pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 41, No. 4, pp. 225~243 (2026)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2026.41.4.225

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

Review

식품용 합성색소의 국가별 관리 현황, 위해성 평가 및 최신 분석 기술 동향

이하은[1] · 장우진[1,2] · 권성우[1] · 이광원[3] · 백선정[4] · 이지현[1,2]*

[1]서울대학교 식품영양학과, [2]서울대학교 생활과학연구소,
[3]고려대학교 식품공학과, [4]한국건강기능식품협회 부설 한국기능식품연구원

Regulatory Status Across Countries, Risk Assessment, and Recent Advances in Analytical Techniques for Synthetic Food Colorants

Haeun Lee[1], Woojin Jang[1,2], Sungwoo Kwon[1], Kwang-Won Lee[3], Sun-Jung Baek[4], Jihyun Lee[1,2]*

[1]Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul, Korea
[2]The Research Institute of Human Ecology, Seoul National University, Seoul, Korea
[3]Department of Food Biotechnology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Seoul, Korea
[4]Korea Health Functional Food Association-affiliated Korea Functional Food Institute, Seongnam, Korea

(Received April 13, 2026/Revised August 7, 2026/Accepted August 12, 2026)

ABSTRACT - Synthetic food colorants are widely used in various food products owing to their cost-effectiveness and stability. This review provides a comprehensive overview of the international regulatory frameworks, analytical methods, and risk assessment of synthetic food colorants. Additionally, the import trends of nine synthetic food colorants and seven aluminum lakes approved in Korea were examined. Among these, Yellow No. 4, Blue No. 1, and Yellow No. 5 are the most frequently imported. International regulatory frameworks were compared across countries, highlighting the differences between the permitted colorants and regulatory approaches. Analytical methods are also reviewed, including conventional spectrophotometric techniques and advanced methods such as high-performance liquid chromatography with diode array detection (HPLC-DAD). Based on the 2019 risk assessment conducted by the Korean Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), the estimated daily intake (EDI) ranges from 0.0% to 4.2% of the acceptable daily intake (ADI), indicating that the current exposure levels remain within safe limits. Overall, this study integrates current scientific evidence and regulatory information to provide a foundational reference for food safety management and public health policies related to synthetic food colorants.

Key words: Synthetic food colorants, International regulation, Risk assessment, Analytical methods

착색료는 식품에 색을 부여하거나 복원시키는 식품첨가물로서, 소비자의 기호성과 식품의 시각적 품질을 향상시키는 데 중요한 역할을 한다[1]. 국내 식품첨가물공전에는 총 76품목의 착색료가 지정되어 있으며, 이들은 크게 천연색소와 합성색소로 구분된다. 식품용 합성색소는 대부분 타르색소로 구성되어 있으며, 현재 타르색소 9품목과 타르색소 알루미늄레이크 7품목을 포함하여 총 16품목이 국내에서 사용 승인되어 있다. 이러한 합성색소는 천연색소에 비해 소량으로도 우수한 발색 효과를 나타내고, 가격이 저렴하며 안정성이 높다는 장점이 있어 과자, 빵류, 당류 가공품 및 음료류 등 다양한 가공식품에 널리 사용된다[2].

타르색소는 석탄의 콜타르로부터 유래한 벤젠, 톨루엔, 나프탈렌 등을 원료로 합성된 색소로, 화학 구조에 따라 아조계(azo dye, R-N=N-R' 구조), 크산틴계(xanthene dye, benzene-pyran-benzene ring 구조), 트리페닐메탄계(triphenylmethane dye, 중간 탄소에 benzene ring 3개가 결합한 구조) 등으로 구분된다[3]. Table 1에서 제시된 바와 같이, 아조계 색소에는 식용색소적색제2호, 40호, 102호, 황색제4호 및 5호, orange B, citrus red No. 2가 포함되며, 크산틴계 색소에는 식용색소적색제3호, 104호, 105호, 106호가 해당된

*Correspondence to: Jihyun Lee, Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Seoul National University, Seoul 08826, Korea
Tel: +82-2-880-2531
E-mail: jihlee@snu.ac.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. Chemical structures and physicochemical properties of approved synthetic food colorants

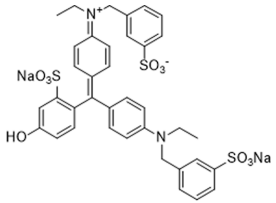
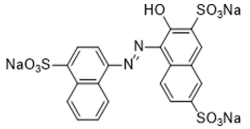
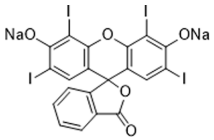
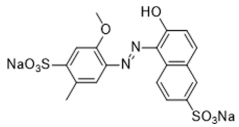
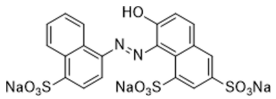
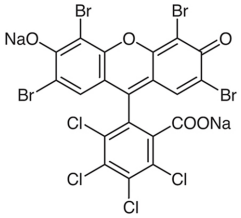
Synthetic food colorants (common name, CI[1], and FD&C[2] names)	INS No.[3]	CAS No.[4]	Chemical structure	Molecular formula	Molecular weight (g/mol)
Dye form					
Food Green No.3 (Fast green FCF; C.I. 42053; FD&C Green No. 3)	143	2353-45-9	 triphenylmethane dye	$C_{37}H_{34}N_2Na_2O_{10}S_3$	808.9
Food Red No.2 (Amaranth; C.I. 16185; FD&C Red No. 2)	123	915-67-3	 azo dye	$C_{20}H_{11}N_2Na_3O_{10}S_3$	604.5
Food Red No.3 (Erythrosine; C.I. 45430; FD&C Red No.3)	127	16423-68-0	 xanthene dye	$C_{20}H_6I_4Na_2O_5{\cdot}H_2O$	897.9
Food Red No.40 (Allura red; C.I. 16035; FD&C Red No.40)	129	25956-17-6	 azo dye	$C_{18}H_{14}N_2Na_2O_8S_2$	496.4
Food Red No.102 (New coccine; Ponceau 4R; C.I. 16255)	124	2611-82-7	 azo dye	$C_{20}H_{11}N_2Na_3O_{10}S_3.1½H_2O$	631.5
Food Red No.104 (Phloxine; C.I. 45410; D&C Red No.28)	-[5]	18472-87-2	 xanthene dye	$C_{20}H_2Br_4Cl_4Na_2O_5$	829.6

Table 1. (Continued) Chemical structures and physicochemical properties of approved synthetic food colorants

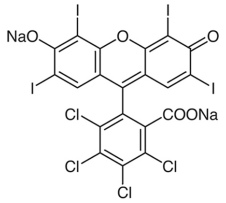
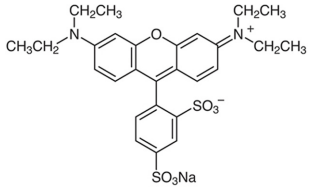
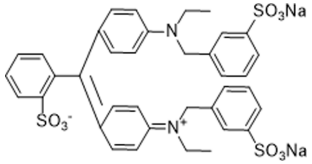
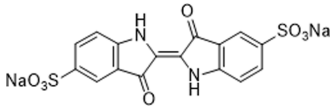
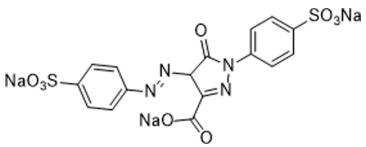
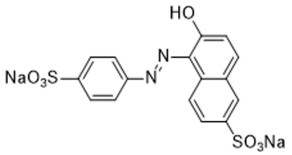
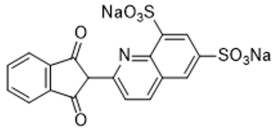
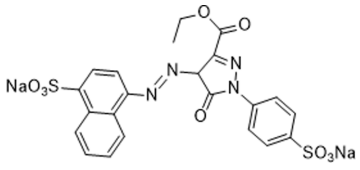
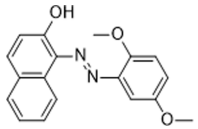
Synthetic food colorants (common name, CI[1], and FD&C[2] names)	INS No.[3]	CAS No.[4]	Chemical structure	Molecular formula	Molecular weight (g/mol)
Food Red No.105 (Rose Bengal; C.I. 45440)	-	11121-48-5	 xanthene dye	$C_{20}H_2Cl_4I_4Na_2O_5$	1017.6
Food Red No.106 (Acid Red 52; C.I. 45100)	-	3520-42-1	 xanthene dye	$C_{27}H_{29}N_2NaO_7S_2$	580.7
Food Blue No.1 (Brilliant blue FCF; C.I. 42090; FD&C Blue No.1)	133	3844-45-9	 triphenylmethane dye	$C_{37}H_{34}N_2Na_2O_9S_3$	792.9
Food Blue No.2 (Indigo Carmine; Indigotine; C.I. 73015; FD&C Blue No.2)	132	860-22-0	 indigoid dye	$C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$	466.4
Food Yellow No.4 (Tartrazine; C.I. 19140; FD&C Yellow No.5)	102	1934-21-0	 azo dye	$C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$	534.4
Food Yellow No.5 (Sunset yellow FCF; C.I. 15985; FD&C Yellow No.6)	110	2783-94-0	 azo dye	$C_{16}H_{10}N_2Na_2O_7S_2$	452.4

