	N.D.	N.D.
51	Study-51	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0045	N.D.	N.D.
52	Study-52	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0023	N.D.	N.D.
53	Study-53	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0033	N.D.	N.D.
54	Study-54	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0024	N.D.	N.D.
55	Study-55	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0055	N.D.	N.D.
56	Study-56	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0057	N.D.	N.D.
57	Study-57	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0076	N.D.	N.D.
58	Study-58	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0070	N.D.	N.D.
59	Study-59	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0042	N.D.	N.D.
60	Study-60	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0125	N.D.	N.D.
61	Study-61	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0032	N.D.	N.D.
62	Study-62	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0042	N.D.	N.D.
63	Study-63	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0026	N.D.	N.D.
64	Study-64	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0123	N.D.	N.D.
65	Study-65	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0024	N.D.	N.D.
66	Study-66	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0062	N.D.	N.D.
67	Study-67	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0027	N.D.	N.D.
68	Study-68	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0028	N.D.	N.D.
69	Study-69	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0090	N.D.	N.D.
70	Study-70	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0026	N.D.	N.D.

* N.D.: not detected (Less than LOQ)

Table 4. Ni contents in tumbler samples estimated by ICP-OES (Unit: mg/L)

Migration test solution	Elements	Mean	Min.	Max.
Water	Ni	N.D.*	N.D.	N.D.
0.5% Citric acid		0.0065	0.0013	0.144

* N.D.: not detected (Less than LOQ)

Table 5. Concentration of Pb, Cd, Ni, and As in tumbler samples (Unit: mg/L)

Migration test solution	Elements	Temperature	Mean	Min.	Max.
0.5% Citric acid	Pb	4°C	N.D.*	N.D.	N.D.
		70°C	N.D.	N.D.	N.D.
		100°C	N.D.	N.D.	N.D.
	Cd	4°C	N.D.	N.D.	N.D.
		70°C	N.D.	N.D.	N.D.
		100°C	N.D.	N.D.	N.D.
	Ni	4°C	0.0026	N.D.	0.0049
		70°C	0.0052	0.0023	0.0125
		100°C	0.0097	0.0052	0.0178
	As	4°C	N.D.	N.D.	N.D.
		70°C	N.D.	N.D.	N.D.
		100°C	N.D.	N.D.	N.D.

* N.D.: not detected (Less than LOQ)

았다(Table 3). 침출용액 0.5% 구연산용액(pH 5 이하인 식품)에서도 납, 카드뮴 및 비소는 정량한계 미만으로 검출되지 않았다. 니켈만 모든 제품에서 검출되었으며, 기준·규격을 초과하는 시료는 없었으며, 최대 용출량은 0.0144 mg/L으로 기준·규격 대비 약 14% 수준이었다(Table 4). 본 연구 대상 텀블러 70건 모두 국내 식품용 기구 및 용기·포장 공전 금속제 재질의 용출규격에 기준 이하로 적합한 것으로 나타났으며 텀블러 내부에 대한 유해성은 나타나지 않았다.

텀블러 내부 온도 조건 변화에 따른 용출량 조사

텀블러 제품 20건에 대해 침출용액 0.5% 구연산용액를 사용하여 4°C, 70°C 그리고 100°C, 30분간 용출하여 온도 조건 변화에 따른 용출량을 측정하였다. 조사 결과 납, 카드뮴 및 비소는 정량한계 미만으로 검출되지 않았다. 니켈만 모든 제품에서 검출되었으며, 용출규격에 모두 기준 이내로 적합하였다. 4°C, 30분간 용출한 경우 니켈 용출량은 평균 0.0026 mg/L로 용출규격인 0.1 mg/L 이하에 비해 매우 낮은 수준이며, 최대 용출량은 0.0049 mg/L로 기준·규격 대비 4.9% 수준이었다. 70°C, 30분간 용출한 경우 니켈 용출량은 평균 0.0052 mg/L로 용출규격인 0.1 mg/L 이하에 비해 낮은 수준이며, 최대 용출량은 0.0125 mg/L로 기준·규격 대비 12.5% 수준이었다. 100°C, 30분간 용출한 경우에도 니켈 용출량은 평균 0.0097 mg/L로 용출규격인 0.1 mg/L 이하에 비해 낮은 수준이며, 기준·규격을 초과하는 시료는 없었으며, 최대 용출량은 0.0178 mg/L로 용출규격과 비교해 17.8% 수준이었다(Table 5). 용출 온도가 증가함에 따라 니켈 용출량이 증가하였다. 납, 카드뮴 및 비소의 경우 온도가 용출량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며, 니켈의 경우 온도가 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

