pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 36, No. 1, pp. 51~59 (2021)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2021.36.1.51

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

유통 주방기구의 재질별 용출 특성 평가 -금속제 주방기구 중심으로-

김재관* · 임경숙 · 김명길 · 박성희 · 서미영 · 이유나 · 김정선 · 구은정 · 채선영 · 박용배 · 윤미혜
경기도보건환경연구원 첨가물분석팀

Evaluation of Elution Characteristics by Material for Kitchen Utensils - Focusing on the Metallic Kitchen Utensils

Jae-Kwan Kim*, Kyung-Sook Im, Myung-Gil Kim, Sung-Hee Park, Mi-Young Seo, Yu-Na Lee, Jung-Sun Kim, Eun-Jung Ku, Sun-Young Chae, Yong-Bae Park, Mi-Hye Yoon
Food Additives Analysis Team, Gyeonggi-do Institute of Health and Environment, Suwon, Korea

(Received August 12, 2020/Revised September 15, 2020/Accepted December 10, 2020)

ABSTRACT - In this study we analyzed the elution rates of 11 metals from 82 metallic kitchen utensils purchased in the market. The elution frequency of the 11 types of metals was iron > aluminum > chromium, nickel > zinc > copper > lead > arsenic > antimony > stannum > cadmium. For metallic kitchen utensils, the elution rate of heavy metals was 7.3-93.9%, and the average elution concentration was 0.001-13.473 mg/L. The average elution concentration of heavy metals was ranged between none-detected (N. D.) to 30.473 mg/L for non-coated kitchen utensils and 0.000-10.005 mg/L for coated kitchen utensils. The average elution concentration of metals from domestic kitchen utensils ranged from 0.001-25.145 mg/L, and from 0.000-33.518 mg/L for imported kitchen utensils. In particular, aluminum was found to be high in domestic kitchen utensils while iron was high in imported kitchen utensils. The average elution concentration of heavy metals was N.D.-2.670 mg/L for stainless steel, N.D.-31.575 mg/L for aluminum, and N.D.-307.737 mg/L for iron. The amount of transition to food after cooking was investigated.

Key words : Aluminum, Stainless steel, Iron, Kitchen utensils

보관과 사용상의 편리성, 위생적이며 안전성이 높다는 이유로 주방에서 필수적으로 사용되는 프라이팬과 같은 금속제 주방기구는 조리과정에서 끊임없이 고온의 음식과 접촉하기 때문에 식품위생상 매우 중요한 재료이다. 그러나 원재료가 알루미늄, 철, 크롬, 니켈, 구리, 주석 등으로 구성되어 있고 파손되기 전에는 잘 교체하지 않는 특성이 있기 때문에 원자재가 불량제품일 경우 여기에서 용출될 수 있는 납, 카드뮴 같은 중금속에 지속적으로 노출되기 쉬운 단점이 있다. 따라서 그 안전성에 대해 소비자들의 관심이 높은 편이며 이에 따라 금속제 주방기구의 중금속 등과 관련된 연구는 현재까지 활발하게 진행되고 있다[1-4].

산성이나 염도가 높은 식품을 금속제 주방기구에 조리할 때 금속성분이 용출될 수 있는데 납과 같은 중금속은 식품의 품질을 저하시키고 안전성을 위협하여 건강상의 위해를 초래할 수도 있다. 따라서 여러 국가에서 금속제 주방기구에서 용출될 가능성이 있는 납, 카드뮴, 니켈, 비소, 안티몬, 6가 크롬 등의 기준을 설정하여 관리하고 있으며[5-8], 국제 암 연구기관인 IARC (International Agency for Research on Cancer Group)에서는 카드뮴, 무기비소, 니켈 및 6가 크롬을 인체 발암성이 확인된 Group 1, 납을 인체 발암 추정 물질인 Group 2A, 안티몬을 인체 발암 가능 물질인 Group 2B, 무기수은을 인체 발암분류 불가 물질인 Group 3으로 분류하고 있다[3,9].

비중 4.0 이상의 무거운 금속을 의미하는 중금속은 먹

*Correspondence to: Jae-Kwan Kim, Food Additives Analysis, Gyeonggi-do Institute of Health and Environment, Suwon 16444, Korea
Tel: 82-31-250-2576, Fax: +82-31-250-2538
E-mail: dagan@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.

이사슬을 따라 순환하면서 각종 식품을 통해 체내에 축적되어 만성중독을 일으킬 수 있는데 그 섭취량은 중금속과 식품의 종류에 따라 조금씩 다르다. 중금속은 금속제 기구 및 용기에 의해서도 조리과정을 통해 체내로 유입될 수 있어 주의가 요구되는데[10-17], 이러한 오염을 방지하기 위해 현재 식품용 기구 및 용기·포장공전에서는 금속제에서 유래될 수 있는 납 등 5항목에 대해 기준규격을 설정하여 관리하고 있다. 제외국의 기준을 살펴보면 유럽연합과 미국의 경우 비소, 납, 카드뮴, 니켈 및 6가 크롬에 해당되는 별도의 규정은 없으며, 일본은 금속캔에 대하여 중금속 용출규격으로 납, 카드뮴, 비소를 우리나라와 같은 기준으로 관리하고 있고, 중국은 식품접촉용 금속재료 및 제품에 대해 납, 카드뮴, 비소, 니켈, 크롬 등의 기준을 설정하여 관리하고 있다[18-20].

