pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 40, No. 6, pp. 429~437 (2025)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2025.40.6.429

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

제주도 내 유통 음료 및 주류 중 인공감미료 함량 실태조사

조만재[1]* · 고경아[1] · 강은옥[2] · 이휘재[1]
[1]제주특별자치도 보건환경연구원 식품분석과
[2]제주특별자치도 상하수도본부

A Survey on Artificial Sweetener Content in Beverages and Alcoholic Drinks Distributed in Jeju Island

Man Jae Cho[1]*, Gyeong-A Ko[1], Eunok Kang[2], Hweejae Lee[1]
[1]*Food Analysis Division, Jeju Special Self-Governing Province Institute of Health and Environment, Jeju, Korea*
[2]*Waterwork Management Division, Jeju Special Self-Governing Province Water Supply and Sewage Treatment Headquarters, Jeju, Korea*

(Received November 3, 2025/Revised November 27, 2025/Accepted December 1, 2025)

ABSTRACT - Unlike sugars, artificial sweeteners are chemically synthesized compounds that provide intense sweetness with very few or no calories. In this study, the contents of acesulfame potassium, sodium saccharin, aspartame, sucralose, and neotame in 101 beverages and alcoholic drink samples distributed in Jeju were analyzed using high-performance liquid chromatography (HPLC), and their safety under regulatory limits was evaluated. Sucralose (100%) and acesulfame potassium (79.0%) were predominantly detected in the beverages, whereas aspartame (48.7%) and acesulfame potassium (46.2%) were mainly found in alcoholic drinks; however, neotame was not detected in any sample. Among the beverages, acesulfame potassium was found to be significantly higher in liquid tea (158.60 mg/kg, $P<0.05$), while sodium saccharin, aspartame, and sucralose were detected in the ranges of 3.15-6.27, 10.89-219.92, and <LOQ (below limit of quantification)-306.49 mg/kg, respectively. In the alcoholic drinks, acesulfame potassium was found to be significantly higher in other alcoholic drinks (93.04 mg/kg, $P<0.05$) and distilled spirits (83.06 mg/kg, $P<0.05$). Aspartame, sodium saccharin, and sucralose were detected in the ranges of 22.03-205.09, 43.60-45.80, and <LOQ-93.16 mg/kg, respectively. Co-use analysis showed that 64 of the 101 samples (63.4%) contained two or more artificial sweeteners, with the combination of acesulfame potassium and sucralose being the most frequently used (53 samples, 52.5%). These results indicate that while artificial sweeteners are used safely within regulatory limits, the lack of clear regulations on their combined use highlights the need to establish specific guidelines for co-use.

Key words: Food additives, Artificial sweeteners, Diet beverages, Alcoholic drinks, Safety assessment

설탕의 대체물로 널리 사용되는 감미료는 설탕의 단맛을 모방하는 식품첨가물로, 대한민국 식품첨가물공전에는 총 22종의 감미료가 등록되어 있다[1,2]. 이 중 인공감미료는 설탕보다 훨씬 강한 단맛을 제공하며, 칼로리가 거의 없거나 매우 낮아 체중 관리와 혈당 조절에 도움을 줄 수 있다[1,3]. 또한 인공감미료는 설탕 대체 시 구강 내 산 형성을 억제하여 충치 예방에도 기여하는 것으로 알려져 있다[4]. 미국 식품의약국(U.S. Food and Drug Administration, FDA)은 아세설팜칼륨(acesulfame potassium), 사카린나트륨(sodium saccharin), 아스파탐(aspartame), 수크랄로스(sucralose), 네오탐(neotame), 어드밴탐(advantame)을 인공감미료로 승인하였고, 이 중 대한민국 식품의약품안전처에서는 아세설팜칼륨, 사카린나트륨, 아스파탐, 수크랄로스, 네오탐을 인공감미료로 승인하였다[2,5,6].

소비자들은 음료나 주류를 선택할 때 칼로리가 낮은 제품을 선호하는 경향이 있으며, 이는 칼로리 섭취를 최소화하면서 단맛을 즐기기 위함이다[7]. 최근 건강과 체중 관

*Correspondence to: Man Jae Cho, Jeju Institute of Health and Environment, Jeju 63142, Korea
Tel: +82-64-710-6963, Fax: +82-64-710-7549
E-mail: cmj0521@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.