텀블러 외부(페인트 코팅 제품) 잔류량 조사

페인트 코팅 텀블러 제품 60건에 대해 유해금속이 함유되어 있으면 음료 섭취 시 경구 또는 피부 접촉을 통해 인체에 유입 우려가 크므로 식품과 직접 접촉한다고 판단하여 금속제 잔류시험에 따른 잔류량을 측정하였다. 식품용 기구 및 용기·포장 공전의 Ⅱ. 공통기준 및 규격 1. 공통제조기준 가. 원재료 기준에 식품과 접촉하는 부분에 제조 또는 수리를 위하여 사용하는 금속은 납을 0.1% 이상 또는 안티몬을 5% 이상 함유하여서는 안 된다. 또한, 페인트 코팅에 함유될 수 있는 유해물질로 페인트 염료 등에 사용되는 납과 착색 안료로 사용되는 카드뮴이 있어서 잔류시험은 납, 카드뮴, 안티몬을 측정하였다.

조사 결과 카드뮴과 안티몬은 정량한계 미만으로 검출되지 않았다. 납만 5개 제품에서 검출되었으며, 잔류량이 11.5507-20638.1323 mg/kg 이었다(Table 6). 텀블러 외부에 페인트 코팅 제품에 유해금속 납이 다량 함유되어 있어 인체에 노출 우려가 크므로 식품과 직접 접촉하지 않는

Table 6. The residue test result of Pb, Cd and Sb in tumbler samples (Unit: mg/kg)

No.	No. of Samples	Pb	Cd	Sb
1	Study-1	N.D.*	N.D.	N.D.
2	Study-2	N.D.	N.D.	N.D.
3	Study-3	N.D.	N.D.	N.D.
4	Study-4	N.D.	N.D.	N.D.
5	Study-6	N.D.	N.D.	N.D.
6	Study-7	N.D.	N.D.	N.D.
7	Study-8	11.5507	N.D.	N.D.
8	Study-10	N.D.	N.D.	N.D.
9	Study-11	N.D.	N.D.	N.D.
10	Study-12	N.D.	N.D.	N.D.
11	Study-13	N.D.	N.D.	N.D.
12	Study-15	N.D.	N.D.	N.D.
13	Study-16	N.D.	N.D.	N.D.
14	Study-17	N.D.	N.D.	N.D.
15	Study-18	N.D.	N.D.	N.D.
16	Study-20	N.D.	N.D.	N.D.
17	Study-21	N.D.	N.D.	N.D.
18	Study-22	N.D.	N.D.	N.D.
19	Study-23	N.D.	N.D.	N.D.
20	Study-24	N.D.	N.D.	N.D.
21	Study-25	N.D.	N.D.	N.D.
22	Study-26	N.D.	N.D.	N.D.
23	Study-27	N.D.	N.D.	N.D.
24	Study-28	N.D.	N.D.	N.D.
25	Study-29	N.D.	N.D.	N.D.
26	Study-30	N.D.	N.D.	N.D.
27	Study-31	N.D.	N.D.	N.D.
28	Study-32	N.D.	N.D.	N.D.
29	Study-33	N.D.	N.D.	N.D.
30	Study-34	N.D.	N.D.	N.D.
31	Study-35	2040.5941	N.D.	N.D.
32	Study-36	N.D.	N.D.	N.D.
33	Study-38	N.D.	N.D.	N.D.
34	Study-39	N.D.	N.D.	N.D.
35	Study-40	N.D.	N.D.	N.D.
36	Study-41	N.D.	N.D.	N.D.
37	Study-42	N.D.	N.D.	N.D.
38	Study-43	N.D.	N.D.	N.D.
39	Study-44	N.D.	N.D.	N.D.

