pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 40, No. 2, pp. 103~113 (2025)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2025.40.2.103

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

국내 유통 건조 농산물의 식품첨가물 및 유해 중금속 위해성 평가

김도우 · 김효희 · 임소영 · 최수연 · 조은혜 · 정진 · 이세미 · 강인숙 · 김애경*
광주광역시 보건환경연구원 식품분석과

Risk Assessment of Food Additives and Toxic Heavy Metals in Dried Agricultural Products Distributed in Korea

Do-Woo Gim, Hyo-Hee Kim, So-Young Lim, Su-Yeon Choi, Eun-Hye Cho, Jin Jeong, Se-Mi Lee, In-Sook Kang, Ae-Gyeong Kim*
Food Analysis department, Health & Environment Research Institute of Gwangju Metropolitan City, Gwangju, Korea

(Received February 25, 2025/Revised April 9, 2025/Accepted April 10, 2025)

ABSTRACT - Sixty dried agricultural products were collected from February to July 2024. Among these, 16 samples were randomly purchased from large supermarkets and local markets in Gwangju, and 44 were obtained from online marketplaces. Only products labeled with phrases such as “No Food Additives” or “100% Raw Ingredients” were selected for analysis. The aims of this study were to determine the concentrations of sulfur dioxide, preservatives, artificial colorants, and toxic heavy metals (lead and cadmium) in dried agricultural products, assess their risk indices, and provide foundational data to establish relevant regulatory standards. The results revealed that sulfite compounds were detected in some samples, with the highest sulfur dioxide concentrations found in gourds (82.99-1046.95 mg/kg), apricots (10.87-529.45 mg/kg), and konjac powder (23.59-475.92 mg/kg). The highest sulfur dioxide risk index was observed in persimmons, with values ranging from 4.74% to 16.61% for male and 6.26% to 26.84% for female consumers. Sweet potatoes followed, with risk index values of 6.87% and 11.29% for male and female consumers, respectively. All the samples exhibited sulfur dioxide risk indexes below 100%, indicating safety. No preservatives or artificial colorants were detected in any of the samples, suggesting that sulfites can be used as alternatives to preservatives in certain products. The concentrations of lead in dates (9.55-137.09 μg/kg) and gourds (10.76-49.14 μg/kg) and cadmium in gourds (16.36-51.76 μg/kg) were within safe limits, with risk indexes below 100%. This study provides crucial baseline data for evaluating the safety of dried agricultural products. Furthermore, it underscores the need for more comprehensive risk assessments that consider the interactions between sulfur dioxide, heavy metals, and consumption patterns. Lastly, it highlights the necessity of strengthening regulatory standards to better protect consumers.

Key words: Dried agricultural products, Food additives, Toxic heavy metals, Risk assessment

전 세계적으로 건조 농산물의 시장이 매년 확대됨에 따라 이들 제품의 수입이 지속적으로 증가하고 있다[1]. 이는 글로벌 시장에서 원물 간식 제품에 대한 강력한 수요를 반영하고 있다. 이러한 상황 속에서, 우리나라 식품의약품안전처는 식품첨가물 공전을 통해 품목별 사용 기준을 설정하고, 유해 중금속에 대한 기준 및 규격을 관리하여 안전한 식품 소비를 보장하고 있다[2,3].

건조 농산물은 영양소가 농축되어 건강에 유익할 수 있지만, 동시에 잠재적인 위험성도 내포하고 있다. 특히, 아황산염류와 같은 식품첨가물은 알레르기 반응, 소화장애 및 발암 가능성 등 장기적으로 인체 건강에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 식품첨가물의 사용과 관련된 안전 기준을 엄격히 관리하는 것이 중요하다. 최근 발표에 따르면, 국내에서 유통·판매되는 건조 된 과일과 채소류 20개 제품 중 6개 제품(30.0%)이 식품 첨가물이 첨가되지 않은 식품으로 표시·광고되었으나, 실제로는 0.022-0.089 g/kg의 이산화황이 검출되었다[4]. 아황산염류는 아황산을 생성하

*Correspondence to: Ae-Gyeong Kim, Environment Research Institute of Gwangju Metropolitan City, Gwangju 61954, Korea
Tel: +82-62-613-7590, Fax: +82-62-655-7549
E-mail: aegyung@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.

여 식품의 갈변과 산패를 억제하고, 항산화 작용도 나타내어, 건조 농산물의 건조 과정에서 보존제, 항산화제 및 표백제로 사용되고 있다. 현재 식품첨가물공전[5]에 아황산염류는 무수아황산(이산화황/sulfur dioxide), 아황산나트륨(sodium sulfite), 산성아황산나트륨(sodium bisulfite), 차아황산나트륨(sodium hydrosulfite), 메타중아황산나트륨(sodium metabisulfite) 및 메타중아황산칼륨(potassium metabisulfite)으로 총 6종이 식품첨가물로 지정되어 사용되고 있다. 그러나 농산물을 건조 할 때, 아황산염류가 아닌 유황을 훈증하여 과일이나 채소의 표면에 무수아황산 가스의 얇은 막을 형성함으로써, 알레르기 반응을 유발할 수 있다. 유황 훈증은 식품첨가물 아황산염류를 원재료로서 직접 첨가한 것으로 보지 않기에, 알레르기 유발 물질 표시 대상에서 제외되는 문제점이 있어 이와 관련하여, 식품첨가물에 대한 규제를 국제적으로 비교하고 한국의 규제 방식과 다른 국가들과의 차이를 분석할 필요가 있다.

현재 우리나라는 식품 중 보존료 사용 기준을 위반할 경우 식품위생법[23]에 따라 제조 정지 등의 행정처분을 받을 수 있다. 그러나 일부 보존료는 원료 자체에서 유래되거나 발효 과정에서 생성되기도 하여, 과일류에서 보존료(소르빈산, 안식향산, 프로피온산)가 천연적으로 함유된 것인지, 아니면 제조·가공 공정에서 인위적으로 첨가된 것인지 판단하기 어렵다[6]. 원재료에서 자연적으로 유래된 경우는 “원료가 해당 기준 및 규격에 적합하거나 품질이 양호한 원료에서 불가피하게 유래되었음을 공인된 자료 및 문헌으로 입증하는 경우 인정” 으로 규정[24]하고 있으나, 현재 보존료의 천연 유래 함량에 대한 광범위한 모니터링과 기초 자료가 부족한 상황이다.