리에 대한 관심이 증가함에 따라, 설탕 대신 인공감미료를 사용한 제로(zero) 음료 시장이 급격히 성장하고 있다[8,9]. 국내외 주요 식음료 기업들은 인공감미료를 활용하여 기존 제품 대비 칼로리를 낮춘 다양한 제품을 출시하고 있으며, 이러한 제품군은 헬시 플레저(healthy pleasure) 트렌드와 맞물려 소비자들로부터 높은 수요를 얻고 있다[10,11]. 특히 제로 음료는 건강 중심의 소비 패턴 확산에 따라 시장 규모가 지속적으로 확대되고 있으며, 이 과정에서 인공감미료의 사용량 또한 증가하는 추세를 보이고 있다[12]. 이러한 경향은 인공감미료가 함유된 음료 및 주류가 다이어트와 건강한 생활을 추구하는 소비자들에게 매력적인 선택지로 인식되고 있음을 시사한다[13,14].

그러나 2023년에 세계보건기구(World Health Organization, WHO)는 체중 감량 또는 비만 예방을 목적으로 한 인공감미료 사용을 권장하지 않는다는 입장을 발표하였다[15]. 최근 연구에서는 일부 인공감미료가 심혈관 질환의 발생에 영향을 미칠 수 있으며, 장내 유익균 감소 및 대사 기능 저하를 유발하여 대사증후군 및 제2형 당뇨병의 위험을 증가시킬 수 있다는 결과가 보고되었다[16-18]. 또한 사카린나트륨과 수크랄로스는 식욕을 증가시킬 수 있으며, 아스파탐은 국제 암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에 의해 발암 가능성이 있는 물질(Group 2B)로 분류되었다[19,20]. 일부 연구에서는 인공감미료가 우울증 및 호르몬 불균형을 유발할 가능성이 있으며, 태아의 체중 증가 및 자녀의 비만 위험을 높일 수 있다는 부정적인 결과도 제시되었다[21,22].

식품의약품안전처는 인공감미료의 안전한 사용을 보장하기 위해 각 물질별로 평생 동안 매일 섭취하더라도 건강에 유해한 영향을 미치지 않는 하루 허용섭취량(acceptable daily intake, ADI)을 설정하여 그보다 훨씬 적은 양을 사용하도록 품목별로 사용기준을 식품첨가물공전에 고시하여 관리하고 있다[2,23]. 현재 식품공전에 등록된 제품의 기준규격 검사는 정부의 수거검사를 통해 지속적으로 모니터링하고 있으나, 지자체 단위의 식품첨가물에 대한 모니터링은 미비한 실정이다. 따라서 인공감미료가 포함된 음료 및 주류에 대한 사용 수준을 조사하여 실제로 안전 기준을 준수하고 있는지를 확인할 필요가 있다.

본 연구는 제주도 내에서 유통되는 음료 및 주류에 사용된 인공감미료의 사용 현황과 안전성을 평가함으로써, 지역 식품안전 관리체계의 실효성을 강화하는 데 기여하고자 한다. 또한 인공감미료 사용 실태를 객관적으로 분석함으로써 소비자에게 보다 안전하고 신뢰성 있는 식품 선택 정보를 제공하고, 향후 식품첨가물 관리정책 수립 및 지역 단위의 모니터링 체계 구축을 위한 기초자료로 활용될 수 있도록 기여하고자 한다.

Materials and Methods

실험재료

인공감미료 함량 실험을 위해 2025년 3월부터 7월까지 시중 대형마트 및 지역마트에서 유통 중인 인공감미료(아세설팜칼륨, 사카린나트륨, 아스파탐, 수크랄로스, 네오탐)가 함유된 음료 5종(과·채음료, 액상차, 커피, 탄산음료, 혼합음료) 62건과 주류 6종(과실주, 기타주류, 살균약주, 살균탁주, 탁주, 일반증류주) 39건을 구입하였다. 이들 총 101건의 시료에 대해 인공감미료 함량을 분석하였고, 각각의 인공감미료에 ADI 및 품목별 사용기준과 비교하였다(Table 1).