한편 중금속으로 분류되지는 않지만 알루미늄 용출에 관한 연구도 많이 진행되었는데 알루미늄 재질의 조리용기에서 가열시간이 길수록, 새 냄비일수록, 산성이나 염분이 증가할수록 알루미늄 용출량이 증가한다고 보고되고 있다[16,21]. 알루미늄은 치매와의 연관성이 의심되고 있으며 알츠하이머 병 환자의 뇌에서 고농도의 알루미늄이 검출되는 등 신경병성 질병을 유발하는 것으로 보고되고 있다. 또한 신장장애가 있는 일부 환자에게 해로울 수 있으며 고령의 환자에게 저알루미늄 식단을 권고하도록 보고되고 있다[4,22].

최근 여러 요리채널의 영향으로 식문화에 대한 관심이 높아짐에 따라 양질의 음식을 먹기 위해 투자하는 식재료뿐만 아니라 조리 기구에 대한 관심도 늘어날 것으로 예상되는데 조리할 때 많이 사용하는 주방기구는 주로 철, 알루미늄, 스테인리스 등 금속제 및 그 코팅 제품으로 이루어져 있다. 금속제 코팅 주방기구로는 금속 표면에 유리질 코팅을 하여 유리의 물리화학적 성질과 미적 성질 및 금속의 강함과 내구성을 갖게 한 법랑이나 알루미나, 지르코니아 등의 산화물을 유리분말과 결합재로서 표면에 용착하게 하여 내열성을 좋게 한 세라믹, 음식이 잘 눌어붙지 않고 물이나 기름이 잘 묻지 않아 세척이 간편한 불소수지 등이 있다.

본 연구에서는 국내에 유통되고 있는 금속제 주방기구에서 용출되는 중금속 등을 측정하고 또한 금속제와 내부를 코팅한 주방기구, 국산과 수입산 주방기구의 중금속 등 용출량을 파악하여 정보를 제공함과 동시에 금속제 주방기구의 안전 및 위생관리를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

Materials and Methods

재료

2019년 3-8월 중 경기도내 대형매장과 중소형매장 및 재래시장 등에서 유통되고 있는 냄비 등 금속제 주방기구 82건을 구입하여 용출시험을 위한 시료로 사용하였다. 조사 대상 시료는 알루미늄, 스테인리스, 철 등 재질별로 구분하여 용출시험용 시료로 사용하였다. 또한 코팅하지 않은 금속제 주방기구와 내부를 코팅한 주방기구(불소수지 코팅, 세라믹코팅, 법랑코팅, 실리콘코팅, 티타늄코팅)로 구분하고 국산 주방기구(알루미늄 30건, 철 6건, 스테인리스 6 건등 총 42건)와 수입산 주방기구(알루미늄 8건, 철 12건, 스테인리스 15건 등 중국산 35건, 베트남산 스테인리스 4건, 인도산 스테인리스 1건 등 총 40건)로 구분하여 진행하였다.

표준용액 및 시약

납 등 금속성분 분석을 위한 표준용액은 100 μg/mL로 제조된 Instrument calibration Standard 2 (Accustandard, USA)을 사용하였으며, 용출시험에는 구연산일수화물, 수산화나트륨(Sigma Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였고, 과산화수소(Merck, Darmstadt, German) 30%, 중금속 분석용으로 질산(Wako, Tokyo, Japan)을 사용하였다. 물은 초순수제조기(Lab Tower EDI 30, Thermo Scientific, Germany)로 제조한 3차 증류수를 사용하였다. 용출시험 분석용 표준용액은 수산화나트륨 시액으로 pH를 3.5로 조정한 0.5% 구연산용액에 0.01-0.50 mg/L의 농도로 희석하여 사용하였다.

시료 전처리 및 기기분석

금속제 주방기구의 금속 용출시험은 식품용 기구 및 용기·포장 공전 IV. 기구 및 용기·포장의 시험법 2-1 납의 시험법에 따라 진행하였다[6]. 기기분석은 SA 10 autosampler와 WINLAB 32 (Ver. 5.5.0.0.0714ES) 프로그램으로 구성된 ICP-OES (Optima 8300, PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이용하였으며 측정 파장은 Pb 220.353, Cd 228.802, As 193.696, Ni 231.604, Cu 327.393, Sn 189.927, Zn 206.200, Sb 206.836, Al 396.153, Fe 238.204, Cr 267.716이었다. LOQ는 Pb 0.003 mg/L, Cd 0.0003 mg/L, As 0.006 mg/L, Ni 0.001 mg/L, Sb 0.006 mg/L, Zn 0.0006 mg/L, Al 0.003 mg/L, Fe 0.0003 mg/L, Cu 0.001 mg/L, Cr 0.0006 mg/L, Sn 0.006 mg/L로 그 이하는 불검출로 처리하였다.

Results and Dicussion

유통 금속제 주방기구의 용출시험 결과

금속제 주방기구의 금속성분 용출률(검출률) 및 평균 용출량(검출량)을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 금속성분의 용출률은 철>알루미늄>크롬, 니켈>아연>구리>납>비소>안티몬>주석>카드뮴의 순으로 높은 것으로 나타났다. 중금속 용출률은 7.3-93.9%로, 철은 93.9%, 알루미늄은 84.1%

Table 1. Results of elution test for the metallic kitchen utensils

	Pb	Cd	As	Ni	Sb	Zn	Al	Fe	Cu	Cr	Sn
No. of eluted samples	19	6	14	51	8	47	69	77	44	51	7
Elution rate (%)	23.2	7.3	17.1	62.2	9.8	57.3	84.1	93.9	53.7	62.2	8.5
Elution range (mg/L)	N.D. -0.23	N.D. -0.01	N.D. -0.23	N.D. -19.30	N.D. -0.79	N.D. -0.64	N.D. -312.10	N.D. -800.80	N.D. -13.50	N.D. -0.67	N.D. -0.02
Average elution (mg/L)	0.009	0.001	0.003	0.416	0.011	0.046	13.500	21.300	0.318	0.058	0.002

