pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 40, No. 4, pp. 289~298 (2025)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2025.40.4.289

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

경남지역 휴게음식점에서 판매되는 디저트류의 타르색소 함량 및 위해성 평가

조민지* · 탁진영 · 허윤정 · 최연주 · 이한주 · 박정길 · 김혜정
경상남도 보건환경연구원 식품분석팀

Content and Risk Assessment of Tar Colors in Desserts Sold at Food Courts and Cafeterias in Gyeongsangnam-do

Minji Jo*, Jinyeong Tak, Yunjung Huh, Yeonju Choi, Hanju Lee, Jeonggil Park, Hyejung Kim
Food Analysis team, Gyeongsangnam-do Institute of Health and Environment, Jinju, Korea

(Received July 14, 2025/Revised August 7, 2025/Accepted August 7, 2025)

ABSTRACT - In this study, we aimed to analyze the tar color content and assess the associated health risks in desserts sold at food courts and cafeterias in Gyeongsangnam-do. A total of 100 samples were analyzed for nine tar colors permitted in Korea using ultra-performance liquid chromatography (UPLC) with a photodiode array detector (PDA). The overall detection rate was 59.0%, with the highest rates in macarons (96.2%) and cakes (76.5%). No tar color was detected in candies. The highest average concentrations were found in meringue cookies (56.05 mg/kg) and macarons (46.99 mg/kg). Brilliant Blue FCF (B1) and Allura Red (R40) were the most frequently detected, whereas R40 and Sunset Yellow FCF (Y5) had the highest mean concentrations. The combined use of two to five colorants was frequently observed, particularly in meringue cookies, with one case exceeding the permissible limit. The risk assessment showed that tar color exposure from dessert consumption was 0.00-17.72% of the acceptable daily intake (ADI), indicating no significant health risk. However, the frequent use of multiple colorants and their occasional overuse highlight the need for strengthened safety management, particularly in food courts and cafeterias that are not subject to mandatory quality inspections.

Key words: Tar colors, Desserts, Food court/Cafeterias, Risk assessment, Gyeongsangnam-do

타르색소는 식품에 선명한 색감을 부여하거나 본래의 색을 유지하기 위해 사용되는 합성 식품첨가물로, 뛰어난 착색 효과가 장기간 지속되는 특성이 있다[1]. 이러한 특성 덕분에 식품의 변색을 보완하고 품질을 향상시키기 위한 목적으로 널리 사용되며, 천연 색소에 비해 경제적인 장점으로 식품 제조 및 가공에 더욱 보편적으로 활용된다. 특히 마카롱, 머랭 쿠키 같은 시각적 요소가 중요한 디저트류에 다양한 색감을 표현하기 위해 주로 사용된다[2].

타르색소는 석탄타르에서 추출된 화합물로, 벤젠핵이나 나프탈렌핵을 기반으로 합성되며, 화학 구조에 따라 아조계(azo type), 크산틴계(xanthene type), 트리페닐메탄계(triphenylmethane type) 등으로 분류된다[3]. 이러한 합성 색소에 대해서는 소비자들의 부정적인 인식이 존재하며, 장기간 섭취 시 발암성, 유전독성 등 안전성에 대한 우려가 꾸준히 제기되고 있다[4,5]. 또한 단일 색소 사용뿐만 아니라 병용 사용의 유해성도 보고되고 있어서 종합적 위해성 평가의 필요성이 대두되고 있다[6].

타르색소에 대한 각국의 허용 종류와 기준은 상이한데 (Table 1), 우리나라에서는 총 9종[7]의 색소를 허용하고 있는 반면, 미국은 7종[8], 유럽연합은 8종[9]을 허용하고 있고, 일본과 Codex 국제 기준에서는 우리나라와 동일하게 9종[10,11]을 허용하고 있다. 이러한 각국의 차이는 식품 안전성에 대한 우려와 과학적 연구 결과에 기반하여 설정된 것으로, 미국은 적색 2호와 적색 102호를 발암 가능성 등을 이유로 사용 금지하였으며, 유럽연합에서는 녹색 3호를 동물실험에서의 종양 유발 가능성 확인 등의 우려로 사용을 제한하였다[12-14].

*Correspondence to: Minji Jo, Food Analysis team, Gyeongsangnam-do Institute of Health and Environment, Jinju 52732, Korea
Tel: +82-55-254-2286, Fax: +82-55-254-2279
E-mail: tjdalsgus27@korea.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.

Table 1. Permitted tar colors in Korea, USA, EU, Japan and Codex

Tar colors	Korea	USA	EU	Japan	Codex
Fast green FCF[1)] (G3)	O[2)]	O	X	O	O
Brilliant blue FCF (B1)	O	O	O	O	O
Indigo carmine (B2)	O	O	O	O	O
Amaranth (R2)	O	X[3)]	O	O	O
Erythrosine (R3)	O	O	O	O	O
Allura red (R40)	O	O	O	O	O
Ponceau 4R (R102)	O	X	O	O	O
Tartrazine (Y4)	O	O	O	O	O
Sunset yellow FCF (Y5)	O	O	O	O	O

[1)]FCF: For coloring food.
[2)]Permitted with limited use.
[3)]Not permitted.

최근 디저트 시장은 급속히 성장하고 있으며, 특히 젊은 층을 중심으로 선명하고 시각적으로 매력적인 제품에 대한 선호가 두드러지고 있다[15]. 소셜 미디어와 인플루언서 콘텐츠의 확산은 이러한 소비 경향을 더욱 가속화시키고 있으며, 이는 화려한 색채를 강조한 디저트류 제품의 수요 증가로 이어지고 있다. 이에 따라 타르색소의 사용 빈도 역시 증가하는 추세를 보이고 있으며, 안전성에 대한 우려 또한 지속적으로 제기되고 있다[16,17]. 실제로 타르색소의 허용 기준을 초과한 디저트류 판매 적발 사례는 매년 꾸준히 발생하고 있다[15,18]. 그러나 휴게음식점에서 판매되는 디저트류는 타르색소 자가품질검사의 의무가 없어, 시중 가공식품과 달리 유통 과정을 거치지 않고 소비자에게 직접 제공되기 때문에 적절한 안전 관리가 이루어지기 어려운 상황이다.