실험에 사용된 아세토니트릴과 메탄올은 Thermo Fisher Scientific (Waltham, MA, USA) 제품을 사용하였고, 1-헵탄설폰산나트륨와 트리에틸아민, 아세설팜칼륨, 사카린나트륨, 아스파탐, 수크랄로스, 네오탐은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 또한, 10% TAP-OH (Tetrapropyl ammonium hydroxide)와 인산은 Wako Pure Chemical Corporation (Fujifilm, Osaka, Japan)에서 구입하여 사용하였다.

음료 및 주류 전처리

아세설팜칼륨, 사카린나트륨 및 아스파탐의 함량 분석을 위한 시료 전처리는 대한민국 식품의약품안전처 식품공전[24]에 제시된 방법에 따라 전처리를 수행하였다. 시료를 약 5 g을 취하고 물을 가해 50 mL로 하여 0.45 μm PVDF syringe filter (ChemcoKorea Co., Ltd., Cheongju, Korea)로 여과한 액을 시험용액으로 사용하였다. 수크랄로스의 함

Table 1. ADI and usage guidelines for artificial sweeteners in beverages and alcoholic drinks

Artificial sweeteners	ADI[1)]	Usage guidelines
Acesulfame potassium	15 mg/kg/day	Beverages (≤500 mg/kg), alcoholic drinks (≤350 mg/kg)
Sodium saccharin	5 mg/kg/day	Beverages (≤200 mg/kg), takju (≤800 mg/kg), soju (≤800 mg/kg), fruit wines (≤800 mg/kg)
Aspartame	40 mg/kg/day	Beverages and alcoholic drinks (no restriction)
Sucralose	5 mg/kg/day	Beverages (≤400 mg/kg), alcoholic drinks (≤580 mg/kg)
Neotame	0.3 mg/kg/day	Not permitted for use in beverages and alcoholic drinks

[1)]ADI: Acceptable daily intake.

량을 분석하기 위한 시료의 전처리는 대한민국 식품의약품안전처 식품첨가물공전[2]에 제시된 방법을 변경하여 전처리를 실시하였다. 시료를 약 1 g을 취하고 아세토니트릴과 증류수(15:85)의 혼합액에 녹여 10 mL로 한 다음 0.45 μm PVDF syringe filter로 여과한 액을 시험용액으로 사용하였다. 네오탐의 함량을 분석하기 위한 시료의 전처리는 식품첨가물공전[2]에 제시된 방법을 변경하여 실시하였다. 시료 5 g을 정밀히 달아 이동상을 가해 50 mL로 하여 0.45 μm PVDF syringe filter로 여과한 액을 시험용액으로 사용하였다. 모든 시료는 취하기 전에 탄산가스가 있는 경우에는 10분간 초음파 처리하여 탄산가스를 제거하였고, 알코올을 함유한 경우 70°C의 수욕상에서 15분간 가온하여 알코올을 증발시켜 시료를 취하였다. 이 과정에서 증발로 인해 부족한 양은 증류수를 추가하여 수분보정을 실시하였다.

아세설팜칼륨, 사카린나트륨 및 아스파탐 함량

아세설팜칼륨, 사카린나트륨 및 아스파탐의 함량은 대한민국 식품의약품안전처 식품공전[24]에 제시된 방법에 따라 분석하였으며, 표준물질로는 아세설팜칼륨, 사카린나트륨, 아스파탐을 사용하였다. 해당 표준물질을 증류수로 희석하여 표준검량곡선을 작성한 후 정량하였다. 분석에 사용된 HPLC/PDA는 Alliance 2695 (Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였고, 컬럼은 Capcell Pak C18 MG (5 μm, 4.6×250 mm, Osaka Soda, Osaka, Japan)를 사용하였다 (Table 2). 이동상은 10% TPA-OH 20.3 mL를 메탄올과 증류수(20:80)의 혼합액 약 900 mL에 녹이고 인산으로 pH를 4.0으로 조정한 다음에 메탄올과 증류수(20:80) 혼합액으로 전량을 1,000 mL로 하였다.