로 용출되었고 아연, 니켈, 크롬, 구리도 50%이상의 주방기구에서 용출되었다. 특히 니켈은 샤브샤브용 알루미늄 냄비 1건에서 기준(0.1 mg/L)을 초과하여 용출되었다. 평균 용출량은 납 0.009 mg/L, 카드뮴 0.001 mg/L, 비소 0.003 mg/L, 니켈 0.416 mg/L, 안티몬 0.011 mg/L, 아연 0.046 mg/L, 알루미늄 13.5 mg/L, 철 21.3 mg/L, 구리 0.318 mg/L, 크롬 0.058 mg/L, 주석 0.002 mg/L이었다. 다른 금속성분에 비해 평균값이 높게 나타난 알루미늄과 철의 중위값은 각각 0.06 mg/L, 1.0 mg/L으로 평균값과 큰 차이가 나는데 이와 같은 차이가 나는 이유는 다양한 용출량에 의한 것으로 알루미늄의 경우 용출량은 불검출 13건, 1.0 mg/L 미만 40건, 1.0-10.0 mg/L 미만 18건, 10.0-20.0 mg/L 미만 4건, 50.0-100.0 mg/L 미만 3건, 100.0 mg/L 이상이 4건으로 용출량 1.0 mg/L 미만이 53건인데 비해 50.0 mg/L이상이 7건으로 나타났기 때문이며, 철의 경우도 불검출 5건, 1.0 mg/L 미만 36건, 1.0-10.0 mg/L 미만 32건, 10.0-20.0 mg/L 미만 4건, 20.0-50.0 mg/L 미만이 2건, 317.4-800.8 mg/L 사이가 3건으로 용출량이 1.0 mg/L이하인 제품이 73건인데 비해 20.0 mg/L이상인 제품은 5건으로 몇몇 제품이 전체 평균을 올리는 결과로 이어졌기 때문인 것으로 조사되었다.

금속제 및 코팅한 주방기구 용출시험 결과

코팅하지 않은 금속제와 내부를 코팅한 주방기구의 용출율 및 평균 용출량은 Table 2와 같다. 코팅하지 않은 금속제 주방기구의 평균 용출량은 납 0.008 mg/L, 카드뮴 불검출, 비소 0.001 mg/L, 니켈 0.044 mg/L, 안티몬 0.001 mg/L, 아연 0.036 mg/L, 알루미늄 15.306 mg/L, 철 30.473 mg/L, 구리 0.022 mg/L, 크롬 0.053 mg/L, 주석 0.002 mg/L으로 나타났으며, 코팅한 주방기구의 평균 용출량은 납 0.011 mg/L, 카드뮴 0.001 mg/L, 비소 0.008 mg/L, 니켈 1.134 mg/L, 안티몬 0.029 mg/L, 아연 0.067 mg/L, 알루미늄 10.005 mg/L, 철 3.654 mg/L, 구리 0.889 mg/L, 크롬 0.068 mg/L, 주석 0.000 mg/L으로 나타났다. 평균값이 높게 나타난 알루미늄과 철의 중위값은 금속제 주방기구에서 각각 0.06 mg/L과 1.6 mg/L 이었으며 코팅한 주방기구에서 각각 0.06 mg/L과 0.06 mg/L 이었다. 이러한 평균값과 중위값의 큰 차이는 높은 수준으로 용출된 몇몇 제품에서 기인하는데, 알루미늄의 용출범위를 살펴보면 코팅하지 않은 금속제 주방기구에서 불검출 6건, 1.0 mg/L 미만 28건, 1.0-10.0 mg/L 미만 13건, 10.0-20.0 mg/L 미만 2건, 50.0 -312.1 mg/L 5건 이었으며, 철의 용출범위는 1.0 mg/L 미만 23건, 1.0-10.0 mg/L

Table 2. Results of elution test for uncoated and coated metallic kitchen utensils

	Uncoating kitchen utensils (n=54)				Coating kitchen utensils (n=28)			
Metals	No. of eluted samples	Elution rate (%)	Elution range (mg/L)	Average elution (mg/L)	No. of eluted samples	Elution rate (%)	Elution range (mg/L)	Average elution (mg/L)
Pb	10	18.5	N.D.-0.15	0.008	8	28.6	N.D.-0.23	0.011
Cd	0	N.D.	N.D.	N.D.	6	21.4	N.D.-0.01	0.001
As	11	20.4	N.D.-0.00	0.001	1	3.6	N.D.-0.23	0.008
Ni	37	68.5	N.D.-1.42	0.044	15	53.6	N.D.-19.30	1.134
Sb	4	7.4	N.D.-0.01	0.001	4	14.3	N.D.-0.79	0.029
Zn	36	66.7	N.D.-0.24	0.036	10	35.7	N.D.-0.64	0.067
Al	46	85.2	N.D.-312.10	15.306	22	78.6	N.D.-159.60	10.005
Fe	52	96.3	0.01-800.80	30.473	24	85.7	N.D.-41.80	3.654
Cu	28	51.9	N.D.-0.33	0.022	15	53.6	N.D.-13.50	0.889
Cr	39	72.2	N.D.-0.96	0.053	12	42.9	N.D.-0.67	0.068
Sn	6	11.1	N.D.-0.04	0.002	1	3.6	N.D.-0.01	0.000

미만 24건, 10.0-20.0 mg/L미만 1건, 317.4-800.8 mg/L이 3건으로 나타났다. 코팅한 금속제 주방기구의 알루미늄 용출범위는 불검출 7건, 1.0 mg/L 미만 12건, 1.0-10.0 mg/L 미만 5건, 14.0-159.6 mg/L이 4건이었으며, 철의 용출범위는 불검출 5건, 1.0 mg/L미만 13건, 1.0-10.0 mg/L 미만 6건, 10.3-41.8 mg/L 이 4건으로 조사되었다.