FAO/WHO 합동 식품첨가물 전문가 위원회(JECFA)는 다년간의 독성 실험 결과를 바탕으로 타르색소에 대한 일일섭취허용량(acceptable daily intake, ADI)을 설정하였으나, 최근 디저트류 섭취 증가 추세를 반영한 위해성 분석 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 경남 도내 휴게음식점에서 판매되는 디저트류를 대상으로 허용 타르색소의 사용 실태를 분석하고, 최신 섭취량 자료를 기반으로 위해성을 평가함으로써 해당 식품의 안전성 확보를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

Materials and Methods

실험재료

2024년 3월부터 10월까지 경상남도 소재 휴게음식점 43곳에서 판매되고 있는 디저트류(마카롱 26건, 머랭쿠키 24건, 케이크 17건, 음료 20건, 캔디 13건) 총 100건을 분석 대상으로 하였다. 시료는 구입 즉시 개봉하여 균질화한 후 20 g 단위로 소분 및 밀봉하여 –20°C에서 냉동 보관하였다.

시약 및 표준품

타르색소 표준품은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA) 사의 Brilliant Blue FCF (B1, ≥97.0%), Indigocarmine (B2, ≥97.0%), Fast Green FCF (G3, ≥98.0%), Tartrazine (Y4, ≥98.0%), Sunset Yellow FCF (Y5, ≥98.0%), Amaranth (R2, ≥98.0%), Erythrosine (R3, ≥99.0%), Allura Red (R40, ≥98.0%), Ponceau 4R (R102, ≥99.0%)를 사용하였다. Methanol과 acetonitrile은 HPLC 등급으로 Merck (Darmstadt, Germany), ammonium acetate은 Sigma-Aldrich, ammonia solution은 Junsei (Tokyo, Japan)을 사용하였다. 정제수는 초순수제조기 MILLI-Q INTEGRAL 5(Millipore, Burlington, MA, USA)의 3차 증류수를 사용하였다.

실험방법

시험용액은 식품공전(8.3.4.1.) 나. 액체크로마토그래프법에 준하여 각 시료의 특성에 따라 제조하였다.

과자, 캔디류, 빵류는 시료 5 g을 취하여 10배의 4% 메탄올성 암모니아 용액을 가하고 5분간 진탕 후 원심분리기(Combi 514R, Hanil Science Industrial, Gimpo, Korea)로 4°C에서 4,000×g로 10분간 원심분리하여 상층액을 회수하였다. 침전물에 색소가 잔존하지 않을 때까지 위의 과정을 반복한 후 색소 추출액을 감압건고(CH/R-210, Buchi Labortechnik AG, Flawil, Switzerland)하였다. 잔류물에 10 mM 아세트산암모늄 용액을 가하여 최종 부피가 10 mL가 되도록 하고, 0.45 μm PTFE filter (Whatman, Maidstone, Kent, UK)로 여과한 후 시험용액으로 하였다.

음료류는 시료 5 mL에 10 mM 아세트산암모늄 용액을 가하고 4% 메탄올성 암모니아 용액을 가하면서 pH 측정기(Orion Star A211, Thermo Fisher Scientific Inc., MA, US)로 pH를 6-7로 조정하였다. 물을 가하여 최종 부피가 10 mL가 되도록 하고, 0.45 μm PTFE filter 여과 후 시험용액으로 하였다.

Table 2. Analytical conditions of UPLC for tar colors

Instrument	UPLC I-Class (Waters, Milford, MA, USA)	
Injection vol.	10 μL	
Flow rate	0.7 mL/min	
Column	Capcell pak MF-C_{18} (4.6×250 mm, 5 μm)	
Detector	PDA (Photo Diode Array)	
Wavelength	420 nm	Tartrazine
	520 nm	Amaranth, Erythrosine, Allura red, Ponceau 4R, Sunset yellow
	620 nm	Brilliant blue FCF, Indigo carmine, Fast green FCF
Mobile phase	A: 10 mM Ammonium acetate B: Acetonitrile	
Gradient condition	Time (min.)	A (%)	B (%)
	Init.	95	5
	00:01	95	5
	20:00	50	50
	20:01	95	5
	23:00	95	5

LC 분석은 photo diode array (PDA)가 장착된 UPLC (Waters Co., Ltd.)를 이용하였고 분석조건은 Table 2와 같았다.

유효성 검증

본 연구의 시험법은 International Conference on Harmonization (ICH)[19], 「식품·의약품 분야 시험·검사기관 품질관리를 위한 시험방법의 유효성 확인 및 검증 안내서」[20], 「식품 등 시험법 마련 표준절차에 관한 가이드라인」[21]에 따라 직선성(linearity), 검출한계(limit of detection, LOD), 정량한계(limit of quantification, LOQ), 정확도(accuracy), 정밀도(variation) 항목에 대한 유효성을 검증하였다.

직선성 확인을 위하여 1-20 mg/L의 농도로 5단계 이상의 혼합 표준용액을 제조하여 2회 이상 측정하여 파장별 검량 곡선을 작성하였고, 회귀선의 결정계수(coefficient of determination, R^2)를 확인하였다. 정확도와 정밀도는 2-10 mg/L 농도의 저, 중, 고 혼합 표준용액을 색소가 검출되지 않은 각 품목에 첨가한 후 회수율 및 5회 이상 반복 측정한 분석 결과의 coefficient of variation (CV, %)로 확인하였다. LOD와 LOQ는 저농도 표준용액을 7회 반복 분석 후 표준편차와 기울기를 이용하여 아래 식에 의해 산출하였다.