식품첨가물 중 하나인 타르색소는 식품에 다양한 색을 부여하기 위해 사용되는 합성 착색제이다. 대표적인 타르색소는 그 화학구조에 따라 아조계(azo type), 크산틴계(xanthene type), 트리페닐메탄계(triphenylmethane type) 및 인디고계(sulfonated indigo type) 등으로 분류되며, 식품의 시각적 매력을 증가시키고 일관된 색상 유지를 도와준다[7]. 그러나 타르색소는 간독성, 천식 및 발암성 등 잠재적인 독성을 내포하고 있어 과다섭취 시 건강에 부정적인 영향을 미칠 수 있다[8]. 특히, 어린이나 임산부, 노인 또는 알레르기 체질인 민감한 소비자에게는 더 큰 위험을 초래할 수 있으므로, 타르색소의 안전한 사용을 위한 지속적인 모니터링이 필요하다.

건조 농산물의 안전성을 평가할 때, 식품첨가물뿐만 아니라 유해 중금속의 존재와 그 농도도 중요한 고려사항이다. 건조 과정에서 원재료에 존재하던 중금속이 농축될 수 있으며, 이는 소비자 건강에 잠재적인 위험을 초래할 수 있다. 특히, 건조 된 농산물의 유해 중금속 농도는 장기적인 건강에 영향을 미칠 수 있는 중요한 요소이다. 최근 조사에 따르면[9] 국내에서 유통·판매 되는 과일류 9종의 386건에 대한 유해 중금속 분석결과, 납과 카드뮴이 각각 0.013 mg/kg 및 0.006 mg/kg으로 검출되었다. 이는 FAO/WHO에서 설정한 잠정주간섭취허용량(provisional tolerance weekly intake, PTWI)의 약 1-2% 수준으로, 현재 과일류를 통한 유해 중금속 섭취로 인한 위해성은 미미한 것으로 평가된다. 그러나 건조 과정에서 중금속의 농도가 상대적으로 증가할 수 있으므로, 장기적으로 신경계 손상, 혈압 상승 및 빈혈 등의 만성적인 위해성을 유발할 수 있다[10].

따라서 본 연구는 식품첨가물이 첨가되지 않은 건조 농산물에서 이산화황, 보존료, 타르색소 및 유해 중금속(Pb, Cd)을 분석하여 위해성 평가를 위한 기초 자료를 제공하는 동시에, 유황에 대한 기준 및 무수아황산의 규격 설정에 기여하고자 한다. 또한, 유해 중금속 조사를 통해 식품 안전에 대한 소비자의 불안을 해소하고 정확한 정보를 전달하는 것을 목표로 한다.

Materials and Methods

대상시료

시료는 2024년 2월부터 2024년 7월까지 광주광역시 내 대형마트와 로컬시장에서 건조 된 인과류 2건, 장과류 3건, 핵과류 5건, 박과 과채류 5건 및 서류 1건을, 온라인 마켓에서 인과류 8건, 열대 과일류 10건, 장과류 7건, 핵과류 5건, 박과 과채류 5 및 서류 9건을 구입하여 총 60건으로 하였다. 대상 시료는 건조 된 농산물 중 포장지에 ‘식품첨가물 무첨가’, ‘원료 100%’ 등의 문구가 적힌 것으로 한하여 무작위로 구입하였다(Table 1).

시료의 전처리

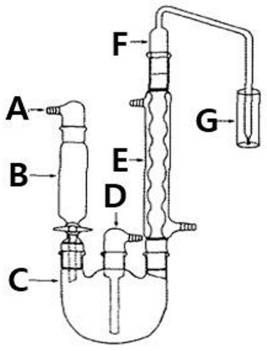
시료는 구입 즉시 냉동(-18°C 이하) 보관하였으며, 실험 전 개봉하여 균질화기(DA-280 Gold, Daesung Artlon, Paju, Korea)로 균질화한 후 다음 실험 방법에 따라 전처리를 진행하였다.

이산화황

이산화황(SO_2)의 함량은 식품공전의 제8. 일반시험법 3. 식품 중 식품첨가물 시험법 3.5 아황산, 차아황산 및 그 염류 3.5.2 정량시험 가. 모니어-윌리엄스 변법에 따라 분석하였다. 플라스크(C)에 물 400 mL를 넣고 분액깔때기(B)코크를 잠그고 4 N 염산용액 90 mL를 넣어둔다. 냉각기(E)에 물을 공급한 다음, 가스주입관(D)을 통하여 질소가르를 0.21 L/min 속도로 통과시키고, 이 때 플라스크(G)에 3% 과산화수소용액 30 mL를 넣는다. 15분 후 분액깔때기(B)를 떼고 시료 50 g을 취해 5% 에탄올 용액 100 mL를 넣어 혼합하여 플라스크(C)에 주입한다. 1시간 45분 동안 가열한 후, 플라스크(G)를 떼고 (F)끝을 소량의 3% 과산화수소용액으로 씻어 플라스크에 넣고 마이크로뷰렛을

Table 1. Classification of experimental ingredients by food category and purchase source

Food type		Purchase source		
		Offline markets	Online markets	Country of origin
	Total	16	44	60
Pome fruits	Persimmons	2	3	Korea (5)
	Pears	-	5	Korea (5)
Tropical fruits	Mangoes	-	5	Vietnam (3), Cambodia (1), China (1)
	Bananas	-	5	Philippines (2), Sri Lanka (1), Peru (1), Vietnam (1)
Berry fruits	Grapes	3	2	United States (5)
	Figs	-	5	Turkey (5)
Stone fruits	Apricots	-	5	Turkey (4), Pakistan (1)
	Dates	5	-	Korea (5)
Gourd and squash	Gourds	-	5	China (5)
	Pumpkins	5	-	Korea (5)
Root vegetables	Sweet potatoes	1	4	Korea (4), Indonesia (1)
	Konjac powder	-	5	China (4), Hong Kong (1)



A : 호스연결부
B : 분액깔때기
C : 환저플라스크(1,000 mL)
D : 가스주입관
E : 아린냉각관
F : 가스유도관
G : 이산화황 포집수기

Fig. 1. Apparatus for optimized monier-Williams method.