니켈의 평균 용출량은 코팅한 주방기구가 코팅하지 않은 주방기구에 비해 26배 높게 나타났는데 이는 니켈의 규격 기준을 초과한 주방기구와 철에 코팅한 주방기구에서 기인한 것으로 조사되었다.

알루미늄과 철의 평균 용출량을 살펴보면, 코팅한 주방기구가 코팅하지 않은 주방기구에 비해 알루미늄은 약 2/3 수준, 철은 1/10 수준으로 낮게 나타났다.

구리의 평균 용출량은 코팅한 주방기구가 코팅하지 않은 주방기구에 비해 약 40배 높게 나타났는데, 이는 니켈처럼 철에 코팅한 주방기구에서 유래된 것으로 조사되었다.

코팅하지 않은 금속제와 내부를 코팅한 주방기구 평균 용출량을 비교해보면, 알루미늄과 철의 용출량은 코팅한 주방기구에서 낮게 나타났고 나머지 대부분의 중금속은 코팅한 주방기구에서 오히려 높은 수준으로 용출됐는데 이는 내부코팅과정에서 사용되는 원료와 가공보조제 등의 영향 때문일 것으로 추정된다.

국산 및 수입산 용출시험 결과

금속제 주방기구를 재질 및 내부 코팅여부와 관계없이 국산과 수입산으로 만 구분했을 때 용출률과 평균 용출량은 Table 3과 같다. 평균 용출량은 국산 주방기구의 경우, 납 0.010 mg/L, 카드뮴 0.001 mg/L, 비소 0.001 mg/L, 니켈 0.779 mg/L, 안티몬 0.001 mg/L, 아연 0.043 mg/L, 알루미늄 25.145 mg/L, 철 9.693 mg/L, 구리 0.532 mg/L, 크롬 0.066 mg/L, 주석 0.002 mg/L으로 나타났으며 수입산 주방기구는 납 0.008 mg/L, 카드뮴 0.000 mg/L, 비소 0.006 mg/L, 니켈 0.035 mg/L, 안티몬 0.021 mg/L, 아연 0.050 mg/L, 알루미늄 1.264 mg/L, 철 33.518 mg/L, 구리 0.093 mg/L, 크롬 0.050 mg/L, 주석 0.002 mg/L으로 나타났다.

용출률을 살펴보면, 철은 국산 및 수입산 모두 90% 이상의 높은 용출률을 보였고 알루미늄 역시 약 70% 이상의 높은 용출률을 나타냈으며 니켈, 아연, 구리, 크롬은 국산 및 수입산 모두 47.5% 이상 용출된 것으로 나타났다.

알루미늄과 철의 평균 용출량은 국산 및 수입산 모두 다른 금속에 비해 높은 수준으로 나타났는데 알루미늄은 국산 주방기구가 수입산 주방기구에 비해 약 20배 높게 나타났고 철은 수입산 주방기구가 국산 주방기구가 비해 약 3.5배 높은 수준으로 용출된 것으로 나타났다. 알루미늄의 평균용출량이 국산 제품에서 높게 나타난 이유는 국산 주방기구 42건 중 불검출 9건, 1.0 mg/L 미만 13건, 1.0-10.0 mg/L 미만 8건, 10.0-50.0 mg/L 미만 5건, 50.0-100.0 mg/L 미만 3건, 특히 118.2-312.1 mg/L이 4건으로 나타난 것에 기인한다. 불검출 된 주방기구 중 알루미늄 재질은 7건으로 6건이 코팅된 제품이었고 나머지 2건은 스테인리스 재질이었다. 또한 50 mg/L이상 검출된 주방기구 7건 중 알루미늄 재질이 6건이었고 철 재질은 1건으로 조사되었다. 반면 수입산은 불검출 4건, 1.0 mg/L 미만 27건, 1.0-10.0 mg/L 미만 9건으로 국산제품에 비해 전체적으로 수입산이 낮게 조사되었다. 한편 철의 경우 국산 주방기구는 불검출 4건, 1.0 mg/L 미만 18건, 1.0-10.0 mg/L 미만 16건, 10.0-20.0 mg/L 3건으로 나타났으며 특히 무쇠 솥 1건에서 317.4 mg/L이 용출되어 전체 평균값을 높이는 원

Table 3. Results of elution test for domestic and imported metallic kitchen utensils

	Domestic kitchen utensils (n=42)				Imported kitchen utensils (n=40)*			
Metals	No. of eluted samples	Elution rate (%)	Elution range (mg/L)	Average elution (mg/L)	No. of eluted samples	Elution rate (%)	Elution range (mg/L)	Average elution (mg/L)
Pb	10	23.8	N.D.-0.23	0.010	7	17.5	N.D.-0.15	0.008
Cd	2	4.8	N.D.-0.01	0.001	4	10.0	N.D.-0.01	0.000
As	10	23.8	N.D.-0.00	0.001	4	10.0	N.D.-0.00	0.006
Ni	22	52.4	N.D.-19.30	0.779	29	72.5	N.D.-0.51	0.035
Sb	5	11.9	N.D.-0.02	0.001	3	7.5	N.D.-0.79	0.021
Zn	21	50.0	N.D.-0.64	0.043	26	65.0	N.D.-0.56	0.050
Al	33	78.6	N.D.-312.10	25.145	36	90.0	N.D.-8.60	1.264
Fe	38	90.5	N.D.-317.40	9.693	39	97.5	N.D.-800.80	33.518
Cu	25	59.5	N.D.-13.50	0.532	19	47.5	N.D.-2.80	0.093
Cr	24	57.1	N.D.-0.96	0.066	27	67.5	N.D.-0.54	0.050
Sn	4	9.5	N.D.-0.02	0.002	3	7.5	N.D.-0.04	0.002

*n=40 (35 Chinese utensils, 4 Vietnamese utensils, and 1 Indian utensil).