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

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

위해성 평가

일일추정섭취량(estimated daily intake, EDI)은 본 연구에서 수거한 경남 지역의 디저트류가 소비되었다는 가정하에 산출하였다. 식품별 1인 1일당 섭취량 및 그룹별 평균 체중은 제8기 3차년도(2021) 국민영양조사 통계자료를 참고하였으며[22,23], 본 연구의 디저트 품목과 유사한 제품군의 섭취량을 활용하였다. ADI는 JECFA에서 권장하는 각 타르색소별 ADI를 기준으로 설정하였다[24].

Results and Discussion

유효성 검증

정확도 확인을 위한 회수율 결과는 Table 3에 나타내었

Table 3. Recovery of tar colors in desserts

Tar colors	Recovery (mean±S.D.[1], %)					
	Macaron	Meringue cookie	Cake	Drink	Candy	Average
B1	103.13±4.95	102.78±4.71	97.28±4.38	99.58±4.58	98.32±1.44	100.22
G3	106.03±4.21	103.11±4.73	102.25±4.76	102.52±4.81	95.21±1.65	101.82
B2	98.50±4.94	97.50±4.98	97.82±4.98	98.02±4.78	88.00±4.83	95.97
R3	86.71±1.83	96.01±4.40	99.87±4.85	92.02±4.85	102.84±4.28	95.49
R40	102.02±1.24	99.53±1.44	98.33±4.67	103.82±4.14	100.80±4.24	100.90
Y5	102.42±1.03	99.67±1.64	93.48±2.08	104.26±3.66	96.04±4.54	99.17
R102	99.47±2.01	110.33±4.69	96.37±4.72	101.37±3.59	100.70±2.33	101.65
R2	96.22±2.75	98.33±2.12	85.34±4.21	103.91±3.87	90.51±1.83	94.86
Y4	100.13±1.61	105.27±2.31	88.19±2.04	102.50±1.41	101.97±2.61	99.61
Average	99.40	101.39	95.44	100.89	97.15	

[1]S.D.: Standard deviation.

다. 타르색소별 평균 회수율은 94.86-101.82%, 식품별 평균 회수율은 95.44-101.39%로, 모두 식품첨가물의 회수율 검증 기준(70-125%) 이내로 확인되었다. 직선성, LOD, LOQ, 정밀도 결과는 Table 4에 나타내었다. 파장별 검량곡선은 결정계수(R^2) 0.999 이상의 우수한 직선성을 보였으며, 정밀도 또한 모두 2.0% 이내로 확인되었다. LOD는 0.02-0.06 mg/kg, LOQ는 0.06-0.19 mg/kg으로 기존 연구에서 보고된 것보다 더 낮거나 비슷한 수준으로 산출된 것을 확인하였다[25,26].

타르색소 검출 결과

품목별 타르색소 검출 결과는 Table 5에 나타내었다. 마카롱과 케이크에서 평균 검출률을 초과하는 높은 검출률을 보였으며, 색소 기준을 초과한 시료는 마카롱과 머랭쿠키에서 각각 1건씩 확인되었다. 머랭쿠키는 색소 병용 기준과 개별 기준을 모두 초과하였는데, 병용 기준을 초과(0.8 g/kg, 기준 0.3 g/kg)한 색소는 Y4, Y5, R40, B1로, 이 중 개별 기준을 초과한 색소는 Y4 (0.4 g/kg, 기준 0.2 g/kg)였다. 마카롱은 Y5 개별 기준을 초과(0.6 g/kg, 기준 0.2 g/kg)하였다. 이들 색소는 Lee 등[27]과 Hong 등[28]의 연구에서도 과자류에서 높은 검출률을 보였으며, 특히 Y4와 Y5, R40은 마카롱에서 사용 기준을 초과한 사례가 보고된 바 있다[18,28]. 이러한 결과는 디저트류에서 타르색소의 기준 초과 가능성이 높음을 시사하며, 특히 품목제조보고 및 자가품질검사 의무가 없는 휴게음식점에서는 이에 대한 사용량 교육 및 안전성 관리가 필요하다고 판단된다.

디저트 품목별 타르색소의 사용 빈도를 분석한 결과는 Table 6에 나타내었다. 마카롱에서는 B1, Y4가 가장 빈번히 검출되었으며, 머랭쿠키는 R40, B1, Y4 순이었으나 색소별로 유사한 분포를 보였다. 과자류에서 공통적으로 높은 사용 빈도를 보이는 Y4, B1, R40은 단일 사용뿐만 아니라 녹색을 내기 위한 배합 형태로도 많이 사용되고 있다[29]. 케이크에서는 B1, R40 순의 사용 빈도를 보였고, 음료류에서는 B1이 가장 많이 사용된 색소로 나타났다. 이는 Yoon 등[4]과 식품의약품안전처의 연구보고서[13]에서도 동일하게 보고된 바 있다. 한편, 캔디류 13건은 모두 불검출이었다. 휴게음식점에서 판매되는 대부분의 캔디류 제품이 천연 색소를 사용한다고 표시되어 있었으며, 본 분석 결과 역시 이와 일치함을 확인하였다. 반면 Bae 등[30]의 연구에서는 황색, 적색, 청색의 모든 계열 색소가 캔디류에서 검출된 것으로 보고되었다. 이는 본 연구와 달리 기존 연구가 휴게음식점이 아닌 시중 유통 중인 캔디류를 대상으로 수행된 점에서 기인한 차이로 판단된다.

본 연구에서, B2, G3, R102, R2는 모든 시료에서 검출되지 않았다. B2는 온도, pH, 광선에 민감하며, 색의 안정성이 낮아 다른 색소에 비해 사용 빈도가 낮은 것으로 보고되고 있다[31,32]. G3는 가격이 비싸고 흡습성이 높아 단일 색소로는 사용 빈도가 낮은 것으로 알려져 있다[33]. 또한, R2와 R102는 발암성과 같은 안전성 문제가 지속적으로 제기되어 식품에 사용 빈도가 낮은 것으로 판단된다[34].