써서 0.01 N 수산화나트륨용액으로 20초간 지속적으로 황색이 될 때까지 적정하여 아래의 공식에 따라 이산화황의 양을 산출하였다(다만, 10 mg/kg 미만은 불검출로 한다). 이산화황 증류 장치는 Fig. 1과 같다.

[이산화황 함량 계산식]

$$\text{시료 중 이산화황 농도(mg/kg)} = \frac{320 \times V \times f}{S}$$

V: 0.01 N 수산화나트륨용액의 소비량(mL)
f: 0.01 N 수산화나트륨용액의 역가
S: 시료의 채취량(g)
(0.01 N 수산화나트륨액 1 mL=320 μg SO_2)

보존료

보존료의 함량 분석은 데히드로초산, 소브산, 안식향산 및 그 염류, 파라옥시안식향산에스테르류는 식품공전의 제 8. 일반시험법 3. 식품 중 식품첨가물 시험법 3.1.3 데히드로초산, 소브산, 안식향산 및 그 염류, 파라옥시안식향산에스테르류 동시분석법에 준하는 UHPLC/DAD (DE/1290, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 사용하여 Table 2의 조건에 따라 측정하였다. 표준품은 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA) 제품을 희석하여 사용하였다. 그리고 프로피온산은 Tokyo chemical industry Co., Ltd (Tokyo, Japan)를 희석하여 사용하였고 식품공전의 제8. 일반시험법 3. 식품 중 식품첨가물 시험법 3.1.2 프로피온산 및 염류 제3법에 준하여 Table 3의 조건에 따라 GC/FID (CN/7890B, Agilent Technologies)를 사용하여 측정하였다.

타르색소

타르색소 9종은 식품공전의 제 8. 일반시험법 3.4.1 타르색소(산성색소)에 준하여 Table 4의 조건에 따라 high performance liquid chromatography (HPLC, Nanospace SI-2, Osaka Soda, Osaka, Japan)를 사용하여 측정하였다. 실험하였다. 표준품은 Tokyo chemical industry Co., Ltd (Tokyo, Japan)의 acid red 27 (R2, >90.0%), allura red AC (R40, >90.0%), acid red 18 (R102, >82.0%), acid blue 9 (B1, >90.0%), indigo carmine (B2, >95.0%)과 Wako pure chemical industry Co., Ltd (Osaka, Japan)의 tartrazine (Y4, >90.0%), sunset yellow FCF (Y5, >85.0%), fast green FCF (G3, >85.0%) 그리고 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)의 erythrosin B (R3, >90.0%)를 희석하여 사용하였다.

Table 2. The analytical conditions of ultra-high performance liquid chromatography with diode array detection (UHPLC-DAD) for the simultaneous determination of preservatives

Instrument	Parameter	Operation conditions		
HPLC-DAD	Column	Capcell Pak MF-C8 (4.6×150 mm, 4.5 μm)		
	Mobile phase	A : 0.1% TBA-OH (0.1% phosphoric acid) B : Acetonitrile		
		Time (min)	A (%)	B (%)
		0.0	75	25
		2.5	75	25
		8.0	65	35
		14.0	60	40
		15.0	70	30
	Wavelength	Dehydroacetic acid Sorbic acid Benzoic acid Ethyl *ρ*-hydroxybenzoate Methyl *ρ*-hydroxybenzoate		235 nm
	Flow rate	1.0 mL/min		
	Run time	18 min		
	Injection volume	10 μL		

Table 3. The analytical conditions of gas chromatography with flame ionization detection (GC-FID) for the determination of propionic acid conditions for analysis of propionic acid

Instrument	Parameter	Operation conditions
GC-FID	Column	DB-WAX (30 m×320 μm×0.25 μ)
	Carrier gas	Air : 400 mL/min H_2 : 30 mL/min He : 25 mL/min
	Detector temp.	250℃
	Injector temp.	230℃
	Oven temp.	150°C(0 min)→20°C/min→200°C(0 min)→30°C/min→250°C(2.5 min)
	Flow rate	1.0 mL/min
	Injection volume	1 μL

Table 4. The analytical conditions of high performance liquid chromatography (HPLC) for the determination of artificial food colorants

Instrument	Parameter	Operation conditions		
HPLC	Column	Capcell Pak C18 4.6×250 mm, 5 μm		
	Mobile phase	A : 10 mM ammonium acetate in water B : Acetonitrile		
		Time(min)	A (%)	B (%)
		00:00	95	5
		00:10	95	5
		20:00	50	50
		20:10	95	5
		30:00	95	5
	Flow rate	1.0 mL/min		
	Injection volume	10 μL		
	Run time	32 min		

유해중금속

납(Pd), 카드뮴(Cd)의 함량 분석은 식품공전의 제8. 일반시험법 9. 식품 중 유해물질 시험법 9.1.2 납(Pb) 나. 시험용액의 조제 1) 습식분해법 나) 마이크로웨이브법에 따라 마이크로웨이브(IT Ultrawave, Milestone, Sorisole, Italy)를 이용하여 분해하였고, 분석은 제8. 일반시험법 9.1.2 납(Pb) 다. 측정 1) 유도결합플라즈마-질량분석법(inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS)에 따라 ICP-MS (NexION 2000, Perkinelmer Co., Norwalk, CT, USA)로 측정하였다(Table 5). 표준품은 Instrument Calibration Standard 2 (100±0.5 mg/L; Perkinelmer Co.)를 각 측정원소의 농도에 맞게 2% 질산용액으로 희석하여 사용하였다.