Table 1. (Continued) Chemical structures and physicochemical properties of approved synthetic food colorants

Synthetic food colorants (common name, CI[1], and FD&C[2] names)	INS No.[3]	CAS No.[4]	Chemical structure	Molecular formula	Molecular weight (g/mol)
Food Yellow No.203 (Quinoline yellow; C.I. 47005; D&C Yellow No.10)	104	8004-92-0	 quinophthalone dye	$C_{18}H_9NNa_2O_8S_2$	477.4
Orange B (Orange B; C.I. 19235)	-	15139-76-1	 azo dye	$C_{22}H_{16}N_4Na_2O_9S_2$	590.5
Citrus Red No.2 (Citrus Red No.2; C.I. 12156)	121	6358-53-8	 azo dye	$C_{18}H_{16}N_2O_3$	308.3
Aluminum lake form					
Food Green No.3 Aluminum Lake	-	977011-88-3	-	complex with $Al(OH)_3$	-
Food Red No.2 Aluminum Lake	-	-	-	complex with $Al(OH)_3$	-
Food Red No.40 Aluminum Lake	-	977154-53-2	-	complex with $Al(OH)_3$	-
Food Blue No.1 Aluminum Lake	-	68921-42-6	-	complex with $Al(OH)_3$	-
Food Blue No.2 Aluminum Lake	-	16521-38-3	-	complex with $Al(OH)_3$	-
Food Yellow No.4 Aluminum Lake	-	2237234-84-1	-	complex with $Al(OH)_3$	-
Food Yellow No.5 Aluminum Lake	-	15790-07-5	-	complex with $Al(OH)_3$	-
Food Yellow No.203 Aluminum Lake	-	94803-32-4	-	complex with $Al(OH)_3$	-

[1]C.I.: Colour index.
[2]FD&C: Federal food, drug, and cosmetic act.
[3]INS No.: International numbering system for food additives.
[4]CAS No.: Chemical abstracts service registry number.
[5]-: No data.

다. 또한 트리페닐메탄계 색소에는 식용색소녹색제3호와 청색제1호가 포함된다. 타르색소 알루미늄레이크는 합성색소를 알루미늄 수산화물 기질에 금속염 형태로 침전시켜 제조한 복합체로, 수용성 색소를 지용성 형태로 전환함으로써 고지방 또는 분말 식품에서의 분산성과 안정성을 향상시킨다[4].

합성색소는 식품의 외관을 개선하고 소비자 선호를 높이는 데 기여하지만, 동시에 엄격한 안전성 관리가 요구되는 첨가물이다. 이에 따라 국내 식품의약품안전처와 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/World Health Organization (WHO) 합동 식품첨가물 전문가위원회(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)는 색소별 일일섭취허용량(acceptable daily intake, ADI)을 설정하여 관리하고 있다. 최근 국제 규제 동향을 살펴보면, 미국 Food and Drug Administration (FDA)은 일부 합성색소의 사용을 제한하거나 재평가하는 등 보다 보수적인 접근을 취하고 있으며, 기존에 승인된 일부 타르색소의 사용 축소 방침 또한 제시하고 있다[5-7].

따라서 본 연구에서는 최근 변화하는 국제 규제 환경에 대응하여 식품용 합성색소의 국내외 관리 현황, 최신 분석 기법, 그리고 위해성 평가를 체계적으로 고찰하고자 한다. 이를 위해 수용성 합성색소뿐만 아니라 알루미늄레이크의 특성 및 국내 사용·수입 현황을 분석하고, 식품 내 함량과 연령별 섭취량을 ADI와 비교하여 평가하였다. 본 연구는 향후 식품첨가물 기준 및 규격의 재설정에 필요한 과학적 근거를 제공하고, 합성색소에 대한 이해를 제고함으로써 식품 안전에 대한 신뢰 확보에 기여할 것으로 기대된다.

합성색소의 국내외 지정 및 관리 현황

합성색소의 주요 외국 지정 현황

각 국가 및 기관별 사용이 허용된 식품용 합성색소의 지정 현황은 Table 2에 제시하였다[8-14]. 국내 사용 승인된 합성색소는 총 16품목으로 이 중 9품목은 타르색소이며 7품목은 타르색소 알루미늄레이크에 해당한다. 국가 및 기관별로 허용된 합성색소는 일부 차이를 보였으나, 식용색소적색제40호, 청색제1호 및 2호, 황색제4호 및 5호는 한국, 일본, 중국, CODEX, 유럽, 미국 및 호주에서 모두 사용이 허용된 공통 품목으로 확인되었다. 반면, 국내에서는 사용이 가능하지만 일부 국가에서 사용이 제한된 색소로는 녹색제3호(중국, 유럽), 적색제2호 및 3호(미국), 적색제102호(중국, 미국)가 있었다.

이와 반대로, 주요 외국에서는 사용이 허용되지만 국내에서 사용이 불가한 품목으로는 적색제104호, 105호, 106호, 황색제203호, orange B, citrus red No. 2, 적색제3호 알루미늄레이크 및 황색제203호 알루미늄레이크가 포함되었다. 이러한 결과는 국가별로 허용 품목과 명칭 체계가 상이함을 보여주며, 합성색소 또는 이를 사용한 식품의 수출입 시 각 국가의 규정을 면밀히 검토할 필요가 있음을 시사한다.

Table 2. Regulatory status of synthetic food colorants (dyes and aluminum lakes) in Korea and other countries

Synthetic food colorants	Korea[8]	Japan[9]	China[10]	CODEX[11]	EU[12]	US[13]	Australia[14]
Dye form							
Food Green No.3	O[1]	O	N/A[2]	O	N/A	O	O
Food Red No.2	O	O	O	O	O	N/A	O
Food Red No.3	O	O	O	O	O	N/A	O
Food Red No.40	O	O	O	O	O	O	O
Food Red No.102	O	O	N/A	O	O	N/A	O
Food Red No.104	N/A	O	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Food Red No.105	N/A	O	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Food Red No.106	N/A	O	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Food Blue No.1	O	O	O	O	O	O	O
Food Blue No.2	O	O	O	O	O	O	O
Food Yellow No.4	O	O	O	O	O	O	O
Food Yellow No.5	O	O	O	O	O	O	O
Food Yellow No.203	N/A	N/A	O	O	O	N/A	O
Orange B	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	O	N/A
Citrus Red No.2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	O	N/A

Table 2. (Continued) Regulatory status of synthetic food colorants (dyes and aluminum lakes) in Korea and other countries

Synthetic food colorants	Korea[8)]	Japan[9)]	China[10)]	CODEX[11)]	EU[12)]	US[13)]	Australia[14)]
Aluminum lake form							
Food Green No.3 Aluminum Lake	O	O	N/A	Y[3)]	N/A	N/A	N/A
Food Red No.2 Aluminum Lake	O	O	O	Y	O	N/A	N/A
Food Red No.3 Aluminum Lake	N/A	O	O	Y	O	N/A	N/A
Food Red No.40 Aluminum Lake	O	O	O	Y	O	N/A	N/A
Food Red No.102 Aluminum Lake	N/A	N/A	N/A	Y	O	N/A	N/A
Food Blue No.1 Aluminum Lake	O	O	O	Y	O	N/A	N/A
Food Blue No.2 Aluminum Lake	O	O	O	Y	O	N/A	N/A
Food Yellow No.4 Aluminum Lake	O	O	O	Y	O	N/A	N/A
Food Yellow No.5 Aluminum Lake	O	O	O	Y	O	N/A	N/A
Food Yellow No.203 Aluminum Lake	N/A	N/A	O	Y	O	N/A	N/A

[1)]O: Permitted.
[2)]N/A: Not applicable.
[3)]Y: Specifications explicitly allow conversion to the corresponding aluminum lake.

국내 합성색소의 사용 기준

국내 식품첨가물공전에 명시된 합성색소의 사용 가능 식품을 정리한 결과는 Table 3과 같다[8)]. 대부분의 가공식품군(과자, 음료, 빵, 소스 등)에서는 합성색소 및 알루미늄 레이크의 사용이 허용되어 있었으며, 만두류, 코코아 제품, 식물성 오일 등 일부 식품에서는 특정 색소의 사용이 추가적으로 허용되었다. 이를 통해 합성색소는 국내 다양한 식품군에 적용되고 있으며, 특히 과자, 사탕, 껌, 아이스크림 등과 같은 디저트류에서 활발히 사용되고 있음을 확인할 수 있다. 이는 색상이 소비자의 기호성에 중요한 영향을 미치기 때문으로 판단된다.