식품의약품안전평가원의 보고서[26]에 따르면, 타르색소의 사용 빈도는 Y4, B1, R40, Y5의 순으로 높았으며 G3는 사용 빈도가 전혀 없는 색소로 보고되었다. 이는 본 연구에서도 가장 많이 검출된 상위 3개의 색소(B1, R40, Y4)

Table 4. Linearity, limit of detection (LOD), limit of quantitation (LOQ), and variation of tar colors

Analytes	B1	G3	B2	R3	R40	Y5	R102	R2	Y4
Linearity (R^2)	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9998	0.9999	0.9990	0.9999
LOD (mg/kg)	0.03	0.02	0.05	0.04	0.03	0.06	0.06	0.03	0.03
LOQ (mg/kg)	0.09	0.06	0.17	0.14	0.11	0.19	0.18	0.11	0.09
Variation (C.V.[1)], %)	0.86	0.70	0.26	0.67	0.26	1.05	0.51	0.59	0.20

[1)]C.V.: Coefficient of variation.

Table 5. Detection and violations of tar colors in desserts

Food types	No. of samples	No. of detected	No. of undetected	No. of violated	Detection rate (%)
Macaron	26	25	1	1	96.15
Meringue cookie	24	14	10	1	58.33
Cake	17	13	4	-	76.47
Drink	20	7	13	-	35.00
Candy	13	N.D.[1)]	13	-	-
Total	100	59	41	2	59.00[2)]

[1)]N.D.: Not detected.
[2)]Average detection rate.

Table 6. Distribution of detected tar colors in desserts

Food types	B1	G3	B2	R3	R40	Y5	R102	R2	Y4
Macaron	15	N.D.	N.D.	7	9	10	N.D.	N.D.	14
Meringue cookie	10	N.D.	N.D.	8	11	7	N.D.	N.D.	8
Cake	11	N.D.	N.D.	6	8	3	N.D.	N.D.	5
Drink	6	N.D.	N.D.	N.D.	1	N.D.	N.D.	N.D.	1
Candy	N.D.[1)]	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Total	42	-	-	21	29	20	-	-	28

[1)]N.D.: Not detected.

Table 7. The concentration of tar colors in desserts

Food types Tar colors	Concentration (mg/kg)					
	Macaron	Meringue cookie	Cake	Drink	Candy	Total
B1	0.76-128.72 (29.34)[1)]	0.08-31.40 (12.18)	0.33-88.69 (20.64)	0.06-18.95 (6.24)	N.D.	0.06-128.72 (19.68)
G3	N.D.[2)]	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-
B2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-
R3	3.21-40.53 (15.24)	3.97-50.88 (18.68)	0.20-10.14 (5.82)	N.D	N.D.	0.20-50.88 (13.86)
R40	0.61-279.74 (69.07)	0.97-342.68 (88.27)	1.68-245.40 (36.22)	1.57 (1.57)	N.D.	0.61-342.68 (64.96)
Y5	8.49-563.20 (77.45)	8.43-220.00 (59.29)	0.77-5.47 (2.89)	N.D.	N.D.	0.77-563.20 (59.91)
R102	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-
R2	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	-
Y4	1.22-119.52 (45.84)	3.39-380.00 (101.12)	0.47-8.07 (3.72)	13.63 (13.63)	N.D.	0.47-380.00 (52.96)
Total	0.61-563.20 (46.99)	0.08-380.00 (56.05)	0.20-245.40 (17.55)	0.06-18.95 (6.58)	-	

[1)]Average detected concentration (mg/kg).
[2)]N.D.: Not detected.

와 부합하는 결과이며, G3가 불검출되어 일치하였다.

타르색소 함량을 분석한 결과는 Table 7에 제시하였다. 마카롱과 머랭쿠키의 평균 농도가 상대적으로 높은 반면, 불검출된 캔디류를 제외하면 음료류의 평균이 가장 낮은 수준을 보였다.

마카롱의 타르색소 함량 분포는 0.61-563.20 mg/kg로 가장 넓게 나타났다. 그 중에서도 Y5와 R40, Y4 색소가 상대적으로 높은 평균값과 함량분포를 나타내, 기존의 연구 결과와 유사한 경향을 보였다[18,28]. 머랭쿠키의 타르색소 평균 농도는 Y4, R40에서 높게 나타났고, 케이크에서는 R40에서 높았다.

타르색소 별로는 적색 계열 색소 중 R40과 황색 계열의 색소가 상대적으로 높은 함량을 보였으며, 이는 Kim 등[33]의 연구 결과와 일치하는 것으로 나타났다. R40은 열, 빛, pH 변화에 대해 상대적으로 안정적이어서 색이 쉽게 변하지 않으며, 강렬한 적색을 구현할 수 있어 디저트류에 널리 사용되고 있다[35,36]. 또한 황색 계열 색소는 수용성이 높아 다른 성분들과 잘 혼합되며, 색상이 쉽게 변질되지 않는 특성으로 인해 디저트류와 같이 시간이 지나도 색이 뚜렷해야 하는 제품에 많이 사용된다[37].

타르색소 병용 검출 결과

2종에서 5종까지의 색소 병용 검출 결과는 Table 8에 나타내었다. 병용 검출 빈도가 가장 많은 품목은 마카롱으로, 총 17건에서 색소 병용이 확인되었다. 2종 및 3종의 색소 병용은 마카롱에서 가장 많았고, 다양한 색상의 쿠키가 한 용기에 혼합되어 판매되는 머랭쿠키의 경우, 5종의 색소 병용이 가장 많은 특징을 보였다. 또한 타르색소 병용 허용 기준(0.3 g/kg)을 초과한 사례는 머랭쿠키에서 4종의 색소가 병용(0.8 g/kg)된 경우로 확인되었다. Hong 등[28]

Table 8. Types and concentrations of combined tar colors in desserts

Food types	No. of combination samples	No. of tar colors used in combination		Concentration range (mg/kg)	Average concentration (mg/kg)
Macaron	17 (26)[1)]	Two-colors mixture	9	12.20-281.00	82.42
		Three-colors mixture	4	18.30-149.30	90.43
		Four-colors mixture	3	115.00-184.80	145.00
		Five-colors mixture	1	156.50	156.50
Meringue cookie	11 (24)	Two-colors mixture	4	16.30-137.60	67.45
		Three-colors mixture	-	-	-
		Four-colors mixture	2	78.50-800.00	439.25
		Five-colors mixture	5	73.50-306.80	178.50
Cake	10 (17)	Two-colors mixture	4	3.10-245.70	65.58
		Three-colors mixture	2	9.10-23.90	16.50
		Four-colors mixture	4	18.50-98.20	49.25
		Five-colors mixture	-	-	-
Drink	1 (20)	Two-colors mixture	1	15.00	15.00
Candy	- (13)	-	-	-	-

[1)] No. of analyzed samples.