인이 되었으며 이 값을 제외시켰을 경우 2.1 mg/L로 나타났다. 수입산 주방기구는 불검출 1건, 1.0 mg/L 미만 18건, 1.0-10.0 mg/L 미만 16건, 10.0-50.0 mg/L 3건이었으며 나머지 2건에서 각각 401 mg/L, 801 mg/L로 높은 수준으로 용출되어 국산에서와 같이 평균값을 높이는 원인이 되었으며 이 값을 제외했을 때 수입산 주방기구의 철 평균용출량은 3.5 mg/L으로 나타났다.

금속재질별 코팅주방기구 용출시험 결과

스테인리스, 알루미늄, 철 등 금속제 재질별로 코팅하지 않은 주방기구와 내부 코팅한 주방기구의 용출률과 평균 용출량을 비교한 결과는 Table 4, 5, 6과 같다.

코팅하지 않은 스테인리스 주방기구의 평균 용출량은 납 0.000 mg/L, 비소 0.000 mg/L, 니켈 0.029 mg/L, 아연 0.053 mg/L, 알루미늄 0.038 mg/L, 철 2.670 mg/L, 구리 0.007 mg/L, 크롬 0.056 mg/L이었으며 카드뮴, 안티몬, 주석은 검출되지 않았다. 코팅된 스테인리스 주방기구의 코팅재질은 불소수지와 세라믹으로 평균 용출량은 니켈 0.001 mg/L, 알루미늄 0.040 mg/L, 철 0.021 mg/L, 구리 0.001 mg/L, 크롬 0.000 mg/L이었으며 납, 카드뮴, 비소, 안티몬, 아연, 주석은 검출되지 않았다. 철의 평균 용출률은 스테인리스에 코팅한 주방기구에서 코팅하지 않은 주방기구에 비해 약 127배 낮게 나타났다. 그러나 코팅한 스테인리스 주방기구는 시료수가 적은 관계로 결과에 의미를 부여하기는 무리가 있으나 경향을 파악하는 정도는 가능할 것으로 판단되며 유통되는 제품이 매우 적기 때문에 장기적인 관점에서의 연구가 필요할 것으로 판단된다.

코팅하지 않은 알루미늄 주방기구의 평균 용출량은 납 0.004 mg/L, 비소 0.001 mg/L, 니켈 0.059 mg/L, 안티몬 0.000 mg/L, 아연 0.010 mg/L, 알루미늄 31.575 mg/L, 철 1.556 mg/L, 구리 0.035 mg/L, 크롬 0.011 mg/L, 주석 0.003 mg/L이었으며 카드뮴은 불검출로 나타났다. 코팅된 알루미늄 주방기구의 코팅재질은 불소수지, 세라믹, 티타늄으로 평균용출량은 납 0.020 mg/L, 니켈 0.004 mg/L, 안티몬 0.001 mg/L, 아연 0.054 mg/L, 알루미늄 13.326 mg/L, 철 0.395 mg/L, 구리 0.013 mg/L, 크롬 0.056 mg/L, 주석 0.001 mg/L이었으며 카드뮴과 비소는 불검출로 나타났다.

알루미늄과 철의 평균 용출량을 보면, 코팅하지 않은 알루미늄 주방기구에서 코팅한 주방기구보다 알루미늄은 약 2.4배, 철은 약 4배 높게 용출되었고 비소, 니켈, 구리, 주석은 코팅하지 않은 알루미늄 주방기구에서, 납, 안티몬, 아연, 크롬은 알루미늄에 코팅한 주방기구에서 약간 높은 수준으로 용출되었다.

코팅하지 않은 철 주방기구의 평균 용출량은 납 0.064 mg/L, 비소 0.001 mg/L, 니켈 0.040 mg/L, 안티몬 0.007 mg/L, 아연 0.089 mg/L, 알루미늄 0.933 mg/L, 철 307.737 mg/L, 구리 0.025 mg/L, 크롬 0.259 mg/L, 주석 0.010 mg/L이었으며 카드뮴은 불검출로 나타났다. 코팅된 철 주방기구의 코팅재질은 세라믹, 불소수지, 법랑, 실리콘으로 평균용출량은 납 0.005 mg/L, 카드뮴 0.003 mg/L, 비소 0.017 mg/L, 니켈 2.439 mg/L, 안티몬 0.062 mg/L, 아연 0.095 mg/L, 알루미늄 9.239 mg/L, 철 7.051 mg/L, 구리 1.901 mg/L, 크롬 0.095 mg/L이었으며 주석은 불검출로 나타났다.

철 주방기구는 코팅하지 않은 주방기구보다는 코팅한 주방기구가 많이 유통되고 있었는데 철은 코팅하지 않은 철 주방기구에서 코팅한 철 주방기구보다 약 44배 높게 나타났다.

Table 4. Results of elution test for stainless steel kitchen utensils (Unit : mg/L)

	Uncoating kitchen utensils (n=23)			Coating kitchen utensils (n=3)*		
Metals	No. of eluted samples	Elution range	Average elution	No. of eluted samples	Elution range	Average elution
Pb	1	N.D.-0.004	0.000	0	N.D.	N.D.
Cd	0	N.D.	N.D.	0	N.D.	N.D.
As	4	N.D.-0.002	0.000	0	N.D.	N.D.
Ni	20	N.D.-0.085	0.029	1	N.D.-0.003	0.001
Sb	0	N.D.	N.D.	0	N.D.	N.D.
Zn	22	0.009-0.209	0.053	0	N.D.	N.D.
Al	17	N.D.-0.571	0.038	3	0.008-0.081	0.040
Fe	22	0.140-9.152	2.670	3	0.007-0.041	0.021
Cu	14	N.D.-0.043	0.007	1	N.D.-0.004	0.001
Cr	22	0.010-0.211	0.056	1	N.D.-0.001	0.000
Sn	0	N.D.	N.D.	0	N.D.	N.D.