Table 5. The analytical conditions of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic heavy metals

Instrument	Parameter	Operation conditions
ICP-MS (NexION 2000)	Gas	liquid Argon
	RF power	1500 W
	Analog stage voltage	-1900 W
	Pulse stage voltage	1300 W
	Nebulizer gas flow	1.02 L/min
	Auxiliary gas flow	1.20 L/min
	Plasma gas flow	15.0 L/min
	Replicates	3
	Dwell time	50 ms
	Wavelength	Pb (207.977 nm), Cd (110.90 nm)

검출한계 및 정량한계

보존료 6종, 타르색소 9종 및 중금속 2종의 검출한계(limit of detection, LOD)와 정량한계(limit of quantification, LOQ)는 각 농도별 표준용액을 사용하여 4회 시험하여 아래의 식으로부터 산출하였다(Table 6). 검출한계 미만의 결과는 'not detected (N.D.)' 처리하였다[11].

LOD=σ/S×3
LOQ=LOD×3.3
(σ=The standard deviation of the response)
(S=The slope of the calibration curve)

위해성 평가

본 연구에서는 건조 된 농산물의 섭취량 데이터 부족으로 부득이 건조되지 않은 농산물에 대한 일일섭취량(daily intake, DI), 주간섭취량(weekly intake, WI) 및 월간섭취량(monthly intake, MI) 데이터를 활용하였다. 건조되지 않은 농산물에 대한 섭취량 데이터는 2021년 국민건강영양조사 통계 자료를 참고하였으며, 건조 제품은 생 과일과 채소류와 비교하여 수분 함량이 적기 때문에 수분 보정을 통해 건조 제품의 섭취량을 추정하였다. 건조 농산물의 섭

Table 6. Limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) of each compound

Analytes		LOD	LOQ
Preservatives (6)	Dihydroacetic acid	0.041 mg/L	0.137 mg/L
	Sorbic acid	0.020 mg/L	0.067 mg/L
	Benzoic acid	0.022 mg/L	0.073 mg/L
	Ethyl paraoxybenzoic acid	0.160 mg/L	0.529 mg/L
	Methyl paraoxybenzoic acid	0.195 mg/L	0.644 mg/L
	Propionic acid	0.746 mg/L	2.462 mg/L
Artificial colors (9)	Tartazine (Yellw 4)	0.010 mg/L	0.031 mg/L
	Acid red 27 (Red 2)	0.020 mg/L	0.067 mg/L
	Acid red 18 (Red 102)	0.020 mg/L	0.067 mg/L
	Sunset yellow FCF (Yellow 5)	0.015 mg/L	0.051 mg/L
	Allura red AC (Red 40)	0.026 mg/L	0.087 mg/L
	Erythrosine B (Red 3)	0.310 mg/L	1.023 mg/L
	Indigo Carmine (Blue 2)	0.018 mg/L	0.058 mg/L
	Fast green FCF (Green 3)	0.049 mg/L	0.162 mg/L
	Acid blue 9 (Blue 1)	0.025 mg/L	0.082 mg/L
Toxic heavy metals (2)	Lead (Pb)	0.600 μg/kg	2.000 μg/kg
	Cadmium (Cd)	2.400 μg/kg	8.000 μg/kg

취를 통한 이산화황과 유해 중금속에 대한 안전성을 평가하기 위해 JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)에서 제시한 독성자료 등을 바탕으로 위해성을 확인하였으며, 이산화황 일일섭취허용량(acceptable daily intake, ADI)은 0.7 mg/kg b.w/day를 사용하였고, 카드뮴은 월간섭취허용량(provisional tolerable monthly intake, PTMI) 25 μg/kg b.w/month를 사용하였다. 납의 경우 주간섭취허용량(provisional tolerable weekly intake, PTWI)이 2010년 철회되어 현재까지 별도의 기준이 설정되어 있지 않아 철회되기 이전의 기준 25 μg/kg b.w/week를 사용하였다[12,13].

Results and Discussion

건조 농산물의 이산화황 함량

우리나라에서 유통되는 건조 농산물 60건에 대한 이산화황 조사결과는 Table 7과 같다. 건조 과일 중 이산화황 함량의 범위는 살구가 10.87-529.45 mg/kg로 가장 높은 수

Table 7. Sulfite content in dried agricultural products

Group	Sample	No.	SO_2 (mg/kg)	Group	Sample	No.	SO_2 (mg/kg)
Pome fruits	Persimmons	DAP[1]-1	19.68	Stone fruits	Apricots	DAP-31	10.87
		DAP-2	24.08			DAP-32	N.D.
		DAP-3	N.D.[2]			DAP-33	484.62
		DAP-4	32.60			DAP-34	14.69
		DAP-5	66.25			DAP-35	529.45
		DAP-6	N.D.			DAP-36	N.D.
	Pears	DAP-7	52.95		Dates	DAP-37	12.08
		DAP-8	N.D.			DAP-38	N.D.
		DAP-9	N.D.			DAP-39	N.D.
		DAP-10	N.D.			DAP-40	N.D.
Tropical fruits	Mangoes	DAP-11	N.D.	Gourds and squashes	Gourds	DAP-41	1042.69
		DAP-12	N.D.			DAP-42	1046.95
		DAP-13	15.15			DAP-43	82.99
		DAP-14	12.07			DAP-44	284.79
		DAP-15	N.D.			DAP-45	858.77
		DAP-16	16.94			DAP-46	N.D.
		DAP-17	27.81			DAP-47	N.D.
	Bananas	DAP-18	19.07		Pumpkins	DAP-48	N.D.
		DAP-19	N.D.			DAP-49	N.D.
		DAP-20	16.13			DAP-50	N.D.
Berry fruits	Grapes	DAP-21	N.D.	Root vegetables	Sweet potatoes	DAP-51	10.04
		DAP-22	N.D.			DAP-52	N.D.
		DAP-23	N.D.			DAP-53	N.D.
		DAP-24	N.D.			DAP-54	N.D.
		DAP-25	N.D.			DAP-55	N.D.
		DAP-26	N.D.			DAP-56	23.59
	Figs	DAP-27	10.16		Konjac powder	DAP-57	N.D.
		DAP-28	N.D.			DAP-58	475.92
		DAP-29	N.D.			DAP-59	34.15
		DAP-30	11.08			DAP-60	N.D.

[1]DAP: Dried agricultural products.
[2]N.D.: Values < 10 mg/kg were reported as not detected.