Table 9. Average daily intake of desserts by consumption groups

Food types	Average daily intake of sex (g/person/day)			Average daily intake of age (g/person/day)							High intake group (day)	
	All	Male	Female	0-5	6-11	12-18	19-29	30-49	50-64	65-	95th	99th
Snack	6.27	6.64	5.89	19.62	11.39	8.18	8.93	6.69	4.61	2.53	26.18	69.74
Cake	4.25	3.01	5.49	6.72	3.90	6.40	6.60	5.22	3.60	0.90	0	76.76
Drink	0.41	0.24	0.58	0.00	0.00	0.26	1.41	0.50	0.06	0.17	0	3.45
Candy	0.41	0.27	0.56	1.43	2.45	1.60	0.14	0.13	0.23	0.28	0	7.73

의 연구에서도 마카롱 84건 중 4건에서 병용 사용 기준을 초과한 사례가 보고되었고, Song 등[18)]은 디저트류 중 과자류의 64%에서 2종 이상의 색소가 병용 사용되었다고 보고하였다. 이처럼 다양한 색감을 강조하는 디저트류에서는 두 가지 이상의 색소를 병용하는 사례가 빈번하게 나타나며, 이에 따라 색소 간 상호작용에 의한 부작용의 상승효과 등 안전성 측면에서의 우려도 제기되고 있다[4)]. Park 등[38)]에 따르면 색소 혼합물이 세포 생존율 감소, 세포막 손상 등을 유발하며, 독성물질과의 시너지 효과에 의해 부작용이 증폭될 수 있다고 보고하였다. 식품의약품안전처의 연구보고서[17)]에서도 황색 4호와 청색 1호의 병용 조합 시 세포 독성이 현저히 증가하고, 학습 능력에 영향을 미치는 신경세포의 재생이 저해되는 것으로 나타났다. 그러나 현재까지 병용 색소에 대한 일일섭취허용량(ADI)은 설정되어 있지 않은 실정이다. 기존 연구들에서 색소 병용에 따른 안전성 문제가 제기되고 있으며, 병용 사용의 빈도가 증가하는 추세를 고려할 때, 향후 병용 색소에 대한 일일섭취허용량 설정 및 체계적인 안전성 평가가 필요할 것으로 사료된다[29)].

위해성 평가

검출된 색소의 위해성은 ADI 대비 총 EDI의 백분율로 평가하였다.

먼저 섭취군별 EDI는 Table 9에 제시하였다. 섭취량이 10 g/person/day을 초과한 군은 0-11세 연령군과 극단섭취군이였다. 섭취 경향을 살펴보면, 과자류에서는 남성이 여성보다 섭취량이 높은 반면, 그 외의 식품군에서는 여성의 섭취량이 더 높았다. 연령별로는 연령대가 높아질수록 전반적인 섭취량이 감소하는 경향을 나타냈으며, 음료류의 경우는 19-29세 연령군에서 가장 높은 섭취량을 보였다.

각 타르색소의 총 EDI는 Table 10과 같았으며, 이를 계산하기 위한 공식은 다음과 같았다.

Total EDI (mg/person/day)
=Food intake (g/person/day)
×Average contents of tar colors (mg/kg)

Table 10. Total estimated daily intake (EDI) of tar colors by consumption groups

Tar colors	Food types	Estimated daily intake (mg/person/day)											
		All	Male	Female	0-5 aged	6-11 aged	12-18 aged	19-29 aged	30-49 aged	50-64 aged	65- aged	95th[1)]	99th[2)]
B1	Snack	0.12	0.13	0.12	0.39	0.22	0.16	0.18	0.13	0.09	0.05	0.52	1.37
	Cake	0.08	0.06	0.11	0.13	0.08	0.13	0.13	0.10	0.07	0.02	0.00	1.51
	Drink	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.07
	Candy	0.01	0.01	0.01	0.03	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.15
R3	Snack	0.09	0.09	0.08	0.27	0.16	0.11	0.12	0.09	0.06	0.04	0.36	0.97
	Cake	0.06	0.04	0.08	0.09	0.05	0.09	0.09	0.07	0.05	0.01	0.00	1.06
	Drink	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05
	Candy	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
R40	Snack	0.41	0.43	0.38	1.27	0.74	0.53	0.58	0.43	0.30	0.16	1.70	4.53
	Cake	0.28	0.20	0.36	0.44	0.25	0.42	0.43	0.34	0.23	0.06	0.00	4.99
	Drink	0.03	0.02	0.04	0.00	0.00	0.02	0.09	0.03	0.00	0.01	0.00	0.22
	Candy	0.03	0.02	0.04	0.09	0.16	0.10	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.50
Y5	Snack	0.38	0.40	0.35	1.18	0.68	0.49	0.53	0.40	0.28	0.15	1.57	4.18
	Cake	0.25	0.18	0.33	0.40	0.23	0.38	0.40	0.31	0.22	0.05	0.00	4.60
	Drink	0.02	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02	0.08	0.03	0.00	0.01	0.00	0.21
	Candy	0.02	0.02	0.03	0.09	0.15	0.10	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.46
Y4	Snack	0.33	0.35	0.31	1.04	0.60	0.43	0.47	0.35	0.24	0.13	1.39	3.69
	Cake	0.23	0.16	0.29	0.36	0.21	0.34	0.35	0.28	0.19	0.05	0.00	4.07
	Drink	0.02	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01	0.07	0.03	0.00	0.01	0.00	0.18
	Candy	0.02	0.01	0.03	0.08	0.13	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.41

[1)] 95th: High intake group at 95th percentile.
[2)] 99th: High intake group at 99th percentile.