Table 3. Positive list of synthetic food colorants permitted for use in Korea

Synthetic food colorants	Positive list[8)]
Dye form	
Food Green No.3	Snacks, candies, ice creams, breads, rice cakes, chocolates, sausages, fish sausages, beverages, spices, pickles, alcohols, processed products, healthy foods
Food Red No.2	Snacks, rice cakes, sausages, beverages, spices, pickles, alcohols, vegetable oils, instant foods, processed products, healthy foods
Food Red No.3	Snacks, candies, gums, ice creams, breads, rice cakes, dumplings, chocolates, jams, sugars, taffies, sausages, fish sausages, beverages, spices, pickles, alcohols, instant foods, processed products, healthy foods, coffee
Food Red No.40	Snacks, candies, gums, ice creams, breads, rice cakes, chocolates, jams, sugars, taffies, sugar syrups, sausages, fish sausages, beverages, spices, sauces, pollock roes, pickles, alcohols, instant foods, processed products, healthy foods, coffee
Food Red No.102	Snacks, gums, rice cakes, dumplings, cocoa products, sausages, beverage-based products, spices, pollock roes, pickles, alcohols, processed products, healthy foods
Food Blue No.1	Snacks, candies, gums, ice creams, breads, rice cakes, dumplings, chocolates, jams, sugars, taffies, sugar syrups, sausages, fish sausages, beverages, spices, sauces, pollock roes, pickles, alcohols, vegetable oils, instant foods, processed products, healthy foods, coffee
Food Blue No.2	Snacks, candies, gums, ice creams, breads, rice cakes, chocolates, jams, sugars, sausages, fish sausages, beverages, spices, pickles, alcohols, processed products, healthy foods
Food Yellow No.4	Snacks, candies, gums, ice creams, breads, rice cakes, dumplings, chocolates, jams, sugars, taffies, sugar syrups, sausages, fish sausages, beverages, spices, sauces, pollock roes, pickles, alcohols, vegetable oils, instant foods, processed products, healthy foods, coffee
Food Yellow No.5	Snacks, candies, gums, ice creams, breads, rice cakes, dumplings, chocolates, jams, sugars, taffies, sugar syrups, sausages, fish sausages, beverages, spices, sauces, pollock roes, pickles, alcohols, vegetable oils, instant foods, processed products, healthy foods

Table 3. (Continued) Positive list of synthetic food colorants permitted for use in Korea

Synthetic food colorants	Positive list[8)]
Aluminum lake form	
Food Green No.3 Aluminum Lake	Snacks, candies, ice creams, breads, rice cakes, chocolates, sausages, fish sausages, beverages, spices, pickles, alcohols, processed products, healthy foods
Food Red No.2 Aluminum Lake	Snacks, rice cakes, sausages, beverages, spices, pickles, alcohols, vegetable oils, instant foods, processed products, healthy foods
Food Red No.40 Aluminum Lake	Snacks, candies, gums, ice creams, breads, rice cakes, chocolates, jams, sugars, taffies, sugar syrups, sausages, fish sausages, beverages, spices, sauces, pollock roes, pickles, alcohols, instant foods, processed products, healthy foods, coffee, vegetable oils
Food Blue No.1 Aluminum Lake	Snacks, candies, gums, ice creams, breads, rice cakes, dumplings, chocolates, jams, sugars, taffies, sugar syrups, sausages, fish sausages, beverages, spices, sauces, pollock roes, pickles, alcohols, vegetable oils, instant foods, processed products, healthy foods
Food Blue No.2 Aluminum Lake	Snacks, candies, gums, ice creams, breads, rice cakes, chocolates, jams, sugars, sausages, fish sausages, beverages, spices, pickles, alcohols, processed products, healthy foods
Food Yellow No.4 Aluminum Lake	Snacks, candies, gums, ice creams, breads, rice cakes, dumplings, chocolates, jams, sugars, taffies, sugar syrups, sausages, fish sausages, beverages, spices, sauces, pollock roes, pickles, alcohols, vegetable oils, instant foods, processed products, healthy foods
Food Yellow No.5 Aluminum Lake	Snacks, candies, gums, ice creams, breads, rice cakes, dumplings, chocolates, jams, sugars, taffies, sugar syrups, sausages, fish sausages, beverages, spices, sauces, pollock roes, pickles, alcohols, vegetable oils, instant foods, processed products, healthy foods

Table 4. Import volumes of approved synthetic food colorants in Korea over five years (2020-2024) (Unit: kg)

Synthetic food colorants	2020[15)]	2021[16)]	2022[17)]	2023[18)]	2024[19)]	Total
Dye form						
Food Green No.3	-[1)]	-	-	-	-	-
Food Red No.2	2,980	1,600	1,960	600	2,500	9,640
Food Red No.3	1,028	1,098	1,030	1,960	500	5,616
Food Red No.40	3,975	4,834	2,762	4,645	4,004	20,220
Food Red No.102	1,002	500	500	1,001	1,001	4,004
Food Blue No.1	4,186	5,005	4,126	4,626	5,938	23,881
Food Blue No.2	260	-	-	100	2,040	2,400
Food Yellow No.4	14,719	9,290	10,155	10,785	11,476	56,425
Food Yellow No.5	6,374	6,289	6,149	4,444	5,918	29,174
Aluminum lake form						
Food Green No.3 Aluminum Lake	-	-	-	-	-	-
Food Red No.2 Aluminum Lake	-	-	-	-	-	-
Food Red No.40 Aluminum Lake	204	305	109	349	180	1,147
Food Blue No.1 Aluminum Lake	664	-	249	264	240	1,417
Food Blue No.2 Aluminum Lake	210	310	160	160	160	1,000
Food Yellow No.4 Aluminum Lake	664	480	514	184	460	2,302
Food Yellow No.5 Aluminum Lake	364	-	280	184	180	1,008

[1)]-: No data.

국내 합성색소의 사용 현황

규제 기준과 실제 사용 양상 간의 차이를 파악하기 위해 국내 합성색소의 사용 현황을 분석하였다. 최근 5년간(2020-2024년) 국내 사용 승인된 합성색소의 수입량은 Table 4에 제시하였으며, 식품의약품안전처의 '식품 및 식품첨가물 생산실적'과 '수입식품 등 검사연보'를 기반으로 생산 및 수입 현황을 정리하였다[15-19]. 분석 결과, 국내에서 사용되는 합성색소는 모두 해외에서 수입되고 있었으며, 일부 품목(식용색소녹색제3호 및 그 알루미늄레이크, 적색제2호 알루미늄레이크, 적색제102호)은 생산 및 수입 실적이 없어 실제 사용이 제한적인 것으로 나타났다. 최근 5년간 누적 수입량 기준으로는 황색제4호, 황색제5호, 청색제1호의 수입량이 가장 많았으며, 전반적으로 알루미늄레이크보다 수용성 합성색소의 수입 비중이 높은 것으로 나타났다. 알루미늄레이크의 경우에도 황색제4호, 청색제1호, 적색제40호 순으로 수입량이 많아, 전체 합성색소의 수입 경향과 유사한 양상을 보였다.

합성색소의 분석법

합성색소의 국가 및 기관별 성분규격 시험법(확인시험법, 정량시험법)

합성색소를 식품에 적용하기 위해서는 사용 전에 해당 색소가 각 국가 및 기관의 식품첨가물공전에 규정된 성분규격에 적합한지 확인하는 절차가 필요하다. 이에 따라 국가 및 기관별 합성색소의 확인시험법과 정량시험법을 비교·정리한 결과를 Table 5에 제시하였다[8-14].

확인시험법의 경우, CODEX를 제외한 대부분의 국가에서는 합성색소를 수용액 상태에서의 색, 극대흡수부 파장, 침전 여부를 기준으로 구분하였다. 반면, CODEX에서는 용해도와 흡광도를 이용하여 색소를 구분하였다. 알루미늄레이크의 확인시험법은 한국, 일본, 중국에서 주로 알루미늄염 반응(침전 또는 색 변화), 극대흡수부 파장, 침전 반응을 통해 수행되었다. CODEX에서는 용해도와 극대흡수부 파장을 활용하였으며, 유럽에서는 극대흡수부 파장만을 기준으로 확인시험을 수행하였다.

정량시험법의 경우, CODEX와 유럽을 제외한 대부분의 국가에서는 삼염화티탄 적정법을 이용하여 색소 함량을 정량하였다. 반면, CODEX와 유럽에서는 일부 색소에 한해 삼염화티탄법을 적용하고, 대부분의 색소는 흡광도 측정을 기반으로 정량하였다. 알루미늄레이크 또한 유사한 경향을 보여, 한국, 일본, 중국에서는 삼염화티탄 적정법이 주로 사용된 반면, CODEX와 유럽에서는 흡광도 기반 정량법이 적용되는 것으로 나타났다.