치를 나타내었고, 감 19.68-66.25 mg/kg, 배 52.95 mg/kg, 바나나 16.13-27.81 mg/kg, 망고 12.07-15.15 mg/kg, 대추 12.08 mg/kg, 무화과 10.16-11.08 mg/kg 순으로 측정되었다. 식품첨가물공전에서 아황산나트륨 및 이를 포함한 제제의 사용 기준은 과·채가공품 0.030 g/kg과 건조 과일류 1.0 g/kg로 규정되어 있어, 본 연구의 모든 과일은 사용 기준에 적합하였다. 건조 채소와 서류 중 이산화황은 박고지에서 82.99-1046.95 mg/kg으로 가장 높게 측정되었으며, 곤약가루 23.59-475.92 mg/kg, 고구마 10.04 mg/kg 순으로 측정되었다. Mun 등[14]과 Kim 등[15]의 연구에 따르면 살구, 감, 배, 바나나 및 망고의 자연 유래 이산화황 평균 함량은 각각 0.17 mg/kg, 1.36 mg/kg, 1.88 mg/kg, 0.32 mg/kg, 0.00 mg/kg으로 나타났으며, 박고지에서는 1.26 mg/kg으로 보고 되었다. 이는 본 연구에서 측정된 값보다 상당히 낮다. 이러한 차이는 본 연구 시료에서 아황산염류의 인위적 첨가가 있었다고 판단되며 이러한 결과는 면밀한 식품 안전관리에 대한 고찰이 필요할 것으로 생각된다. 건조 된 박고지, 곤약가루 및 고구마의 식품첨가물 공전 내 사용 기준은 각각 5.0 g/kg, 0.90 g/kg 및 0.030 g/kg 이하로 기준에는 적합하였지만, 제품에 식품첨가물의 첨가 여부를 표시하지 않았기에 소비자에게 정확한 정보가 전달되지 못하는 문제가 있다. 향후 연구에서는 이산화황의 자연 유래 농도와 인위적 첨가 농도를 구분하여 보다 명확한 안전성 평가를 수행하고, 이를 바탕으로 소비자 보호를 위한 효과적인 규제 방안을 제시할 필요가 있다.

건조 농산물의 보존료 및 타르색소 함량

본 연구의 모든 시료에서 보존료와 타르색소 결과는 Table 8과 같다. 국내에 지정된 17품목의 보존료 중 나타마이신과 니신은 치즈류 및 두류가공품에만 제한적으로 사용 가능하며, 자몽종자추출물과 ε-폴리리신은 영양학적 또는 기타 기술적 효과를 나타내는 최소량에 한해 사용이 허용된다[16]. 본 연구에서는 이들 4품목을 제외한 데히드로초산, 소브산(칼륨, 칼슘), 안식향산(나트륨, 칼륨, 칼슘), 파라옥시안식향산메틸, 파라옥시안식향산에틸 및 프로피온산(나트륨, 칼슘)에 대해서 염류를 제외한 비염 형태(6품목)의 보존료를 기준으로 분석하였다. 그 결과, 6품목의 보존료는 모든 시료에서 불검출 되었다. 이는 아황산염류의 사용이 일부 시료에서 보존료 대체 역할을 했을 것으로 사료된다. Ha 등[17]에 따르면 아황산염류는 주로 식품의 산화 방지 및 미생물 성장 억제에 기여하여 저장성과 품질 유지에 중요한 역할을 한다고 보고하였다. 비록 모든 시료에서 아황산염류가 검출되어 보존료로서 대체역할을 하였다고는 할 수 없지만, 몇몇 시료에서 아황산염류가 효과적인 보존제로 작용했을 것으로 판단된다.

현재 국내에서 사용이 허가 된 타르색소는 석탄타르에 함유된 벤젠핵과 나프탈렌핵을 기반으로 합성된 물질로, 아조계(적색 제2호, 적색 제40호, 적색 제102호, 황색 제4호, 황색 제5호), 크산틴계(적색 제3호), 트리페닐메탄계(녹색 제3호, 청색 제1호), 인디고계(청색 제2호)를 포함하여 총 9종이 있다. 본 연구에서는 이들 9종의 타르색소를 분석한 결과, 모든 시료에서 불검출로 나타났다. Lee 등[18]에 따르면 색상은 식품의 맛 및 소비자 선호에 중요한 영향을 미치는 요소로 알려져 있으며, 식용색소에 대한 투자는 지속적으로 증가하고 있다. 그러나 최근 소비자들의 인식 변화로 인해 합성 식용색소보다 천연 식용색소에 대한 선호도가 높아지고 있으며 이는 식품 안전에 대한 관심이 높아지면서 불필요한 합성 색소 사용을 지양하려는 경향으로 해석될 수 있다. 결론적으로, 본 연구의 모든 건조 된 농산물에서 보존료와 타르색소는 검출되지 않았다.

건조 농산물의 유해 중금속 함량

본 연구의 납과 카드뮴 함량은 Table 9와 같다. 현재 식약처의 식품공전에서 설정 된 농산물(곡류 제외)의 중금속 기준은 납과 카드뮴 총 2종이 설정되어 있다. 납은 서류, 과일류, 근채류 및 과채류에서 100 μg/kg(호박 200 μg/kg) 이하로 설정되어 있으며, 카드뮴은 서류와 근채류에서 100 μg/kg 이하, 그리고 과일류와 과채류에서 50 μg/kg(호박 100 μg/kg)로 설정되어 있다. 본 연구에서 납 함량은 대추에서 9.55-137.09 μg/kg으로 가장 높게 검출되었으며, 박고지 10.76-49.14 μg/kg, 호박 1.25-14.68 μg/kg, 곤약가루 3.98-11.55 μg/kg, 무화과 0.64-10.64 μg/kg, 고구마 0.84-

Table 8. Content of preservative and artificial colors in dried agricultural products

Food type	Place of manufacture	No. of samples	Preservatives	Artificial colors
Fruits	Domestic products	15	N.D.[1]	N.D.
	Foreign products	25	N.D.	N.D.
Vegetables	Domestic products	5	N.D.	N.D.
	Foreign products	5	N.D.	N.D.
Root vegetables	Domestic products	4	N.D.	N.D.
	Foreign products	6	N.D.	N.D.

[1]N.D.: Not detected.