총 EDI 결과는 앞선 섭취량 경향과 유사한 패턴을 보였다.

총 EDI가 1 mg/person/day을 초과한 사례는 주로 R40 및 황색 계열 색소에서 확인되었으며, 섭취군별로는 0-5세군과 극단섭취군에 두드러지게 분포하였다. 이는 해당 색소의 평균 농도가 상대적으로 높은 점과, 두 군의 높은 EDI 값에서 기인한 결과로 해석된다.

그룹별 평균 체중을 적용한 ADI는 Table 11에, 위해성 평가 결과는 Table 12에 제시하였다.

성별 위해도는 남자(0.00-1.33%)와 여자(0.00-1.47%)가 근소한 차이를 보였고, 연령별로는 연령대가 낮을수록 위해도가 높은 경향을 보여, 0-5세군에서 최대 17.72%로 가장 높은 수치를 나타냈다. 이는 해당 연령군의 높은 섭취량과 낮은 체중이 복합적으로 작용한 결과로 판단된다. 특이적으로 음료류에서는 19-29세의 위해도가 가장 높았는데 이는 해당 연령대의 높은 음료류 섭취량에서 기인한 결과로 해석된다.

품목별 위해도는 음료류와 캔디류에 비해 과자류(0.01-17.72%)와 케이크(0.00-17.02%)에서 상대적으로 높게 나타났는데, 이는 해당 품목들의 섭취량이 더 많기 때문으로 분석된다. 색소별 위해도는 R3가 가장 높았으며, 위해도 1%를 초과한 비율도 타 색소 대비 많이 포집되어 있었다. 이는 R3의 낮은 ADI가 주요 원인으로 사료된다.

FAO/WHO의 Food Contamination Monitoring Programme에 따르면, 평균 섭취량이 ADI의 30% 이하일 경우 해당 첨가물은 안전하다고 평가되며, 30-100% 수준에서는 일반 소비자에게는 안전할 수 있으나, 극단 섭취자와 어린이의 경우 ADI 초과 위험이 존재하는 것으로 간주된다[39]. 본 연구에서는 최대 위해도가 17% 수준으로, 디저트류를 통한 타르색소의 섭취는 안전한 수준으로 판단된다. 다만, 타르색소는 단일보다는 다양한 색소가 병용되어 사용되는 경우가 많으며, 섭취량이 상대적으로 높은 어린이 등 민감군에서 부작용 가능성을 높일 수 있다. 특히 휴게음식점은 자가품질검사 및 품목제조보고의 의무가 없으며, 소규모 운영 특성상 타르색소 사용에 대한 사전 지식이나 규제 기준 인식이 부족한 경우가 많다. 이로 인해 병용 기

Table 11. Acceptable daily intake (ADI) of tar colors by consumption groups

Tar colors	ADI (mg/kgbw /day)	ADI (mg/person/day)										
		All[1)]	Male[2)]	Female[3)]	0-5 aged[4)]	6-11 aged[5)]	12-18 aged[6)]	19-29 aged[7)]	30-49 aged[8)]	50-64 aged[9)]	65- aged[10)]	High intake group
B1	0-6	375.0	415.2	334.2	92.1	213.0	362.4	401.4	417.6	391.2	364.2	375.0
G3	0-25	1562.5	1730.0	1392.5	383.8	887.5	1510.0	1672.5	1740.0	1630.0	1517.5	1562.5
B2	0-5	312.5	346.0	278.5	76.8	177.5	302.0	334.5	348.0	326.0	303.5	312.5
R3	0-0.1	6.3	6.9	5.6	1.5	3.6	6.0	6.7	7.0	6.5	6.1	6.3
R40	0-7	437.5	484.4	389.9	107.5	248.5	422.8	468.3	487.2	456.4	424.9	437.5
Y5	0-4	250.0	276.8	222.8	61.4	142.0	241.6	267.6	278.4	260.8	242.8	250.0
R102	0-4	250.0	276.8	222.8	61.4	142.0	241.6	267.6	278.4	260.8	242.8	250.0
R2	0-0.5	31.3	34.6	27.9	7.7	17.8	30.2	33.5	34.8	32.6	30.4	31.3
Y4	0-10	625.0	692.0	557.0	153.5	355.0	604.0	669.0	696.0	652.0	607.0	625.0

[1)] ADI×62.5 kg, [2)] ADI×69.2 kg, [3)] ADI×55.7 kg, [4)] ADI×15.35 kg, [5)] ADI×35.5 kg, [6)] ADI×60.4 kg, [7)] ADI×66.9 kg, [8)] ADI×69.6 kg, [9)] ADI×65.2 kg, [10)] ADI×60.7 kg.