식품 중 합성색소의 분석 방법

합성색소의 활용을 위해서는 색소 자체의 성분규격 시험뿐만 아니라, 실제 식품에 첨가된 합성색소를 대상으로 한 분석법의 확립이 필수적이다. 식품 매트릭스는 조성이 복잡하므로 분석에 앞서 추출, 분리 및 정제 과정이 선행되어야 하며, 이후 다양한 방법을 통해 정량 분석이 수행된다.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC)는 식품첨가물공전에 수록된 방법을 기반으로, 식품으로부터 분리된 합성색소를 삼염화티탄 적정법으로 정량하는 공인 분석법을 제시하고 있다[20]. 또한 미국 FDA는 다양한 식품 및 화장품 매트릭스에서 추출된 합성색소를 high-performance liquid chromatography with diode array detection (HPLC-DAD)으로 분석하는 방법을 제시하고 있다[21].

이외에도 공인법은 아니지만 HPLC, liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS), 흡광도 분석, capillary electrophoresis (CE) 등 다양한 분석 기법이 활용되고 있으며, 이를 Table 6에 정리하였다[22-28]. 활용 빈도를 살펴보면 HPLC, LC-MS, CE 순으로 연구가 가장 활발히 수행되고 있다.

HPLC가 가장 널리 활용되는 이유는 합성색소가 가시광선 영역에서 강한 흡광 특성을 나타내어 UV-Vis 또는 DAD 검출기를 이용한 정량이 직관적이고 경제적이기 때문이다. 그러나 식품 매트릭스가 복잡할수록 간섭 물질에 의해 선택성과 민감도가 저하되는 한계가 있으며, 이를 보완하기 위해 LC-MS가 활용된다. 합성색소는 극성을 가지므로 LC-MS 분석 시 전기분무 이온화(electrospray ionization, ESI) 효율이 높고, 주로 음이온 모드에서 높은 감도를 나타낸다.

또한 capillary electrophoresis (CE)는 하전 입자의 이동속도 차이를 이용하여 합성색소를 분리할 수 있어, 복잡한 식품 매트릭스에서 유용한 분석 기법으로 활용된다[29]. 이와 같이 식품 내 합성색소의 함량 모니터링 및 위해성 평가를 위해 다양한 개별 분석 기법이 개발되고 있으며, 다성분 동시 분석을 위한 방법 또한 지속적으로 연구되고 있다[30].

합성색소의 식품 내 함량 모니터링 및 위해성 평가

합성색소의 식품 내 함량 모니터링 결과

합성색소의 분석법 개발과 더불어, 식품 내 함량을 정량하고 이를 기반으로 실제 섭취량을 추정하는 것은 위해성 평가에 있어 중요하다. 최근 10년(2015-2025년) 동안 국내외 주요국을 대상으로 식품군별 합성색소의 검출률과 함량을 분석한 결과를 Table 7에 제시하였다[31-37]. 분석 결과, 합성색소는 국내외 모두에서 디저트류와 음료류에서 높은 검출률을 보였다. 식품 내 합성색소 분석에는 주로 HPLC-DAD가 활용되었으며, 검출량이 높은 식품군에서는 mg/kg (ppm) 수준으로 색소가 검출되었다. 색소별 함량을

Table 5. Official methods for (A) identification and (B) quantification of synthetic food colorants

(A)

Synthetic food colorants	Korea[8)]	Japan[9)]	China[10)]	CODEX[11)]	EU[12)]	US[13)]	Australia[14)]
Dye form							
Food Green No.3	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	N/A[1)]	Solubility Spectrophotometry	N/A	Spectrophotometry	-[2)]
Food Red No.2	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Solubility Colouring matters	Spectrophotometry	N/A	-
Food Red No.3	Colorimetry Spectrophotometry Precipitation test	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Solubility Spectrophotometry	Spectrophotometry	Spectrophotometry Precipitation test	-
Food Red No.40	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Solubility Spectrophotometry	Spectrophotometry	Spectrophotometry	-
Food Red No.102	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	N/A	N/A	Spectrophotometry	N/A	-
Food Blue No.1	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Solubility Spectrophotometry	Spectrophotometry	Spectrophotometry	-
Food Blue No.2	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Solubility Spectrophotometry	Spectrophotometry	Spectrophotometry	-
Food Yellow No.4	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Solubility Spectrophotometry	Spectrophotometry	Spectrophotometry	-
Food Yellow No.5	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Colorimetry Spectrophotometry	Solubility Colour test Colouring matters, identification	Spectrophotometry	Spectrophotometry	-
Aluminum lake form							
Food Green No.3 Aluminum Lake	Colorimetry Spectrophotometry Precipitation test Aluminum salt reaction	Spectrophotometry Aluminum salt reaction	N/A	Solubility Identification of colouring matters	N/A	N/A	N/A
Food Red No.2 Aluminum Lake	Colorimetry Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Colorimetry Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Solubility Identification of colouring matters	Spectrophotometry	N/A	N/A
Food Red No.40 Aluminum Lake	Colorimetry Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Colorimetry Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Solubility Identification of colouring matters	Spectrophotometry	N/A	N/A
Food Blue No.1 Aluminum Lake	Colorimetry Spectrophotometry Precipitation test Aluminum salt reaction	Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Colorimetry Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Solubility Identification of colouring matters	Spectrophotometry	N/A	N/A
Food Blue No.2 Aluminum Lake	Colorimetry Spectrophotometry Precipitation test Aluminum salt reaction	Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Colorimetry Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Solubility Identification of colouring matters	Spectrophotometry	N/A	N/A
Food Yellow No.4 Aluminum Lake	Colorimetry Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Colorimetry Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Solubility Identification of colouring matters	Spectrophotometry	N/A	N/A
Food Yellow No.5 Aluminum Lake	Colorimetry Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Colorimetry Spectrophotometry Aluminum salt reaction	Solubility Identification of colouring matters	Spectrophotometry	N/A	N/A

Table 5. (Continued) Official methods for (A) identification and (B) quantification of synthetic food colorants

(B)

Synthetic food colorants	Korea[8)]	Japan[9)]	China[10)]	CODEX[11)]	EU[12)]	US[13)]	Australia[14)]
Dye form							
Food Green No.3	Titanium(III) Chloride Method (2)	Titanium(III) Chloride Method (2)	N/A[1)]	Spectrophotometry	N/A	Spectrophotometry $TiCl_3$ Titration	-[2)]
Food Red No.2	Titanium(III) Chloride Method (1)	Titanium(III) Chloride Method (1)	Titanium(III) Chloride Method (1)	Titration with Titanous Chloride	Spectrophotometry	N/A	-
Food Red No.3	Mass Method (2)	Mass Method (2)	Spectrophotometry Gravimetric method	Spectrophotometry	Spectrophotometry	Spectrophotometry Gravimetric method	-
Food Red No.40	Titanium(III) Chloride Method (1)	Titanium(III) Chloride Method (1)	Titanium(III) Chloride Method (1)	Spectrophotometry	Spectrophotometry	Spectrophotometry $TiCl_3$ Titration	-
Food Red No.102	Titanium(III) Chloride Method (1)	Titanium(III) Chloride Method (1)	N/A	N/A	Spectrophotometry	N/A	-
Food Blue No.1	Titanium(III) Chloride Method (2)	Titanium(III) Chloride Method (2)	Titanium(III) Chloride Method (2)	Spectrophotometry	Spectrophotometry	Spectrophotometry $TiCl_3$ Titration	-
Food Blue No.2	Titanium(III) Chloride Method (2)	Titanium(III) Chloride Method (2)	Titanium(III) Chloride Method (2)	Spectrophotometry	Spectrophotometry	Spectrophotometry $TiCl_3$ Titration	-
Food Yellow No.4	Titanium(III) Chloride Method (3)	Titanium(III) Chloride Method (3)	Titanium(III) Chloride Method (3)	Spectrophotometry	Spectrophotometry	Spectrophotometry $TiCl_3$ Titration	-
Food Yellow No.5	Titanium(III) Chloride Method (1)	Titanium(III) Chloride Method (1)	Titanium(III) Chloride Method (1)	Titration with Titanous Chloride	Spectrophotometry	Spectrophotometry $TiCl_3$ Titration	-
Aluminum lake form							
Food Green No.3 Aluminum Lake	Aluminum Lake Tests (2)	Aluminum Lake Tests (1)	N/A	Spectrophotometry	N/A	N/A	N/A
Food Red No.2 Aluminum Lake	Aluminum Lake Tests (1)	Aluminum Lake Tests (1)	Aluminum Lake Tests (1)	Spectrophotometry	Spectrophotometry	N/A	N/A
Food Red No.40 Aluminum Lake	Aluminum Lake Tests (1)	Aluminum Lake Tests (1)	Aluminum Lake Tests (1)	Spectrophotometry	Spectrophotometry	N/A	N/A
Food Blue No.1 Aluminum Lake	Aluminum Lake Tests (2)	Aluminum Lake Tests (2)	Aluminum Lake Tests (2)	Spectrophotometry	Spectrophotometry	N/A	N/A
Food Blue No.2 Aluminum Lake	Aluminum Lake Tests (2)	Aluminum Lake Tests (2)	Aluminum Lake Tests (2)	Spectrophotometry	Spectrophotometry	N/A	N/A
Food Yellow No.4 Aluminum Lake	Aluminum Lake Tests (3)	Aluminum Lake Tests (3)	Aluminum Lake Tests (3)	Spectrophotometry	Spectrophotometry	N/A	N/A
Food Yellow No.5 Aluminum Lake	Aluminum Lake Tests (1)	Aluminum Lake Tests (1)	Aluminum Lake Tests (1)	Spectrophotometry	Spectrophotometry	N/A	N/A

[1)]N/A: Not applicable.