Table 6. (Continued) The residue test result of Pb, Cd and Sb in tumbler samples (Unit: mg/kg)

No.	No. of Samples	Pb	Cd	Sb
40	Study-45	N.D.	N.D.	N.D.
41	Study-48	78.5538	N.D.	N.D.
42	Study-49	20638.1323	N.D.	N.D.
43	Study-51	N.D.	N.D.	N.D.
44	Study-53	N.D.	N.D.	N.D.
45	Study-54	N.D.	N.D.	N.D.
46	Study-55	2381.1249	N.D.	N.D.
47	Study-56	N.D.	N.D.	N.D.
48	Study-57	N.D.	N.D.	N.D.
49	Study-58	N.D.	N.D.	N.D.
50	Study-59	N.D.	N.D.	N.D.
51	Study-60	N.D.	N.D.	N.D.
52	Study-61	N.D.	N.D.	N.D.
53	Study-62	N.D.	N.D.	N.D.
54	Study-63	N.D.	N.D.	N.D.
55	Study-64	N.D.	N.D.	N.D.
56	Study-65	N.D.	N.D.	N.D.
57	Study-66	N.D.	N.D.	N.D.
58	Study-67	N.D.	N.D.	N.D.
59	Study-69	N.D.	N.D.	N.D.
60	Study-70	N.D.	N.D.	N.D.

* N.D.: not detected (Less than LOQ)

용기 외부 표면의 페인트 코팅에 대한 유해물질 관리 기준 마련이 필요함을 확인하였다.

안전성평가

니켈의 용출량 조사 결과를 바탕으로 일일추정섭취량(EDI)을 구하였고, 일일섭취한계량(TDI)과 비교[18]하여 위해도(%)를 산출하여 노출수준의 위해 정도를 확인하였다(Table 7).

소비계수(Consumption Factor, CF)는 0.634을 사용하였고[19], 식품유형분배 계수(Food Type Distribution Factor, f_T) 값은 침출용액으로 0.5% 구연산용액만을 사용하였으므로 1로 하였다. 니켈의 일일추정섭취량은 침출용액 0.5% 구연산용액를 사용하여 용출조건 4°C, 70°C 그리고 100°C, 30분인 조건에서 각각 1.3×10^{-4}, 2.6×10^{-4}, 4.9×10^{-4} μg/kg bw/day로 산출되었고, %TDI 값은 각각 0.003%, 0.006%, 0.011%

Table 7. Estimated daily intake and risk of Ni in tumbler samples

Elements	Migration conditions	CF	f_T	M(μg/L)	EDI (μg/kg bw/day)	%TDI*
Ni	4°C	0.634	1	0.0026	1.3×10^{-4}	0.003
	70°C	0.634	1	0.0052	2.6×10^{-4}	0.006
	100°C	0.634	1	0.0097	4.9×10^{-4}	0.011

* Ni TDI: 2.8 μg/kg bw/day (WHO, 2017).

로 나타났다. 금속제 스테인리스 재질의 식품용 기구 및 용기·포장에서 식품으로 이행될 가능성이 있는 니켈의 양은 실제로 매우 낮은 수준임을 확인하였다.

국문요약

경기도내 유통 중인 텀블러 제품 70건을 대상으로 중금속 5종(납, 카드뮴, 니켈, 비소 및 안티몬)에 대한 용출 및 잔류시험을 조사하였다. 70건 모두 식품용 기구 및 용기·포장 공전 용출규격 기준에 적합하였고, 침출용액 0.5% 구연산용액에서는 모든 제품에서 니켈만 검출되었다. 니켈 최대 용출량 0.0144 mg/L은 용출규격(0.1 mg/L 이하) 기준·규격 대비 14.4% 수준으로 비교적 안전한 수준이었다. 0.5% 구연산용액을 사용하여 4°C, 70°C 그리고 100°C, 30분간 용출하여 온도 조건 변화에 따른 용출량 시험 결과 니켈만 검출되었으며, 모두 기준 이내로 적합하였다. 용출 온도가 증가함에 따라 니켈 용출량이 증가하였다. 페인트 코팅 제품 외부 잔류량 시험 결과 납이 N.D.-20638.1323 mg/kg로 나타났다. 니켈의 안전성평가 결과 %TDI 대비 0.00-0.01%로 안전한 수준으로 평가되었다. 유통 텀블러 제품의 용출 및 잔류시험 조사 결과, 텀블러 내부에서는 유해물질이 안전하게 관리되고 있는 것으로 확인되었다. 반면, 식품과 직접 접촉하지 않는 용기 외부의 페인트 코팅에 대한 규제가 필요함을 확인하였다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Mi-Kyung Jang https://orcid.org/0000-0002-3566-7791
Mi-Hui Son https://orcid.org/0000-0002-3841-4861
Sung-Hee Park https://orcid.org/0000-0001-6251-1648
Yun-Sik Cho https://orcid.org/0000-0001-7418-7291
Eun-Jung Ku https://orcid.org/0000-0002-7893-8811
Sun-Young Chae https://orcid.org/0000-0001-8062-9666
Jong-Sup Jeon https://orcid.org/0000-0001-7636-2508
Myung-Jin Lee https://orcid.org/0000-0002-4881-7672