Table 12. Exposure assessment of tar colors in desserts

Tar colors	Food types	Total EDI/ADI (%)										
		All	Male	Female	0-5 aged	6-11 aged	12-18 aged	19-29 aged	30-49 aged	50-64 aged	65- aged	95th	99th
B1	Snack	0.03	0.03	0.03	0.42	0.11	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01	0.14	0.37
	Cake	0.02	0.01	0.03	0.14	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.40
	Drink	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
	Candy	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
R3	Snack	1.39	1.33	1.47	17.72	4.45	1.88	1.85	1.33	0.98	0.58	5.81	15.47
	Cake	0.94	0.60	1.37	6.07	1.52	1.47	1.37	1.04	0.77	0.21	0.00	17.02
	Drink	0.09	0.05	0.14	0.00	0.00	0.06	0.29	0.10	0.01	0.04	0.00	0.77
	Candy	0.09	0.05	0.14	1.29	0.96	0.37	0.03	0.03	0.05	0.06	0.00	1.71
R40	Snack	0.09	0.09	0.10	1.19	0.30	0.13	0.12	0.09	0.07	0.04	0.39	1.04
	Cake	0.06	0.04	0.09	0.41	0.10	0.10	0.09	0.07	0.05	0.01	0.00	1.14
	Drink	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05
	Candy	0.01	0.00	0.01	0.09	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
Y5	Snack	0.15	0.14	0.16	1.91	0.48	0.20	0.20	0.14	0.11	0.06	0.63	1.67
	Cake	0.10	0.07	0.15	0.66	0.16	0.16	0.15	0.11	0.08	0.02	0.00	1.84
	Drink	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.08
	Candy	0.01	0.01	0.02	0.14	0.10	0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.19
Y4	Snack	0.05	0.05	0.06	0.68	0.17	0.07	0.07	0.05	0.04	0.02	0.22	0.59
	Cake	0.04	0.02	0.05	0.23	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.01	0.00	0.65
	Drink	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
	Candy	0.00	0.00	0.01	0.05	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07

준 초과나 과도한 사용이 발생하더라도 관리·감독의 사각지대에 놓이기 쉬운 실정이다. 따라서 타르색소 병용 섭취에 대한 ADI 설정과 함께, 휴게음식점을 대상으로 한 타르색소 사용 기준 교육 및 자율점검 강화 등 주기적인 안전 관리가 필요하다고 사료된다.

국문요약

본 연구는 경남지역 휴게음식점에서 판매되는 디저트류를 대상으로 타르색소의 함량을 조사하고 위해성을 평가하고자 수행되었다. 분석 대상은 2024년 3월부터 10월까지 수거한 마카롱, 머랭쿠키, 케이크, 음료, 캔디 등 총 100건의 시료였으며, 국내 허용 타르색소 9종을 UPLC-PDA로 정량 분석하였다. 전체 평균 검출률은 59.0%였으며, 마카롱(96.2%)과 케이크(76.5%)에서 높은 검출률을 보인 반면, 캔디류에서는 타르색소가 검출되지 않았다. 평균 함량은 머랭쿠키(56.05 mg/kg)와 마카롱(46.99 mg/kg)에서 높게 나타났고, B1과 R40 색소가 가장 빈번히 검출되었다. 총 39건의 시료에서 2종에서 5종의 색소가 병용 검출되었으며, 특히 머랭쿠키에서는 병용 기준을 초과한 사례가 확인되었다. 기준 초과한 품목을 포함한 위해도 평가 결과 0.00-17.72%의 수준으로 나타나 안전한 범위 내에 있었다. 다만, 식품섭취량 자료에 마카롱, 머랭쿠키 등 특정 품목의 세부 섭취량이 포함되어 있지 않아, 이와 유사한 제품군(snack)의 평균 섭취량을 대체 자료로 활용하였다. 이에 따라 평가 결과는 실제 섭취 수준과 차이가 있을 수 있으며, 일부 섭취량은 과대 또는 과소 평가되었을 가능성이 있다. 그러나 색소 병용 사용의 빈도와 기준 초과 사례는 자가품질검사 의무가 없는 휴게음식점에서의 안전성 관리 취약성을 반영하며, 향후 이들 업소를 대상으로 한 타르색소 사용 기준 교육 및 체계적인 모니터링 등 안전 관리가 필요하다고 판단된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Minji Jo https://orcid.org/0009-0001-3913-2022
Jinyeong Tak https://orcid.org/0009-0001-6956-4029
Yunjung Huh https://orcid.org/0009-0003-1488-1662
Yeonju Choi https://orcid.org/0009-0004-5411-0325
Hanju Lee https://orcid.org/0000-0002-7043-0191
Jeonggil Park https://orcid.org/0009-0001-9784-3009
Hyejung Kim https://orcid.org/0009-0008-8280-7794

References

1. Choi, Y.J., Food and tar color. *Food Sci. Ind.* **49**, 62-69 (2016).
2. Lee, J.R., Park, H.M., Ryu, K.Y., Gang, G.G., Choi, S.Y., Cho, E.H., Cho, B.S., Kim, J.H., Safety evaluation of snacks and drinks in circulation for infants and toddlers. *J. Food Hyg. Saf.,* **38**, 99-111 (2023).
3. Kim, J.Y., A study on the usage status and awareness of tar dyes in Foods. Master's thesis, Chosun University, Gwangju, Korea (2020).
4. Yoon, M.H., Kim, K.J., Kim, J.I., Hwang, S.I., Moon, S.K., Jung, E.J., Kim, J.K., Evaluation of tar dyes used in commercial foods. *J. Food Hyg. Saf.*, **15**, 108-113 (2000).
5. Dean, B.J., Brooks, T.M., Hodson-Walker, G., Hutson, D.H., Genetic toxicology testing of 41 industrial chemicals. *Mutat. Res.*, **153**, 57-77 (1985).
6. McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., Kitchin, E., Lok, K., Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., Warner, J.O., Stevenson, J., Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lancet*, **370**, 1560-1567 (2007).
7. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, November 4). Korean food additives code. Retrieved from https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FA.
8. U.S. Food and Drug Administration (FDA), (2024, November 4). Color additive status list. Retrieved from https://www.fda.gov/industry/color-additives.
9. European Food Safety Authority (EFSA), (2024, November 4). Regulation (EC) No 1333/2008 on food additives. Retrieved from https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/food-colours?utm_source=chatgpt.com.
10. Ministry of Health, Labour and Welfare (Japan), (2024, November 4). Food tar colors (food additives - tar dyes). Retrieved from https://www.mhlw.go.jp/content/11130500/001133925.pdf.
11. Codex Alimentarius Commission, (2024, November 4). General standard for food additives (GSFA). Retrieved from https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/gsfa/en/?utm_source=chatgpt.com.
12. Takeda, H., Kiriyama, S., Difference between rats and chicks in the protective effect of dietary fiber against amaranth toxicity. *Agric. Biol. Chem*., **55**, 1299-1305 (1991).
13. Jang, J.Y., 2005. A study on the tar dyes used in foods, MFDS, Cheongju, pp. 9-27.
14. Cho, C.W., Na, Y.G., Lee, H.K., Kim, S.J., Lee, H.J., Huh, H.W., Kim, M.K., Han, M.G., 2018. Studies on the test method of tar color additives for drug products, MFDS, Cheongju, pp. 136.
15. Korea Consumer Agency, (2024, March 6). Some macaron products found non-compliant with microbial and tar dye standards. Retrieved from https://www.kca.go.kr/kca/sub.do?menukey=5084&mode=view&no=1002803070
16. Cho, S.A., Park, G.Y., Hong, C.K., Choi, Y.H., Shin, Y., Han, S.U., Chough, N.J., Qualitative and quantitative analysis of food tar colors in imported candies by HPLC. *The Report of Seoul Institute of Health & Environment,* **40**, 3-9 (2004).
17. Korea Food and Drug Administration (KFDA), 2007. Safety assessment of food additives by combined exposure: five tar food colors, KFDA, Cheongju, pp. 1-6.