수크랄로스 함량

수크랄로스의 함량은 대한민국 식품의약품안전처 식품첨가물공전[2]에 제시된 방법에 따라 분석하였으며, 표준물질로는 수크랄로스를 사용하였다. 해당 표준물질을 아세토니트릴과 증류수(15:85)의 혼합액으로 희석하여 표준검량곡선을 작성한 후 정량하였다. 분석에 사용된 HPLC/RI는 Alliance 2695 (Waters)를 사용하였고, 컬럼은 Nova-Pak® C18 (4 μm, 150 mm×4.6 mm, Waters)를 사용하였다 (Table 2). 이동상은 아세토니트릴과 증류수(15:85)의 혼합액으로 하였다.

네오탐 함량

네오탐의 함량은 대한민국 식품의약품안전처 식품첨가물공전[2]에 제시된 방법을 변경하여 분석하였으며, 표준물질로는 네오탐을 사용하였다. 해당 표준물질을 증류수로 희석하여 표준검량곡선을 작성한 후 정량하였다. 분석에 사용된 HPLC/PDA는 Alliance 2695 (Waters)를 사용하였고, 컬럼은 Capcell Pak C18 MG (5 μm, 4.6×250 mm, Osaka Soda)를 사용하였다(Table 2). 이동상은 1-헵탄설폰산나트륨 3.0 g을 증류수 740 mL에 녹이고, 트리에틸아민 3.8 mL를 가한 다음, 인산으로 pH를 3.5로 조정한 뒤, 물을 가하여 750 mL로 하였다. 여기에 아세토니트릴 250 mL을 가하고 인산으로 pH를 3.7로 조정한 용액과 아세토니트릴(90:10) 혼합액으로 하였다.

분석법 검증

본 실험의 유효성 검증은 대한민국 식품의약품안전평가원의 식품 등 시험법 마련 표준절차에 관한 가이드라인[25]에 근거하여 직선성(linearity), 정확성(accuracy), 정밀성(precision), 검출한계(limit of detection), 정량한계(limit of quantification) 및 회수율(recovery)을 측정하였다. 아세설팜칼륨, 사카린나트륨 및 아스파탐 표준용액의 직선성은 표준용액이 2, 5, 10, 25, 50 mg/L 농도가 되도록 하였고, 수크랄로스 표준용액의 직선성은 표준용액이 1, 5, 25, 100, 400 mg/L 농도가 되도록 하였으며, 네오탐 표준용액의 직선성은 표준용액이 0.2, 0.5, 1, 2, 5 mg/L 농도가 되도록 하여 각각 희석한 후 HPLC/PDA와 HPLC/RI에 주입하여 얻어진 피크면적으로부터 검량선을 작성하였다. 정확성과 정밀성은 아세설팜칼륨, 사카린나트륨 및 아스파탐이 검출되지 않는 시료(음료와 주류)에 아세설팜칼륨, 사카린나

Table 2. HPLC analysis condition for acesulfame potassium, sodium saccharin, aspartame, sucralose, and neotame

Item	Condition		
Analysis items	Acesulfame potassium, sodium saccharin, aspartame	Sucralose	Neotame
Instrument	Alliance 2695, Waters	Alliance 2695, Waters	Alliance 2695, Waters
Column	Capcell Pak C18 MG (5 μm, 4.6×250 mm)	Nova-Pak® C18 (4 μm, 150 mm×4.6 mm)	Capcell Pak C18 MG (5 μm, 4.6×250 mm)
Column temperature	40°C	Room temperature	45°C
Flow rate	1.0 mL/min	1.5 mL/min	1.5 mL/min
Detector	PDA at 210 nm	RI	PDA at 210 nm
Injection volume	10 μL	20 μL	25 μL

트륨 및 아스파탐 최종농도가 10 mg/L가 되도록 첨가하고, 수크랄로스는 최종농도가 100 mg/L 되도록 첨가하였으며, 네오탐은 최종농도가 2 mg/L가 되도록 첨가하여 회수율과 상대표준편차로 측정하였다. 검출한계와 정량한계는 식품 등 시험법 마련 가이드라인에 따라 다음과 같은 식으로 산출하였다.