[2)]-: No data.

Table 6. Comparison of analytical methods for synthetic food colorants in various food matrices

Methods	Synthetic food colorants	Food matrix	Ref.
HPLC-DAD[1)]	Food Red No.2, No.3, No.40, No.102, Food Yellow No.5	soft drinks	(22)
LC-MS[2)]	Food Red No.3, No.40, No.102 Food Yellow No.4, No.5	animal feed and meat	(23)
LC-MS/MS[3)]	Food Red No.2, No.3, No.40 Food Blue No.1 Food Yellow No.4, No.5	wines, soft drinks	(24)
Spectrophotometry	Food Red No.40 Food Yellow No.4, No.5	solid foods, liquid beverages	(25)
Capillary electrophoresis	Food Red No.2, No.3, No.102	syrup	(26)
Surface-enhanced Raman scattering	Food Yellow No.4, No.5 Food Blue No.1	powder	(27)
Differential pulse voltammetry	Food Blue No.1 Food Yellow No.4, No.5	beverages, jellies, candies, condiments, icings, syrups	(28)

[1)]HPLC-DAD: High-performance liquid chromatography with diode-array detection.
[2)]LC-MS: Liquid chromatography-mass spectrometry.
[3)]LC-MS/MS: Liquid chromatography-tandem mass spectrometry.

비교한 결과, 전반적으로 식용색소황색제4호, 황색제5호, 적색제40호의 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 식품군별 평균 함량은 대부분 국가에서 허용 기준치 이내로 확인되었으나, 튀르키예의 일부 연구에서는 특정 식품이 EU 기준을 초과한 사례가 보고되었다[31-37]. 또한 국가 간 비교에서는 미국의 식품에서 합성색소 검출량이 상대적으로 높게 나타났으며, 이는 다른 국가들이 최대 허용량 기준을 적용하는 것과 달리 미국은 good manufacturing practice (GMP) 수준으로 사용량을 관리하기 때문으로 해석된다[37]. 한편, 합성색소는 식품뿐만 아니라 비타민 보조제 및 의약품에도 사용되므로, 이러한 제품군을 포함한 노출 평가 연구도 함께 수행되고 있다[38].

합성색소의 일일섭취허용량 및 일일추정섭취량

국내외 주요국의 합성색소 일일섭취허용량(ADI)과 일일추정섭취량(estimated daily intake, EDI)을 Table 8에 정리하였다[39-51]. ADI의 경우, JECFA와 주요국 간에 전반적으로 유사한 수준을 보였다. 색소별로는 식용색소적색제2호와 3호의 ADI가 0.05-0.5 mg/kg bw/day로 가장 낮았으며, 식용색소녹색제3호는 약 25 mg/kg bw/day로 가장 높은 값을 나타냈다.

EDI는 국가별로 큰 차이를 보였으며, 이는 산정 방법의 차이에 기인한 것으로 판단된다. 국내의 경우 실측 기반 모니터링 자료를 활용하여 EDI를 산정한 반면, EU는 식품별 최대 허용 기준과 데이터베이스 자료를 기반으로 EDI를 추정하였다. 이러한 차이로 인해 조사 범위 및 연령 구분에도 차이가 발생하였으며, 전반적으로 유럽의 EDI가 다른 국가에 비해 높은 경향을 보였다. 색소별로는 식용색소황색제4호, 황색제5호, 적색제40호의 EDI가 상대적으로 높은 것으로 나타났으며, 이는 식품 내 함량 모니터링 결과와 유사한 경향이었다.

연령대별로는 국가 간 차이가 존재하였으나, 전반적으로 유아 및 청소년층에서 EDI가 높은 경향을 보였다. 이는 합성색소가 디저트류와 음료류에서 주로 검출되며, 해당 식품군의 소비가 이 연령대에서 높기 때문으로 해석된다. 국내 위해성 평가에서는 과자, 캔디류, 초콜릿 가공품 등 41개 식품 유형, 총 1,454개 제품을 대상으로 분석이 수행되었다. 식품별 합성색소 검출량과 연령별 섭취량을 기반으로 EDI를 산정한 결과, 모든 연령대에서 ADI 대비 EDI는 0.0-4.2% 수준으로 나타나 안전 범위 내에 있는 것으로 확인되었다. 가장 높은 섭취 수준은 식용색소적색제3호와 3-6세 연령군에서 나타났다. 비록 현재 섭취 수준은 ADI 대비 낮은 수준이지만, 장기적 관점에서 합성색소의 지속적인 섭취에 따른 누적 노출 가능성에 대해서는 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

합성색소의 시사점 및 향후 과제

본 연구에서 고찰한 합성색소의 국내외 관리 체계와 위해성 현황은 향후 식품 안전 정책 수립과 분석 기술 고도화를 위한 기초 자료로 활용될 수 있다. 위해성 평가 결과, 현재 국내 합성색소의 섭취 수준은 ADI 대비 안전한 범위 내에서 관리되고 있는 것으로 나타났다. 그러나 노출 수준이 상대적으로 높은 영유아 및 청소년의 식습관을 고려할 때, 단일 색소 노출뿐 아니라 다종 합성색소의 혼합 섭취에 따른 복합 노출 영향과 장기적 건강 위해성에

Table 7. Monitoring data for synthetic food colorants in commercial food products

Detected colorant (Detection method)	Food category	Country	Year	Analyzed samples (n)	Detection rate (%)	Concentration (mg/kg)	Regulatory limit (mg/kg, standard country)	Ref.
Food Red No.3 (HPLC-DAD[1)])	Macarons Meringue cookies Cakes	Korea	2024	26 24 17	27 33 35	15.24 18.68 5.82	300 (Korea)	(31)
Food Red No.40 (HPLC-DAD)	Macarons Meringue cookies Cakes Beverages	Korea	2024	26 24 17 20	35 46 47 5	69.07 88.27 36.22 1.57	300 (Korea)	(31)
Food Blue No.1 (HPLC-DAD)	Macarons Meringue cookies Cakes Beverages	Korea	2024	26 24 17 20	58 42 65 30	29.34 12.18 20.64 6.24	200 (Korea)	(31)
Food Yellow No.4 (HPLC-DAD)	Macarons Meringue cookies Cakes Beverages	Korea	2024	26 24 17 20	54 33 29 5	45.84 101.12 3.72 13.63	200 (Korea)	(31)
Food Yellow No.5 (HPLC-DAD)	Macarons Meringue cookies Cakes	Korea	2024	26 24 17	38 29 18	77.45 59.29 2.89	200 (Korea)	(31)
Food Red No.40 (HPLC-DAD)	Beverages Candies	Korea	2024	25 5	56 60	1.42-51.60 2.37-12.5	300 (Korea)	(32)
Food Blue No.1 (HPLC-DAD)	Beverages Candies	Korea	2024	25 5	52 60	0.92-10.50 3.25-5.05	200 (Korea)	(32)
Food Red No.2 (HPLC-DAD)	Ready-to-drink cocktails	China	2025	100	26	1.82-10.77	250 (China)	(33)
Food Red No.3 (HPLC-DAD)	Ready-to-drink cocktails	China	2025	100	10	0.12-2.34	50 (China)	(33)
Food Red No.40 (HPLC-DAD)	Ready-to-drink cocktails	China	2025	100	18	2.05-10.62	100 (China)	(33)
Food Red No.102 (HPLC-DAD)	Ready-to-drink cocktails	China	2025	100	16	0.72-3.88	50 (China)	(33)
Food Blue No.1 (HPLC-DAD)	Ready-to-drink cocktails	China	2025	100	56	0.12-3.48	25 (China)	(33)
Food Yellow No.4 (HPLC-DAD)	Ready-to-drink cocktails	China	2025	100	46	0.04-0.87	300 (China)	(33)
Food Yellow No.5 (HPLC-DAD)	Ready-to-drink cocktails	China	2025	100	20	1.74-9.80	100 (China)	(33)
Food Yellow No.4 (HPLC-DAD)	Fruit juices	China	2015	4	100	0.66-1.40	300 (China)	(34)
Food Yellow No.5 (HPLC-DAD)	Fruit juices	China	2015	4	50	1.36-9.28	100 (China)	(34)
Food Red No.40 (HPLC-DAD)	Desserts Beverages	Türkiye	2024	13 12	8 8	86.77 11.54	200 (EU)	(35)