References

1. No, H.E., Yoon, J.W., 2019. 4. An Analysis of Seller's and Consumption Policy Adherence to the Regulations for the Use of Disposable Cups in Coffee Stores, The Korean Association For Environment Sociology, Korea, 135-151.
2. Barnes, K., Sinclair, R., Watson, D., 2007. Chemical migration and food contact materials, CRC Press.
3. Turner, A., High levels of migratable lead and cadmium on decorated drinking glassware, *Sci. Total Environ*., **616-617**, 1498-1504 (2018).
4. Ministry of Food and Drug Safety, 2022. The analysis method of the migration from utensils, containers and packages, Korea.
5. Ministry of Food and Drug Safety, 2021. Standards and specifications for food utensils, containers and packages, Korea.
6. Kim, M.H., Kim, J.S., Sho, Y.S., Chung, S.Y., Lee, J.O., The study on metal contents in various foods. *Korea J. Food Technol.,* **35**, 561-567 (2003).
7. KFDA risk management team, Hazardous material series 2007 vol 2. lead, KFDA (2007).
8. Lee, S.R., Lee, M.G., Contamination and risk analysis of heavy metal in korean foods, *J. Food Hyg. Saf.,* **16**, 324-332 (2001).
9. Lee, J.H., Kim, J.Y., Park, Y.S., Park, S.G., Lee, J.H., Yoon, J.H., Kim, G.T., Han, G.D., Influence of usage environment from camping cooking utensils on migration of hazardous metals, *Korean J. Food Preserv.,* **24**, 1094-1102 (2017).
10. Hwang, Y.O., Kim, S.U., Ryu, S.H., Ham, H.J., Park, G.Y., Park, S.G., Contents of mercury, lead, cadmium, and arsenic in dried marine products, *Anal. Sci. Technol*., **22**, 336-344 (2009).
11. International Agency for Research on Cancer, Agents classified by the IARC monographs, France, Volume 1-125 (2020).
12. The Department of the Environment, 2019. 11. 28. Act on the Reduction of Resources and the Promotion of Recycling, The Department of the Environment, Korea.
13. Kang, S.H., 2019. 6. 4. Coffee shops, fast food restaurants, and stores don't use disposable cups, Korea.
14. Guidance for industry, Preparation of premarket submission for food contact substances, Chemistry recommendations, US FDA (2007).
15. Thompson, M., Ellison, S.L.R., Wood, R., Harmonized guideline for single-laboratory validation of methods of analysis (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem.,* **74**, 835-855 (2002).
16. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives and World Health Organozation, 2011. Evaluation of certain food additives and contaminants: Seventy-third report of the Joint FAO/WHO expert committee on food additives, Geneva, Switzerland.
17. Mir-marques, A., LuisaCervera, M., laGuardia, M., Mineral analysis of human diets by spectrometry methods, *Trends Anal. Chemi*., **82**, 457-467 (2016).
18. Cho, K.C., Jo, Y.E., Park, S.Y., Park, Y.C., Park, S.J., Lee, H.Y., Monitoring of Heavy Metals Migrated from Glassware, Ceramics, Enamelware, and Earthenware, *J. Food Hyg. Saf.,* **35**, 23-30 (2020).
19. Korea Health Industry Development Institute, 2017. Safety evaluation model for migrant from utensils and food packaging materials, Korea, pp. 85-105.