18. Song, D.Y., Sim, H.M., Park, D.G., Hwang, H.Y., Lee, J.E., Kim, M.R., Yoo, H.J., Seo, J., Kim, M.J., Investigation on the use of tar color in desserts from rest area food services and microbial contamination. *The Report of Gyeongsangbuk-do Institute of Health & Environment*, **34**, 223-228 (2021).
19. The International conference on harmonization (ICH), (2024, March 6). ICH harmonised tripartite guideline, validation of analytical procedures: text and methodology Q2(R1). Retrieved from https://www.fda.gov/media/152208/download.
20. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, March 6). Validation and verification guidelines for test methods for quality control of testing inspection agencies in the food and drug field. Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_1060/view.do?seq=14813&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1.
21. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, March 6). Guidelines on standard procedures for establishing testing methods for food, etc. Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_1060/view.do?seq=12920.
22. Korea Health Industry Development Institute (KHIDI), (2024, November 1). The amount of intake by food (2021). Retrieved from https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/result10?menuId=MENU01663.
23. Korea Health Industry Development Institute (KHIDI), (2024, November 1). The national average weight (2021). Retrieved from https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/intro?menuId=MENU01650&year=2021#sub04.
24. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), (2024, March 6). Summary and conclusions. Retrieved from https://www.who.int/groups/joint-fao-who-expert-committee-on-food-additives-(jecfa)/publications.
25. Park, S.K., Hong, Y., Jung, Y.H., Lee, C.H., Yoon, H.J., Kim, S.H., Lee, J.O., Optimization of HPLC method and clean-up process for simultaneous and systematic analysis of synthetic color additives in foods. *J. Food Sci. Technol.*, **33**, 33-39 (2001).
26. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2018. Risk assessment of food additives, MFDS, Cheongju, pp. 108-120.
27. Lee, J.W., Lee, H.M., Analysis of tar color content in children's favorite foods. *Korean J. Food Preserv.*, **12**, 355-360 (2005).
28. Hong, J.B., Lee, J.B., Han, S., Lee, H.S., Safety analysis of macaron sold in Korea market. *Food Ind. Nutr.*, **24**, 29-34 (2019).
29. Korea Consumer Agency (KCA), 2013. Investigation on the operation of children's food safety zones and safety status of distributed food, KCA, Eumseong, pp. 14-35.
30. Bae, C.M., Yoo, M.J., Kim, N.S., Sim, H.Y., Shin, I.C., Han, G.S., Sim, T.H., Content and exposure assessment of tar colors in candies distributed throughout the Gangwon region. *The Report of Gangwon-do Institute of Health and Environment*, **23**, 32-43 (2012).
31. Park, S.K., Park, S.K., Lee, D.S., Method development for the sample preparation and quantitative analysis of synthetic colors in foods. *J. Food Sci. Technol.*, **36**, 893-899 (2004).
32. Kim, J.H., Kim, B.S., Oh, Y.H., Kim, K.S., Jo, T.H., Oh, S.K., Han, S.H., Lee, D.H., Studies on the stability of edible tar colors aqueous solution. *The Report of Seoul Institute of Health & Environment*, **30**, 91-94 (1993).
33. Kim, H.Y., Nam, H.S., Jung, Y.H., Lee, J.H., Ha, S.C., Tar colors in foods distributed throughout the Gyeong-In region. *J. Food Sci. Technol.*, **40**, 243-250 (2008).
34. Jo, Y.H., Ham, T.S., Safety use of coloring agent and administrative status of each country. *Food Technol*., **10**, 28-51 (1997).
35. Downham, A., Collins, P., Colouring our foods in the last and next millennium. *Int. J. Food Sci. Technol*., **35**, 5-22 (2000).
36. Sigurdson, G.T., Tang, P., Giusti, M.M., Natural colorants: food colorants from natural sources. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.,* **8**, 261-280 (2017).
37. Silva, M.M., Reboredo, F.H., Lidon, F.C., Food colour additives: a synoptical overview on their chemical properties, applications in food products, and health side effects. *Foods*, **11**, 1-2 (2022).
38. Park, M.K., Park, H.R., Kim, S.J., Kim, M.S., Kong, K.H., Kim, H.S., Gong, E.J., Kim, M.E., Kim, H.S., Lee, B.M., Lee, J.W., Risk assessment for the combinational effects of food color additives: Neural progenitor cells and hippocampal neurogenesis. *J. Toxicol. Environ. Health*, **72**, 1412-1423 (2009).
39. World Health Organization (WHO), 1985. Guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants, WHO Offset Publication, WHO, Geneva, Switzerland.