* n=3 (2 fluorine resins and 1 ceramic).

Table 5. Results of elution test for aluminium kitchen utensils (Unit : mg/L)

	Uncoating kitchen utensils (n=26)			Coating kitchen utensils (n=12)*		
Metals	No. of eluted samples	Elution range	Average elution	No. of eluted samples	Elution range	Average elution
Pb	6	N.D.-0.027	0.004	2	N.D.-0.028	0.020
Cd	0	N.D.	N.D.	0	N.D.	N.D.
As	7	N.D.-0.004	0.001	0	N.D.	N.D.
Ni	11	N.D.-1.416	0.059	4	N.D.-0.047	0.004
Sb	1	N.D.-0.009	0.000	1	N.D.-0.015	0.001
Zn	10	N.D.-0.120	0.010	2	N.D.-0.638	0.054
Al	25	N.D.-312.100	31.575	5	N.D.-159.100	13.326
Fe	26	0.007-16.520	1.556	7	N.D.-4.561	0.395
Cu	14	N.D.-0.332	0.035	2	N.D.-0.152	0.013
Cr	12	N.D.-0.121	0.011	2	N.D.-0.665	0.056
Sn	4	N.D.-0.024	0.003	1	N.D.-0.010	0.001

* n=12 (7 fluorine resins, 4 ceramics, and 1 titanium).

Table 6. Results of elution test for iron kitchen utensils (Unit : mg/L)

	Uncoating kitchen utensils (n=5)			Coating kitchen utensils (n=13)*		
Metals	No. of eluted samples	Elution range	Average elution	No. of eluted samples	Elution range	Average elution
Pb	4	N.D.-0.146	0.064	6	N.D.-0.021	0.005
Cd	0	N.D.	N.D.	6	N.D.-0.014	0.003
As	2	N.D.-0.004	0.001	1	N.D.-0.226	0.017
Ni	5	0.002-0.069	0.040	9	N.D.-19.310	2.439
Sb	3	N.D.-0.0148	0.007	3	N.D.-0.790	0.062
Zn	5	0.009-0.236	0.089	7	N.D.-0.561	0.095
Al	5	0.051-2.436	0.933	13	0.010-66.850	9.239
Fe	5	0.805-800.800	307.737	13	0.051-41.080	7.051
Cu	1	N.D.-0.123	0.025	11	N.D.-13.470	1.901
Cr	5	0.011-0.956	0.259	8	N.D.-0.537	0.095
Sn	2	N.D.-0.039	0.010	0	N.D.	N.D.

* n=13 (4 fluorine resins, 5 enamels, 2 silicones, and 2 ceramics).

알루미늄과 니켈, 구리의 평균 용출량은 코팅한 주방기구에서 높은 수준으로 용출되었는데 알루미늄의 경우 철에 법랑 코팅한 일부 제품에서 16.11 mg/L, 66.85 mg/L 세라믹 코팅한 제품에서 14.0 mg/L 용출된 것에 기인한 영향이 크고 니켈과 구리는 규격 기준을 초과한 주방기구에서 기인한 영향이 큰 것으로 조사되었다.

기타 중금속 중 납, 크롬, 주석은 철에 코팅하지 않은 주방기구에서, 카드뮴, 비소, 안티몬은 철에 코팅한 주방기구에서 높은 수준으로 용출되었고 아연은 철에 코팅하지 않은 주방기구와 철에 코팅한 주방기구에서 비슷한 수준으로 용출된 것으로 나타났다.

원재료의 특성상 금속제 주방기구에서 알루미늄과 철이 용출되는 것을 방지하는 것은 매우 어렵기 때문에 가급적 금속제에 코팅한 주방기구를 사용하는 것이 바람직하다고 판단된다. 그러나 일부 주방기구 및 금속 코팅한 주방기구에서 더 높은 수준으로 용출된 경우도 있기 때문에 코팅한 주방기구가 무조건 안전하다고 단언하기도 어려운 점이 있는 것으로 나타났다.

금속제 주방기구를 안전하게 사용하는 방법은 가정에서 사용 전 초산 등 산성용액을 담가 중금속을 충분히 용출시킨 후에 사용하는 것을 추천하며 주방기구 제조과정에서 원재료를 초산 등의 용액에 담그는 공정을 추가하여

Table 7. Results of elution test for the metallic kitchen utensils according to coating material (Unit : mg/L)