Table 7. (Continued) Monitoring data for synthetic food colorants in commercial food products

Detected colorant (Detection method)	Food category	Country	Year	Analyzed samples (n)	Detection rate (%)	Concentration (mg/kg)	Regulatory limit (mg/kg, standard country)	Ref.
Food Blue No.1 (HPLC-DAD)	Desserts Beverages	Türkiye	2024	13 12	54 83	2.38-37.35 0.96-334.74	200 (EU)	(35)
Food Yellow No.4 (HPLC-DAD)	Desserts Beverages	Türkiye	2024	13 12	23 8	32.70-40.50 0.77	100 (EU)	(35)
Food Yellow No.5 (HPLC-DAD)	Desserts Beverages	Türkiye	2024	13 12	15 -	30.42-201.18 -	100 (EU)	(35)
Food Red No.40 (HPLC-DAD)	Isotonic beverages Carbonated alcoholic beverages	EU	2017	5 2	40 50	4.63-87.33 94.44	200 (EU)	(36)
Food Red No.102 (HPLC-DAD)	Flavored vodka	Poland	2017	1	100	10.00	50 (EU)	(36)
Food Blue No.1 (HPLC-DAD)	Isotonic beverages Carbonated alcoholic beverages Syrups	EU Poland	2017	5 2 2	40 50 50	0.32-5.48 5.04 99.84	200 (EU)	(36)
Food Yellow No.4 (HPLC-DAD)	Isotonic beverages Syrups	Poland	2017	5 2	20 50	3.25 192.36	100 (EU)	(36)
Food Yellow No.5 (HPLC-DAD)	Isotonic beverages	EU	2017	5	20	5.48	100 (EU)	(36)
Food Green No.3 (HPLC-DAD)	Breakfast cereals Drink mixers Ice cream and frozen yogurt, sherbet	US	2016	-[2)]	-	<1.0 <1.0 <1.0	GMP[3)]	(37)
Food Red No.3 (HPLC-DAD)	Baby foods Breakfast cereals Chewing gum Cookies Baking decorations and chips Frostings and icings Frozen breakfast foods Ice cream cones Ice cream and frozen yogurt, sherbet Meal replacement drinks and bars Soft candies and gummies	US	2016	-	-	8.4-8.8 <1.0-8.5 <1.0-8.2 2.8-64.9 7.7-183.2 <1.0-23562.8 8.3-73.7 244.0-1101.6 <1.0-14.2 <1.0-26.9 <1.0-756.2	GMP	(37)
Food Red No.40 (HPLC-DAD)	Breakfast cereals Cakes and cupcakes Cookies Dessert toppings Fillings Flavored water and enhancers Frostings and icings Fruit based desserts Ice cream cones Ice cream and frozen yogurt, sherbet Pudding Soft candies and gummies	US	2016	-	-	7.4-239.1 <1.0-1268.7 <1.0-1062.9 <1.0-225.6 214.0 479.5-4704.4 <1.0-906.5 <1.0-201.7 319.7 <1.0-633.9 20.8-450.1 <1.0-276.2	GMP	(37)

Table 7. (Continued) Monitoring data for synthetic food colorants in commercial food products

Detected colorant (Detection method)	Food category	Country	Year	Analyzed samples (n)	Detection rate (%)	Concentration (mg/kg)	Regulatory limit (mg/kg, standard country)	Ref.
Food Blue No.1 (HPLC-DAD)	Breakfast cereals	US	2016	-	-	<1.0-63.1	GMP	(37)
	Chewing gum					<1.0-73.5		
	Chocolates					1.1-55.5		
	Baking decorations and chips					<1.0-148.5		
	Flavored water and enhancers					16.1-96.8		
	Frostings and icings					<1.0-11664.7		
	Ice cream cones					139.8-232.6		
	Soft candies and gummies					<1.0-124.6		
Food Blue No.2 (HPLC-DAD)	Breakfast cereals	US	2016	-	-	<1.0-41.5	GMP	(37)
	Cakes and cupcakes					<1.0-28.1		
	Chewing gum					<1.0-130.8		
	Chocolates					<1.0-99.6		
	Baking decorations and chips					<1.0-33.8		
	Frostings and icings					<1.0-1283.2		
	Soft candies and gummies					<1.0-124.6		
Food Yellow No.4 (HPLC-DAD)	Breakfast cereals	US	2016	-	-	<1.0-147.2	GMP	(37)
	Cakes and cupcakes					<1.0-168.2		
	Dessert toppings					<1.0-225.6		
	Condiments					36.9-335.9		
	Baking decorations and chips					<1.0-338.0		
	Flavored water and enhancers					78.8-1499.1		
	Frostings and icings					3.9-1080.0		
	Frozen meals and snacks					3.8-321.1		
	Ice cream cones					158.1		
	Pudding					<1.0-396.5		
	Snack foods					<1.0-516.8		
	Soft candies and gummies					<1.0-220.3		
Food Yellow No.5 (HPLC-DAD)	Breakfast cereals	US	2016	-	-	<1.0-227.2	GMP	(37)
	Chewing gum					4.4-288.7		
	Condiments					<1.0-178.7		
	Crackers					1.9-359.8		
	Baking decorations and chips					8.1-171.6		
	Flavored water and enhancers					14.3-242.4		
	Frostings and icings					1.7-10151.4		
	Frozen breakfast foods					<1.0-168.9		
	Fruit based desserts					<1.0-150.2		
	Ice cream cones					153.1		
	Snack foods					<1.0-290.9		
	Soft candies and gummies					<1.0-208.8		

[1)]HPLC-DAD: High-performance liquid chromatography with diode-array detection.
[2)]-: No data.
[3)]GMP: Good manufacturing practice.

Table 8. (A) Acceptable daily intake (ADI) and (B) estimated daily intake (EDI) of synthetic food colorants in major countries

(A) (Unit: mg/kg bw/day)

Synthetic food colorants	JECFA[39]	Korea[40]	Japan[41]	EU[42-50]	Australia[51]
Dye form					
Food Green No.3	25	25	25	N/A	25
Food Red No.2	0.5	0.15	0.5	0.15	0.05
Food Red No.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Food Red No.40	7	7	7	7	7
Food Red No.102	4	0.7	4	0.7	4
Food Blue No.1	6	6	6	10	12.5
Food Blue No.2	5	5	5	5	5
Food Yellow No.4	10	10	10	7.5	7.5
Food Yellow No.5	4	4	4	4	2.5
Food Yellow No.203	3	N/A	N/A	0.5	10

Table 8. (Continued) (A) Acceptable daily intake (ADI) and (B) estimated daily intake (EDI) of synthetic food colorants in major countries

(B) (Unit: μg/kg bw/day)

Synthetic food colorants	Country	Infancy (age 0-1)	Early childhood (age 1-3)	Childhood (age 3-9)	Adolescence (age 10-17)	Adulthood (age 18-64)	Adulthood (age 65~)	Ref.
Food Green No.3	Korea	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	(40)
	Japan	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1		(41)
	EU	N/A[1]						
	US	-			0.1			(30)
	Australia	-[2]						(51)
Food Red No.2	Korea	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	(42)
	Japan	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1		
	EU	0-60	0-600		0-4,000	400-8,800	200-8,000	
	US	N/A						
	Australia	-			6.2			
Food Red No.3	Korea	2.1	4.2	1.2	0.5	0.3	0.1	(43)
	Japan	0.1		<0.1	<0.1	<0.1		
	EU	-	-	-	-	3.1		
	US	-			0.4			
	Australia	-						
Food Red No.40	Korea	10.5	20.3	21.7	23.8	9.8	2.1	(44)
	Japan	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1		
	EU	30-600	100-500		100-300	2-200	30-300	
	US	-			1.4			
	Australia	-			7.7			
Food Red No.102	Korea	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.2	0.2	(45)
	Japan	0.1		0.1	<0.1	0.1		
	EU	10-60	10-140	-	10-90	10-50	3-10	
	US	N/A						
	Australia	-			2.3			

Table 8. (Continued) (A) Acceptable daily intake (ADI) and (B) estimated daily intake (EDI) of synthetic food colorants in major countries