Table 9. Toxic heavy metals content in dried agricultural products

No.	Pb (μg/kg)	Cd (μg/kg)	No.	Pb (μg/kg)	Cd (μg/kg)
DAP-1	N.D.[1)]	N.D.	DAP-31	N.D.	N.D.
DAP-2	N.D.	N.D.	DAP-32	5.63	N.D.
DAP-3	N.D.	N.D.	DAP-33	4.81	N.D.
DAP-4	2.60	N.D.	DAP-34	2.52	N.D.
DAP-5	1.85	N.D.	DAP-35	N.D.	N.D.
DAP-6	N.D.	N.D.	DAP-36	10.35	N.D.
DAP-7	N.D.	N.D.	DAP-37	20.92	5.09
DAP-8	N.D.	N.D.	DAP-38	9.55	N.D.
DAP-9	N.D.	4.38	DAP-39	24.94	3.12
DAP-10	2.79	N.D.	DAP-40	137.09	N.D.
DAP-11	N.D.	N.D.	DAP-41	49.14	25.67
DAP-12	N.D.	N.D.	DAP-42	21.38	27.79
DAP-13	N.D.	N.D.	DAP-43	10.76	51.76
DAP-14	1.01	N.D.	DAP-44	22.15	32.68
DAP-15	N.D.	N.D.	DAP-45	13.09	16.36
DAP-16	N.D.	N.D.	DAP-46	1.25	N.D.
DAP-17	1.05	N.D.	DAP-47	14.68	0.02
DAP-18	N.D.	N.D.	DAP-48	N.D.	N.D.
DAP-19	N.D.	N.D.	DAP-49	4.62	N.D.
DAP-20	N.D.	N.D.	DAP-50	6.02	N.D.
DAP-21	N.D.	N.D.	DAP-51	0.84	N.D.
DAP-22	N.D.	N.D.	DAP-52	8.78	7.73
DAP-23	N.D.	N.D.	DAP-53	1.10	N.D.
DAP-24	N.D.	N.D.	DAP-54	7.08	N.D.
DAP-25	N.D.	N.D.	DAP-55	2.89	N.D.
DAP-26	0.64	N.D.	DAP-56	6.46	3.17
DAP-27	6.24	N.D.	DAP-57	11.55	9.10
DAP-28	7.97	N.D.	DAP-58	7.27	9.82
DAP-29	10.64	N.D.	DAP-59	3.98	36.44
DAP-30	7.42	N.D.	DAP-60	5.96	N.D.

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

8.78 μg/kg, 살구 2.52-5.63 μg/kg, 배 2.79 μg/kg, 감 1.89-2.60 μg/kg 및 바나나 1.05 μg/kg 순으로 나타났고, 포도에서는 납이 검출되지 않았다. 식품의약품안전처의 연구[19)]에 따르면 건조되지 않은 대추의 납 함량은 최대 76 μg/kg이 검출되었으며, 호박 33 μg/kg, 살구 84 μg/kg이 검출되었다. 대추는 본 연구의 납 함량 범위 내에 있었지만, 호박과 살구에서는 더 높은 농도가 검출 된 것을 확인하였다. Lim 등[20)]은 각 과일과 채소류의 중금속 흡수 특성이나 재배 환경에 따라 함량 차이가 있을 수 있다고 보고하였으며, 건조 제품의 경우 세척이나 절단 과정에서 표면에 존재하는 중금속 일부가 제거 되었을 것으로 사료된다. 카드뮴은 박고지에서 16.36-51.76 μg/kg으로 가장 높은 농도로 측정되었으며, 곤약파우더 3.17-36.44 μg/kg, 고구마 7.73 μg/kg, 대추 3.12-5.09 μg/kg, 배 4.38 μg/kg 및 호박 0.02 μg/kg 순으로 검출되었다. 식품의약품안전처의 식품공전에 따르면, 박고지(과채류)의 카드뮴 기준치는 50 μg/kg으로 설정되어 있으며, 본 연구에서 측정된 박고지의 카드뮴 농도는 이 기준에 근접한 수준임을 확인하였다. Yu 등[21)]에 의하면 카드뮴은 인체에 독성을 미치는 중금속으로, 장기적인 노출 시 신장 및 뼈에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 보고된

바 있어 박고지 뿐만 아니라 다양한 과일과 채소류 소비에 있어 건강 위험성을 고려해야 하며, 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 생각한다.

건조 농산물의 위해성 평가

본 연구에서는 이산화황이 검출된 27건의 건조 된 농산물에 대한 위해성 지수를 평가하였으며, 그 결과는 Table 10과 같다. 흥미롭게도, 이산화황 농도가 상대적으로 낮았던 건조 감의 위해성 지수가 남성에서 4.74-16.61%, 여성에서 6.26-26.84%로 가장 높게 나타났으며, 그 뒤를 이어 고구마가 남성 6.87%, 여성 11.29%로 높은 값을 보였다. 건조 된 감과 고구마를 제외한 모든 시료에서는 위해성 지수가 10% 미만으로 나타났다. 특히, 박고지의 경우 이산화황 함량이 가장 높았음에도 불구하고, 남성이 0.15%, 여성이 0.12%로 이산화황이 낮았던 시료보다 현저히 낮은 위해지수를 보였다. 이는 시료의 섭취량과 섭취패턴에 따른 일일추정섭취량(estimated daily intake, EDI)의 차이로 다른 시료에 비해 낮은 위해성 지수가 나타난 것으로 사료된다. 본 연구에서 검출된 중금속 중 납 37건과 카드뮴 14건의 건조 된 농산물에 대한 위해성 평가 결과는 Table 11, 12와 같다. 납의 위해성 지수는 고구마에서 남성 0.11-1.24%, 여성 0.19-2.03%로 가장 높게 나타났으며, 카드뮴 역시 고구마에서 남성 4.67%, 여성 7.67%로 가장 높은 값을 보였다. 고구마를 포함한 모든 시료에서 위해성 지수는 100% 미만으로 나타나, 해당 시료들의 섭취가 안전한 수준임을 알수 있었다. 식품의약품안전처의 인체적