	Fluorine Resin (n=13)			Ceramic (n=7)			Enamel (n=5)			Others (n=3)*		
Metals	No. of eluted samples	Elution conc. range	Average elution	No. of eluted samples	Elution conc. range	Average elution	No. of eluted samples	Elution conc. range	Average elution	No. of eluted samples	Elution conc. range	Average elution
Pb	3	N.D. -0.228	0.019	2	N.D. -0.014	0.003	3	N.D. -0.021	0.008	0	N.D.	N.D.
Cd	2	N.D. -0.011	0.001	2	N.D. -0.0139	0.003	2	N.D. -0.001	0.000	0	N.D.	N.D.
As	1	N.D. -0.226	0.017	0	N.D.	N.D.	0	N.D.	N.D.	0	N.D.	N.D.
Ni	8	N.D. -0.505	0.055	2	N.D. -5.398	0.771	4	N.D. -19.310	5.128	0	N.D.	N.D.
Sb	2	N.D. -0.790	0.062	0	N.D.	N.D.	2	N.D. -0.010	0.004	0	N.D.	N.D.
Zn	5	N.D. -0.638	0.094	1	N.D. -0.198	0.028	3	N.D. -0.363	0.090	0	N.D.	N.D.
Al	10	N.D. -159.600	13.529	3	N.D. -14.010	2.007	5	N.D. -66.850	17.959	2	0.026 -0.371	0.199
Fe	12	N.D. -41.800	4.643	3	N.D. -18.900	2.927	5	N.D. -18.900	3.795	2	0.249 -2.211	1.230
Cu	6	N.D. -2.806	0.267	2	N.D. -4.386	0.627	5	N.D. -4.386	3.403	0	N.D.	N.D.
Cr	6	N.D. -0.537	0.095	1	N.D. -0.202	0.029	4	N.D. -0.202	0.094	0	N.D.	N.D.
Sn	1	N.D. -0.010	0.001	0	N.D.	N.D.	0	N.D.	N.D.	0	N.D.	N.D.

* n=3 (2 silicon and 1 titanium).

제조하면 소비자들이 금속제 주방기구을 사용할 때 금속류를 제거해야 하는 불편함과 중금속에 대한 불안감을 어느 정도는 해소할 수 있을 것으로 판단된다.

코팅재질별 주방기구 용출시험 결과

금속제 내부 코팅재질을 Table 7과 같이 불소수지, 세라믹, 법랑, 기타(실리콘, 티타늄)으로 나누어 평균 용출량을 살펴보았다. 평균 용출량은 불소수지 코팅 주방기구에서 납 0.019 mg/L, 카드뮴 0.001 mg/L, 비소 0.017 mg/L, 니켈 0.055 mg/L, 안티몬 0.062 mg/L, 아연 0.094 mg/L, 알루미늄 13.529 mg/L, 철 4.643 mg/L, 구리 0.267 mg/L, 크롬 0.095 mg/L, 주석 0.001 mg/L이었으며 세라믹 코팅 주방기구는 납 0.003 mg/L, 카드뮴 0.003 mg/L, 니켈 0.771 mg/L, 아연 0.028 mg/L, 알루미늄 2.007 mg/L, 철 2.927 mg/L, 구리 0.627 mg/L, 크롬 0.029 mg/L이었으며 비소, 안티몬, 주석은 불검출로 나타났다. 법랑 코팅 주방기구는 납 0.008 mg/L, 카드뮴 0.000 mg/L, 니켈 5.128 mg/L, 안티몬 0.004 mg/L, 아연 0.090 mg/L, 알루미늄 17.959 mg/L, 철 3.795 mg/L, 구리 3.403 mg/L, 크롬 0.094 mg/L이었으며 비소, 주석은 불검출로 나타났다. 기타로 분류한 실리콘과 티타늄 코팅 주방기구의 평균 용출량은 알루미늄 0.199 mg/L, 철 1.230 mg/L이었으며 나머지 금속류는 불검출로 나타났다.

코팅 주방기구 중 불소수지와 법랑에서 알루미늄의 평균용출량이 비교적 높게 나타났는데, 이는 금속 원재료의 차이에 의한 것으로 추정된다. 일부 주방기구에서 높게 용출된 제품이 전체 평균을 올리는 결과로 이어졌는데, 불소수지는 159.6 mg/L, 법랑은 66.85 mg/L로 용출된 제품을 제외하면 불소수지는 1.4 mg/L, 법랑 5.7 mg/L로 나타났다. 또한 법랑 코팅 주방기구가 다른 주방기구에 비해 니켈과 구리의 평균 용출량이 높은 것으로 나타났는데, 특히 니켈 평균 용출량은 법랑과 세라믹 코팅주방기구에서 금속제의 기준규격인 0.1 mg/L을 초과한 것으로 나타났다. 이는 철에 코팅한 주방기구에 기인한 것으로 법랑 주방기구 3건, 세라믹 코팅 주방기구 1건, 불소수지 코팅한 주방기구 1건 등 총 5건이 금속제의 기준규격을 5배-193배 초과한 것이 원인으로 조사되었다. 현 식품공전에서는 금속제라 할지라도 식품과 직접 접촉하는 면에 합성수지제, 고무제 또는 도자기제 등이 사용된 경우

에는 해당 재질의 용출규격을 적용하도록 되어있어 니켈이 높은 수준으로 검출 시 규격기준이 없는 문제가 발생하여 이에 대한 기준 규격의 검토가 시급한 것으로 판단된다.

국문요약

본 연구는 2019년 경기도내 대형매장과 중소형매장 및 재리시장에서 유통 중인 스테인리스, 알루미늄, 철 등 금속제 주방기구 82건을 대상으로 중금속 등 11종(납, 카드뮴, 비소 등)의 오염도를 조사하여 금속제 주방기구의 위생관리를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

금속제 주방기구의 용출시험결과, 금속의 용출빈도는 철>알루미늄>크롬, 니켈>아연>구리>납>비소>안티몬>주석>카드뮴의 순으로 이었고 용출률은 7.3-93.9%이었다. 조사대상 82건 중 알루미늄 주방기구 1건에서 니켈이 기준을 초과(결과 1.4 mg/L, 기준 0.1 mg/L 이하)한 것으로 나타났으며 그 밖에 기준이 설정되어 있지 않은 철에 코팅한 주방기구에서 니켈이 식품용 기구 및 용기·포장 공전 금속제 기준을 5배-193배 초과한 것으로 나타나 이에 대한 기준규격의 설정이 필요한 것으로 판단된다.

코팅하지 않은 금속제와 내부를 코팅한 주방기구 평균 용출량을 비교해보면, 알루미늄과 철은 코팅한 주방기구에서 낮게 나타났고 나머지 대부분의 중금속은 코팅한 주방기구에서 높은 수준으로 나타났다.