Synthetic food colorants	Country	Infancy (age 0-1)	Early childhood (age 1-3)	Childhood (age 3-9)	Adolescence (age 10-17)	Adulthood (age 18-64)	Adulthood (age 65~)	Ref.
Food Blue No.1	Korea	2.1	3.3	3.8	4.1	1.6	0.3	(46)
	Japan	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1		
	EU[46)]	30-170	30-130		10-50	10-50	10-40	
	US	-			0.3			
	Australia	-			7.7			
Food Blue No.2	Korea	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	(47)
	Japan	<0.1		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
	EU	0-10	2-50		7-50	4-20	1-10	
	US	-			0.1			
	Australia	-			1.5			
Food Yellow No.4	Korea	4.4	5.4	2.7	1.5	0.8	0.4	(48)
	Japan	0.8		0.6	0.4	0.6		
	EU	200-1900			-	300		
	US	-			0.9			
	Australia	-			17.5			
Food Yellow No.5	Korea	5	11.6	13	11.7	4.4	0.6	(49)
	Japan	0.1		0.1	<0.1	<0.1		
	EU	10-300	20-300		30-200	10-100	0-20	
	US	-			1			
	Australia	-			16.9			
Food Yellow No.203	EU	1-30	2-20		1-20	1-10	0.2-3	(50)
	Australia	-			1.5			

[1)]N/A: Not applicable.
[2)]-: No data.

대한 지속적인 모니터링이 필요하다. 또한, 미국 FDA의 식용색소적색제3호 지정 취소와 같은 국제적 규제 강화 추세를 고려할 때, 국내에서도 최신 과학적 근거를 반영한 기준 및 규격의 재검토가 요구된다. 특히 합성색소 알루미늄레이크는 일반 합성색소에 비해 관련 정보가 제한적이므로, 이에 대한 위해성 평가 및 분석 방법의 고도화가 필요하다. 결론적으로, 본 연구에서 제시한 분석 결과는 급변하는 국제 식품 규제 환경에 대응하기 위한 참고 자료로 활용될 수 있으며, 국내 식품 안전 관리 체계의 고도화에 기여할 것으로 기대된다.

Conclusion

본 연구는 국내에서 사용 승인된 합성색소 9품목과 알루미늄레이크 7품목을 대상으로, 국내외 관리 현황, 사용 실태, 위해성 평가 및 분석법을 종합적으로 고찰하였다. 국가 및 기관별 지정 현황을 비교한 결과, 허용 품목과 명칭 체계에 차이가 존재하였으며, 식용색소적색제40호, 청색제1호 및 2호, 황색제4호 및 5호는 조사 대상 모든 국가 및 기관에서 공통적으로 사용이 허용된 품목으로 확인되었다. 국내에서는 합성색소가 주로 과자, 음료, 빵류, 아이스크림 등 디저트류를 중심으로 사용되고 있으며, 전량 수입에 의존하고 있는 것으로 나타났다. 수입량은 황색제4호, 황색제5호, 청색제1호 순으로 많아 이들 색소가 국내 식품 산업에서 높은 활용도를 보였다.

합성색소의 안전성 측면에서, ADI 대비 국내 EDI는 0.0-4.2% 수준으로 나타나 현재 섭취 수준은 안전 범위 내에 있는 것으로 확인되었다. 그러나 유아 및 청소년층에서 상대적으로 높은 섭취 경향이 나타나며, 다종 색소의 혼합 섭취에 따른 복합 노출 영향과 장기적 위해성에 대해서는 지속적인 모니터링이 필요하다. 분석법 측면에서는 국가 및 기관별로 확인시험법과 정량시험법에 차이가 존재하였으며, 최근에는 HPLC-DAD, LC-MS 등 기기분석법을 활용한 정밀 분석과 다성분 동시 분석 연구가 활발히 진행

되고 있다. 또한 식품 내 함량 모니터링 결과, 황색제4호, 황색제5호, 적색제40호의 함량이 상대적으로 높은 경향을 보였다.

결론적으로, 본 연구에서 정리한 합성색소의 관리 체계, 사용 현황, 위해성 평가 및 분석 방법에 대한 정보는 관련 정책 수립과 식품 안전 관리 체계 개선을 위한 참고 자료로 활용될 수 있다. 향후에는 상대적으로 연구가 부족한 알루미늄레이크의 특성 및 위해성 평가와 더불어, 혼합 색소 간 상호작용에 대한 연구가 추가적으로 수행될 필요가 있다.

Acknowledgement

본 연구는 2025년도 식품의약품안전처 연구개발비(25192MFDS003)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

국문 요약

본 연구에서는 국내외에서 사용 승인된 식품용 합성색소 및 알루미늄레이크의 사용 현황, 이화학적 특성 및 분석 방법을 종합적으로 고찰하였다. 분석 결과, 국가 및 기관별로 사용 승인된 합성색소의 품목과 명칭에 차이가 있었으며, 식품첨가물공전에 제시된 확인시험법과 정량시험법 또한 상이한 것으로 나타났다. 국내에서는 합성색소가 주로 과자, 아이스크림, 음료 등 디저트류를 중심으로 사용되고 있었으며 일부 가공식품에도 적용되고 있었다. 또한 국내 합성색소는 전량 수입에 의존하고 있었으며, 수입량은 황색제4호, 청색제1호, 황색제5호 순으로 높게 나타났다. 안전성 측면에서 국내외 연령대별 일일추정섭취량(EDI)을 비교한 결과, 국내 식품의약품안전처의 위해성 평가(2019)에 따르면 모든 연령대에서 EDI/ADI 비율이 0.0-4.2% 수준으로 나타나 현재 섭취 수준은 안전 범위 내에 있는 것으로 확인되었다. 분석법 측면에서는 적정법(삼염화티탄법)과 흡광도법이 주요 정량시험법으로 사용되고 있었으며, HPLC-DAD, LC-MS, LC-MS/MS 등의 기기분석법이 식품 매트릭스 내 합성색소 분석에 활용되고 있었다. 본 연구는 합성색소의 국내외 규제 차이, 사용 현황 및 분석 방법을 체계적으로 정리함으로써 관련 정책 수립과 식품 안전 관리 체계 개선을 위한 참고 자료로 활용될 수 있다.

Author contributions

Haeun Lee: Investigation, Data curation, Visualization, Writing—original draft
Woojin Jang, Sungwoo Kwon: Investigation, Data curation
Kwang-Won Lee, Sun-Jung Baek: Writing—review & editing
Jihyun Lee: Conceptualization, Project administration, Writing—review & editing, Funding acquisition

Conflict of Interest

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Haeun Lee https://orcid.org/0009-0002-5892-636X
Woojin Jang https://orcid.org/0000-0001-9399-3221
Sungwoo Kwon https://orcid.org/0009-0007-0775-6758
Kwang-Won Lee https://orcid.org/0000-0001-5326-469X
Sun-Jung Baek https://orcid.org/0009-0009-8537-2703
Jihyun Lee https://orcid.org/0000-0001-5693-0109

References

1. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2026, April 6). Korean food additives code. Appendix 1. General rules. Retrieved from https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FA.
2. Choi, Y.J., Food and tar color. *Food Sci. Ind.*, **49**, 62-69 (2016).
3. Jo, M.J., Tak, J.Y., Huh, Y.J., Choi, Y.J., Lee, H.J., Park, J.G., Kim, H.J., Content and risk assessment of tar colors in desserts sold at food courts and cafeterias in Gyeongsangnam-do. *J. Food Hyg. Saf.*, **40**, 289-298 (2025).
4. Yuan, D., Wang, C., Liu, Y., Lei, S., Wen, Y., Mechanism study of the formation of indigo carmine-aluminum hydroxide lake for food use. *J. Food Sci.*, **84**, 3129-3139 (2019).
5. Food and Drug Administration (FDA), (2026, April 9). FD&C red no.3. Retrieved from https://www.fda.gov/industry/color-additives/fdc-red-no-3
6. Food and Drug Administration (FDA), (2026, April 9). FDA Proposes revocation of authorization for orange B in food. Retrieved from https://www.fda.gov/food/hfp-constituent-updates/fda-proposes-revocation-authorization-orange-b-food
7. Food and Drug Administration (FDA), (2026, April 9). HHS, FDA to phase out petroleum-based synthetic dyes in nation's food supply. Retrieved from https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/hhs-fda-phase-out-petroleum-based-synthetic-dyes-nations-food-supply
8. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2026, April 6). Korean food additives code. Retrieved from https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FA
9. Ministry of Health, Labour and Welfare (MHLW), (2026, April 9). Japan's specifications and standards for food additives (10th ed.). Retrieved from https://jp-foodadd.net/110_Koteisyo_en.html
10. National Health Commission of the People's Republic of China (NHC), (2026, April 9). Catalog of national food safety standards. Retrieved from https://sppt.cfsa.net.cn:8086/db

11. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2026, April 9). Combined compendium of food additive specifications. Retrieved from https://www.fao.org/food/food-safety-quality/scientific-advice/jecfa/jecfa-additives/en/
12. European Commission (EC), (2026, April 9). Food and feed information portal food additives. Retrieved from https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/food-additives/search
13. U.S. Food & Drug Administration (FDA), (2026, April 6). Regulatory status of color additives. Retrieved from https://www.hfpappexternal.fda.gov/scripts/fdcc/index.cfm?set=ColorAdditives
14. Food Standards Australia New Zealand (FSANZ), (2026, April 9). Australia New Zealand food standards code. Retrieved from https://www.foodstandards.gov.au/code
15. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2021. Year book of imported food inspection 2020 (No. 22), MFDS, Cheongju, Korea.
16. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2022. Year book of imported food inspection 2021 (No. 23), MFDS, Cheongju, Korea.
17. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2023. Year book of imported food inspection 2022 (No. 24), MFDS, Cheongju, Korea.
18. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2024. Year book of imported food inspection 2023 (No. 25), MFDS, Cheongju, Korea.
19. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2025. Year book of imported food inspection 2024 (No. 26), MFDS, Cheongju, Korea.
20. Freeman, K.A., Report on coal-tar colors. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.*, **34**, 390-392 (1951).
21. Clark, S.B., Schaufler, L.E., Storey, J.M., Johnson, A.S., Thomas, T.L., Carr, J.R., 2016. Color additive analysis in foods and cosmetics using UPLC with extended photo-diode array detection, LIB #4643, Denver Laboratory, United States Food and Drug Administration, Denver, CO, USA.
22. Karanikolopoulos, G., Gerakis, A., Papadopoulou, K., Mastrantoni, I., Determination of synthetic food colorants in fish products by an HPLC-DAD method. *Food Chem.*, **177**, 197-203 (2015).
23. Zou, T., He, P., Yasen, A., Li, Z., Determination of seven synthetic dyes in animal feeds and meat by high performance liquid chromatography with diode array and tandem mass detectors. *Food Chem.*, **138**, 1742-1748 (2013).
24. Chen, X.H., Zhao, Y.G., Shen, H.Y., Zhou, L.X., Pan, S.D., Jin, M.C., Fast determination of seven synthetic pigments from wine and soft drinks using magnetic dispersive solid-phase extraction followed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr. A*, **1346**, 123-128 (2014).
25. El-Sheikh, A.H., Al-Degs, Y.S., Spectrophotometric determination of food dyes in soft drinks by second order multivariate calibration of the absorbance spectra-pH data matrices. *Dyes Pigm.*, **97**, 330-339 (2013).
26. Ryvolová, M., Táborský, P., Vrábel, P., Krásenský, P., Preisler, J., Sensitive determination of erythrosine and other red food colorants using capillary electrophoresis with laser-induced fluorescence detection. *J. Chromatogr. A*, **1141**, 206-211 (2007).
27. Ai, Y.J., Liang, P., Wu, Y.X., Dong, Q.M., Li, J.B., Bai, Y., Xu, B.J., Yu, Z., Ni, D., Rapid qualitative and quantitative determination of food colorants by both Raman spectra and Surface-enhanced Raman Scattering (SERS). *Food Chem.*, **241**, 427-433 (2018).
28. Medeiros, R.A., Lourencao, B.C., Rocha-Filho, R.C., Fatibello-Filho, O., Simultaneous voltammetric determination of synthetic colorants in food using a cathodically pretreated boron-doped diamond electrode. *Talanta*, **97**, 291-297 (2012).
29. Ntrallou, K., Gika, H., Tsochatzis, E., Analytical and sample preparation techniques for the determination of food colorants in food matrices. *Foods*, **9**, 58 (2020).
30. Wu, L., Zhang, C., Long, Y., Chen, Q., Zhang, W., Liu, G., Food additives: from functions to analytical methods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **62**, 8497-8517 (2022).
31. Min, Y.R., Hong, J.B., Han, S., Choi, M.J., Shim, S.B., Jang, H.W., Lee, J.B., Quantitative analysis of seven commonly used synthetic food color additives by HPLC-PDA. *Appl. Biol. Chem.*, **67**, 100 (2024).
32. Park, J., Lee, M.H., Cho, Y.S., Seo, D.W., Choi, J.Y., Rapid identification and quantitation of 34 synthetic colorants in 125 beverages and candies by ultraperformance liquid chromatography with photodiode array detection. *J. Food Compos. Anal.*, **133**, 106479 (2024).
33. Ma, K., Zhang, Y., Wu, T., Accurate determination of 24 water-soluble synthetic colorants in premade cocktail using ultra-performance liquid chromatography with diode array detection. *Beverages*, **11**, 91 (2025).
34. Liu, F.J., Liu, C.T., Li, W., Tang, A.N., Dispersive solid-phase microextraction and capillary electrophoresis separation of food colorants in beverages using diamino moiety functionalized silica nanoparticles as both extractant and pseudostationary phase. *Talanta*, **132**, 366-372 (2015).
35. Tamer, F.S., Oymak, T., Dural, E., Determination of seven synthetic colourants in pharmaceutics, foods, and beverages by a validated HPLC-PDA method: a risk assessment study. *J. Food Compos. Anal.*, **136**, 106797 (2024).
36. Rejczak, T., Tuzimski, T., Application of high-performance liquid chromatography with diode array detector for simultaneous determination of 11 synthetic dyes in selected beverages and foodstuffs. *Food Anal. Methods*, **10**, 3572-3588 (2017).
37. Doell, D.L., Folmer, D.E., Lee, H.S., Butts, K.M., Carberry, S.E., Exposure estimate for FD&C colour additives for the US population. *Food Addit. Contam. Part A*, **33**, 782-797 (2016).
38. Lehmkuhler, A.L., Miller, M.D., Bradman, A., Castroina, R., Mitchell, A.E., Certified food dyes in over the counter medicines and supplements marketed for children and pregnant women. *Food Chem. Toxicol.*, **143**, 111499 (2020).
39. World Health Organization (WHO), (2026, April 7). Evalua-

tions of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Retrieved from https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/
40. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2026, April 7). Safety of color additive use in processed foods distributed in the Korean market. Retrieved from https://www.nifds.go.kr/brd/m_21/view.do?seq=12662
41. Ministry of Health, Labour and Welfare (MHLW), (2026, April 7). Food additives. Retrieved from https://www.mhlw.go.jp/content/001212316.pdf
42. European Food Safety Authority (EFSA), Refined exposure assessment for amaranth (E 123). *EFSA J.*, **11**, 3442 (2013).
43. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS), Scientific opinion on the re-evaluation of Erythrosine (E 127) as a food additive. *EFSA J.*, **9**, 1854 (2011).
44. European Food Safety Authority (EFSA), Refined exposure assessment for Allura Red AC (E 129). *EFSA J.*, **13**, 4007 (2015).
45. European Food Safety Authority (EFSA), Refined exposure assessment for Ponceau 4R (E 124). *EFSA J.*, **13**, 4073 (2015).
46. European Food Safety Authority (EFSA), Refined exposure assessment for Brilliant Black BN (E 151). *EFSA J.*, **13**, 3960 (2015).
47. EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF), Younes, M., Aquilina, G., Castle, L., Degen, G., Engel, K.H., Fowler, P.J., Frutos Fernandez, M.J., Fürst, P., Gundert-Remy, U., Gürtler, R., Husøy, T., Manco, M., Moldeus, P., Passamonti, S., Shah, R., Waalkens-Berendsen, I., Wright, M., Benigni, R., Bolognesi, C., Chipman, K., Cordelli, E., Nørby, K., Svendsen, C., Carfí, M., Dino, B., Gagliardi, G., Mech, A., Multari, S., Mennes, W., Follow-up of the re-evaluation of indigo carmine (E 132) as a food additive. *EFSA J.*, **21**, e08103 (2023).
48. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources Added to Food (ANS), Scientific opinion on the re-evaluation of tartrazine (E 102). *EFSA J.*, **7**, 1331 (2009).
49. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS), Reconsideration of the temporary ADI and refined exposure assessment for Sunset Yellow FCF (E 110). *EFSA J.*, **12**, 3765 (2014).
50. European Food Safety Authority (EFSA), Refined exposure assessment for Quinoline Yellow (E 104). *EFSA J.*, **13**, 4070 (2015).
51. Food Standards Australia New Zealand (FSANZ), (2026, April 7). Survey of added colours (2008). Retrieved from https://www.foodstandards.gov.au/sites/default/files/science-data/surveillance/Documents/Colours%20Survey_Final%20Report%2022%20Oct%2008%20(2).pdf