Table 10. Sulfur dioxide risk assessment in dried agricultural products

Sample (n=27)	SO_2 content range (mg/kg)	Male EDI range (mg/kg bw/day)	Female EDI range (mg/kg bw/day)	JECFA ADI for SO_2 (mg/kg b.w/day)	Male hazard index range (%)	Female hazard index range (%)
Persimmons (n=4)	19.68-66.25	0.03-0.12	0.04-0.19	0.70	4.74-16.61	6.26-26.84
Pears (n=1)	52.95	0.04	0.04		5.30	6.40
Mangoes (n=2)	12.07-15.15	0.00-0.00	0.00-0.00		0.13-0.17	0.40-0.49
Bananas (n=4)	16.13-27.81	0.03-0.05	0.04-0.06		4.04-7.04	5.20-9.07
Figs (n=2)	10.16-11.08	0.00-0.00	0.00-0.00		0.02-0.02	0.22-0.24
Apricots (n=4)	10.87-529.45	0.00-0.01	0.00-0.02		0.00-0.02	0.06-3.05
Dates (n=1)	12.08	0.00	0.00		0.15	0.12
Gourds (n=5)	82.99-1046.95	0.00-0.01	0.00-0.00		0.12-1.77	0.03-0.44
Sweet potatoes (n=1)	10.04	0.05	0.08		6.87	11.29
Konjac powder (n=3)	23.59-475.92	0.00-0.01	0.00-0.01		0.05-0.94	0.06-1.28

Table 11. Lead risk assessment in dried agricultural products

Sample (n=37)	Pb content range (μg/kg)	Male weekly intake range (μg/kg bw/week)	Female weekly intake range (μg/kg bw/week)	JECFA PTWI for Pb (μg/kg b.w/week)	Male hazard index range (%)	Female hazard index range (%)
Persimmons (n=2)	1.85-2.60	0.02-0.03	0.04-0.05	25	0.09-0.12	0.15-0.20
Pears (n=1)	2.79	0.01	0.02		0.06	0.07
Mangoes (n=1)	1.01	0.00	0.00		0.00	0.01
Bananas (n=1)	1.05	0.01	0.02		0.05	0.07
Figs (n=5)	0.64-10.64	0.00-0.00	0.00-0.01		0.00-0.00	0.00-0.05
Apricots (n=3)	2.52-5.63	0.00-0.00	0.00-0.00		0.00-0.00	0.00-0.01
Dates (n=5)	9.55-137.09	0.00-0.07	0.00-0.06		0.02-0.27	0.01-0.23
Gourds (n=5)	10.76-49.14	0.00-0.00	0.00-0.00		0.00-0.01	0.00-0.00
Pumpkins (n=4)	1.25-14.68	0.00-0.01	0.00-0.01		0.00-0.04	0.00-0.02
Sweet potatoes (n=5)	0.84-8.78	0.03-0.31	0.05-0.51		0.11-1.24	0.19-2.03
Konjac powder (n=5)	3.98-11.55	0.00-0.00	0.00-0.00		0.00-0.00	0.00-0.01

Table 12. Cadmium risk assessment in dried agricultural products

Sample (n=14)	Cd content range (μg/kg)	Male monthly intake range (μg/kg bw/month)	Female monthly intake range (μg/kg bw/month)	JECFA PTWI for Cd (μg/kg b.w/month)	Male hazard index range (%)	Female hazard index range (%)
Pear (n=1)	4.38	0.10	0.12	25	0.39	0.47
Dates (n=2)	3.12-5.09	0.01-0.01	0.01-0.01		0.03-0.05	0.02-0.04
Gourds (n=5)	16.36-51.76	0.00-0.02	0.00-0.00		0.02-0.06	0.00-0.02
Sweet potatoes (n=1)	7.73	1.17	1.92		4.67	7.67
Konjac powder (n=5)	3.17-36.44	0.00-0.01	0.00-0.02		0.01-0.06	0.01-0.08

용제품 위해성평가 공통지침서[22]에 의하면, 의도적으로 사용되는 식품첨가물에 대해서는 일일섭취허용량(ADI)을 기준으로 위해지수(hazard index, HI)를 산출하며, 이 위해지수가 100%을 초과할 경우 해당 물질이 위해하다고 명시되어 있다. 본 연구에서 사용된 모든 시료의 이산화황, 납, 카드뮴의 위해성 지수는 100% 미만으로 나타나, 식품의약품안전처 기준에 따라 안전한 수준으로 평가될 수 있다.

국문요약

본 연구의 시료는 2024년 2월부터 2024년 7월까지 광주광역시 내 대형마트와 로컬시장에서 건조 된 농산물 16건을 구매하였으며, 온라인 마켓에서 44건을 구입하여 총 60건으로 하였다. 제품 중 포장지에 '식품첨가물 무첨가', '원료 100%' 등의 문구가 적힌 것으로 한하여 무작위로 구입하였다. 건조 된 농산물에서의 이산화황, 보존료, 타르색소 및 유해 중금속(납, 카드뮴) 농도를 분석하고, 이를 기반으로 위해성 지수를 평가하여 관련 기준 설정을 위한 기초 데이터를 제공하는 것을 목표로 하였다. 이산화황 농도는 박고지(82.99-1046.95 mg/kg), 살구(10.87-529.45 mg/kg) 및 곤약 가루(23.59-475.92 mg/kg) 순으로 높게 검출되었으며, 이산화황의 위해성 지수는 감에서 남성이 4.74-16.61%, 여성이 6.26-26.84%로 가장 높게 나타났다. 모든 시료의 이산화황 위해성 지수는 100% 미만으로 안전하다고 판단되었다. 보존료와 타르색소는 모든 시료에서 검출되지 않았고, 유해 중금속 중 납은 대추에서 9.55-137.09 μg/kg, 박고지 10.76-49.14 μg/kg 순으로 높게 나타났으며, 카드뮴은 박고지에서 16.36-51.76 μg/kg 검출되었다. 모든 시료의 유해 중금속 위해성 지수는 100% 미만으로 안전한 수준임을 나타냈다. 본 연구는 '식품첨가물 무첨가' 등으로 표시된 건조 제품을 대상으로 실제 식품첨가물 및 유해물질의 잔류 여부와 위해성을 분석함으로써, 표시 정보와 실제 안전성 간의 연관성을 확인하고, 실질적인 노출 가능성을 반영하고자 하였다. 다만, 시료 수거 장소인 대형마트와 로컬시장이 광주광역시에 국한되었다는 제한점이 있어 향후에는 조사 지역과 시료 수를 확대하여 보다 대표성 있는 평가가 이루어질 필요가 있다. 결론적으로, 본 연구는 건조 농산물 중에서 이산화황, 보존료, 타르색소 및 유해 중금속(Pb, Cd)을 분석하고 위해성 평가를 수행함으로써 유황에 대한 기준 및 무수아황산의 규격 설정에 기여하고자 하며 유해 중금속 조사를 통해 식품 안전에 대한 소비자의 불안을 해소하고 정확한 정보를 전달하는 것을 목표로 한다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Do-woo Gim https://orcid.org/0009-0003-8224-4673
Hyo Hee Kim https://orcid.org/0000-0001-8531-9886
Soyoung Lim https://orcid.org/0009-0007-3368-7987
Suyeon Choi https://orcid.org/0000-0003-1192-2783
Eunhye Cho https://orcid.org/0000-0001-7362-017X
Jin Jeong https://orcid.org/0009-0005-4211-7025
Se Mi Lee https://orcid.org/0009-0003-5637-8301
Insook Kang https://orcid.org/0009-0009-9100-6937
Ae-Gyeong Kim https://orcid.org/0000-0002-2569-7751