국산과 수입산으로 나누어 평균 용출량을 비교한 결과, 알루미늄과 철은 국산 및 수입산 모두 다른 중금속에 비해 높은 수준으로 나타났는데 알루미늄은 국산주방기구에서, 철은 수입산 주방기구에서 높게 나타났다.

주방기구의 코팅재질별로 평균 용출량을 비교한 결과, 불소수지 코팅에서는 알루미늄, 세라믹 코팅에서는 알루미늄, 철, 법랑코팅에서는 니켈, 알루미늄, 철, 구리, 기타(실리콘과 티타늄)코팅에서는 철의 용출량이 높게 나타났다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Jae-Kwan Kim https://orcid.org/0000-0002-7844-8062
Kyung-Sook Im https://orcid.org/0000-0000-0000-0000
Myung-Gil Kim https://orcid.org/0000-0002-5411-8130
Sung-Hee Park https://orcid.org/0000-0001-6251-1648
Mi-Young Seo https://orcid.org/0000-0003-0344-6203
Yu-Na Lee https://orcid.org/0000-0003-0319-1669
Jung-Sun Kim https://orcid.org/0000-0003-3905-5757
Eun-Jung Ku https://orcid.org/0000-0002-7893-8811
Sun-Young Chae https://orcid.org/0000-0001-8062-9666
Yong-Bae Park https://orcid.org/0000-0003-2596-8520
Mi-Hye Yoon https://orcid.org/0000-0002-3867-8728

References

1. Korea Consumer Agency, (2021, February 5). Survey on the safety of kitchen utensils. Retrieved from https://www.kca.go.kr/smartconsumer/sub.do?menukey=7301&mode=view&no=1000996098
2. Ministry of Food and Drug Safety, 2015. A study on the reassessment of standard specification for food packaging. Cheongju, Korea.
3. Choi, J.C., Park, S.J., Goh, H., Lee, J.Y., Eom, M.O., Kim, M., A study on migration of heavy metals from kitchen utensils including glassware, ceramics, enamel, earthenware and plastics. *J. Food Hyg. Saf.,* **29**, 334-339 (2014).
4. Lee, S.H., Jung, K.J., Lee, Y.K., Sung, J.H., Eom, M.O., Lee, Y.J., Lim, J.G., Monitoring of lead and antimony in metallic kitchenware. *J. Food Hyg. Saf.,* **22,** 52-56 (2007).
5. Barnes, K.A., Sinclair, C.R., Watson, D.H., 2007. Chemical migration and food contact materials, CRC Press, New York. 464 pp.
6. Ministry of Food and Drug Safety, 2018. Utensils and food packaging materials code. Cheongju, Korea.
7. Japan External Trade Organization, (2021, February 5). Japan amends the specifications and standards for foods. Retrieved from https://resources.selerant.com/food-regulatory-news/japan-amends-the-specifications-and-standards-for-foods-june-2019
8. European Communities, Council directive on the approximation of the laws of the member states relating to ceramic articles intended to come into contact with foodstuffs (84/500/EEC), European Communities, **L110**, 36. (2005).
9. International Agency for Research on Cancer, (2021, February 8). Agents classified by the IARC monographs, Volumes 1-123 (2018). Retrieved from https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/
10. Ministry of Food and Drug Safety, 2011. Food and heavy metals, Is the heavy metal in food safe?. Cheongju, Korea.
11. Reilly, C., 1991. Metal contamination of food, 2nd ed. Elsevier Applied Science, London, UK.
12. Chung, S.Y., Kim, M.H., Sho, Y.S., Won, K.P., Hong, M.K., Trace metal contents in vegetable in Korea. *The Annual Report of Korea Food & Drug Administration*, **6**, 162-168 (2002).
13. Lee, J.H., Seo, J.W., An, E.S., Kuk, J.H., Park, J.W., Bae, M.S., Park, S.W., Yoo, M.S., Monitoring of heavy metals in fruits in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **43**, 230-234 (2011).
14. Ok, H.Y., 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).
15. Lee, H.S., Yon, M.Y., Kim, D.H., Lee, J.Y., Park, S.J., Yeo, Y.J., Han, J.J., Lee, K.H., Rhee, S.J., Kang, K.M, Song, H.J., 2017. Safety evaluation model for migrant from utensils and food packaging materials. Korea Health Industry Development Institute. doi: 10.23000/TRKO201800041014
16. Kim, M.S., Han, J.S., Takahisa, M., The effect of acid condiment and cooking condition on aluminum dissolution from aluminum cookware, family and environment research. *J. Korean Home Econ. Assoc.,* **38,** 21-26 (2000).
17. 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**, 1094-1192 (2017).
18. Kim, M.K., Kwak, H.S., Lee, H.Y., 2018. Safety assessment on migration of hazard elements in food packaging-metal. National Institute of Food and Drug Safety Evaluation. doi: 10.23000/TRKO201900003427
19. Global Food Regulations and Standards Information System, (2021, February 8). National Food Safety Information Service. Retrieved from https://foodlaw.foodinfo.or.kr/lawview/searchlist.do?menuKey=54
20. Supplier Declaration of Compliance for Metallic food contact materials & articles, 1935/2004-EC-EU framework regulation on food contact materials, 2023/2006- EC-EU regulation on Good Manufacturing Practice, GMP (2011).
21. Kim, J.M., Han, S.H., Baek, S.H., Comparison of aluminum leaching from cooking utensils during cooking. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **29**, 613-617 (1997).
22. Lione, A., The prophylactic reduction of aluminium intake, *Food Chem. Toxicol.*, **21**, 103-109 (1983).