References

1. Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation, 2016. Processed food market segmentation overview (No. 11-1543000-001622-01), Naju, Korea, pp. 1-4.
2. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2024. Volume 5 standards and specifications by food type. Food standards and specifications (Notice No. 2024-71), Cheongju, Korea.
3. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2024. Food standards and specifications (Notice No. 2024-56), Cheongju, Korea.
4. Korea Consumer Agency (KCA), 2021. Safety status survey

of dried fruits and vegetables, Eumseong, Korea, pp. 18.
5. Kim, J.N., 2011. Monitoring of naturally occurred sulfur dioxide and nitrite in raw materials and processed foods (11162food safety012), National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Cheongju, Korea, pp. 5-16.
6. Kang, T.S., Choi, J.C., Lee, G.Y., Lim, H.S., Park, S.J., Choi, H.J., Yoon, S.S., Lim, D.Y., Jang, S.J., Lee, S.J., Kwak, J.H., 2015. National institute of food and drug evaluation, food additives and packaging divisio (15161foodsafety009), National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Cheongju, Korea, pp. 1.
7. Choi, Y.J., Food and tar color. *Food Sci. Ind.,* **49**, 62-69 (2016).
8. Lee, J.R., Park, H.M., Ryu, K.Y., Gang, G.L., 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).
9. Kim, M.H., Kim, J.S., Sho, Y.S., Chung, S.Y., Lee, J.O., Contents of toxin metals in fruits available on Korean markets. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **36**, 523-526 (2004).
10. Kim, J.Y., Lee, J.H., Anitha, K., Kang, D.W., Kim, M.J., Yoo, J.H., Kim, D.H., Lee, J.Y., Kim, W.I., Transfer factor of heavy metals from agricultural soil to agricultural products. *Korean J. Environ. Agric.,* **31**, 300-307 (2012).
11. Eropean Food Safety Authority (EFSA), Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. *EFSA J.*, **8**, 1-96 (2010).
12. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), 2010. Summary and conclusions of seventy-third meeting (JECFA/73/sc), Geneva, Switzerland, pp. 12-13.
13. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), 2010. Summary and conclusions of seventy-second meeting (JECFA/72/sc), Geneva, Switzerland, pp. 2-4.
14. Mun, T.J., Kim, K.J., Park, S.M., Kim, H.J., Park, J.J., Kang, H.K., Jung, S.M., Lee, M.Y., Goo, J.H., Im, J.S., A study on contents of sulfites in fruits and vegetables. *Korean J. Food Preserv.,* **13**, 432-437 (2006).
15. Kim, H.Y., Lee, Y.J., Hong, K.H., Kwon, Y.K., Ko, H.S., Lee, Y.K., Lee, C.W., Studies on the contents of naturally occurring of sulfite in foods. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **32**, 544-549 (2000).
16. Hwang, D.E., Jo, H.B., Lim, J.H., Cho, G.H., Choi, S.I., Lee, C., Lee, O.H., Suh, H.J., Current status of designation and use of food preservatives in the inside and outside of the country. *Food Sci. Ind.,* **57**, 310-319 (2024).
17. Ha, S.Y., Kim, H.J., Woo, S.M., Lee, J.B., Cho, Y.J., Kim, Y.S., Bahn, K.N., Park, J.S., Kim, H.Y., Jang, Y.M., Kim, M.H., Study of sulfur dioxide contents in various fresh vegetables during the drying process. *J. Food Hyg. Saf.*, **25**, 303-309 (2010).
18. Lee, H.M., Lee, C.O., Analysis of tar color content in children's favorite foods. *Korean J. Food Preserv.,* **12**, 355-360 (2005).
19. Gyeongin Regional Office of Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2010. Monitoring of heavy metals in agricultural products (No. 10231-FS-SAF-021), Incheon, Korea, pp. 3.
20. Lim, G.H., Kim, K.H., Seo, B.H., Kim, K.R., Heavy metal accumulation in edible part of eleven crops cultivated in metal contaminated soils and their bio-concentration factor. *Korean J. Environ. Agric.,* **34**, 260-267 (2015).
21. Yu, C.W., Kwon, H.J., Estimation of multi-route exposure and aggregated risk assessment for cadmium and lead. *J. Food Hyg. Saf.*, **35**, 587-601 (2020).
22. National Institute of Food and Drug Safety Evaluation (NIFDS), 2023. Common guidelines for risk assessment of human products (No. 11-1471057-000626-01), Cheongju, Korea.
23. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2025, April 9). Food sanitation act, article 7. Act no. 20898, partial amendment. Retrieved from https://www.law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?lsiSeq=270311
24. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, October 2). Korean Food Additives Code. Appendix 4. Regulation on the recognition of natural origin for food additives. Notification no. 2024-56. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/