검출한계(limit of detection, LOD)=3.3×σ/S (1)

정량한계(limit of quantification, LOQ)=10×σ/S (2)

이때 σ는 절편의 평균표준편차이며 S는 기울기의 평균을 의미한다.

통계분석

모든 실험 결과에 대한 통계 처리는 SPSS 24.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 수행하였다. 분산분석(ANOVA) 후, Duncan의 다중 범위 검정(Duncan's multiple range test)을 통해 $P<0.05$ 수준에서 유의적인 차이를 검정하였다.

Results and Discussion

분석법 검증

정량 분석을 위해 표준용액의 검량 범위는 아세설팜칼륨, 사카린나트륨, 아스파탐에서 2-50 mg/L, 수크랄로스에서 1-400 mg/L, 네오탐에서 0.2-5 mg/L로 설정하고, 외부표준법을 이용하여 검량선을 작성하였다. 모든 분석 대상 화합물에서 직선성(R^2=0.9999)이 매우 우수하게 나타나 정량분석에 적합한 선형 범위를 확보하였다. 정확성은 98.87-100.81% 범위로 나타나 이론값과 매우 근접하였으며, 이를 통해 높은 신뢰도의 분석이 가능함을 확인하였다. 정밀성은 모든 인공감미료에서 1.44% 이하로 나타나 분석의 반복 신

Table 3. Correlation coefficient, accuracy, precision, LOD, LOQ, and recovery of artificial sweeteners

Analysis items	Correlation coefficient (R^2)	Accuracy (%)	Precision (%)	LOD[1)] (mg/L)	LOQ[2)] (mg/L)	Recovery±SD[3)] (%)
Acesulfame potassium	0.9999	99.39	0.25	0.008	0.25	99.23±0.12
Sodium saccharin	0.9999	98.87	0.18	0.06	0.19	99.18±0.04
Aspartame	0.9999	100.06	0.59	0.19	0.59	100.00±0.41
Sucralose	0.9999	99.80	0.70	2.32	7.04	98.49±0.29
Neotame	0.9999	100.81	1.44	0.09	0.29	99.72±0.98

[1)]LOD: Limit of detection.
[2)]LOQ: Limit of quantification.
[3)]SD: Standard deviation.

Table 4. Distribution of artificial sweeteners usage frequency by food type in beverages and alcoholic drinks (unit: items)

Food type		Number of cases	Acesulfame potassium	Sodium saccharin	Aspartame	Sucralose	Neotame
Beverages	Fruit and vegetable beverages	1	1	0	0	1	0
	Liquid tea	7	5	0	0	7	0
	Coffee	6	5	0	0	6	0
	Carbonated beverages	35	30	2	4	35	0
	Mixed beverages	13	8	0	0	13	0
	Subtotal	62	49	2	4	62	0
Alcoholic drinks	Fruit wine	3	0	0	0	3	0
	Other alcoholic drinks	8	2	0	2	5	0
	Pasteurized low-alcohol rice wine	2	1	0	2	0	0
	Pasteurized takju	8	5	2	6	1	0
	Takju	14	8	0	9	4	0
	Distilled spirits	4	2	0	0	4	0
	Subtotal	39	18	2	19	17	0
Total		101	67	4	23	79	0

뢰성이 높음을 확인하였다. 수크랄로스는 다른 감미료에 비해 검출한계(LOD)는 2.32 mg/L이고, 정량한계(LOQ) 7.04 mg/L으로 다소 높게 측정되었다. 인공감미료가 없는 시료를 이용한 회수율은 98.49-100.00%로 확인되었다(Table 3.).

음료 및 주류의 식품유형에 따른 인공감미료 사용분포

음료와 주류의 식품유형에 따른 인공감미료 사용 분포를 분석한 결과(Table 4), 음료에서는 총 62건 중 수크랄로스가 62건(100%)으로 모든 시료에서 검출되었으며, 그 다음으로 아세설팜칼륨(49건, 79.0%), 아스파탐(4건, 6.5%), 사카린나트륨(2건, 3.2%) 순으로 검출되었다. 주류에서는 총 39건 중 아스파탐이 19건(48.7%)으로 가장 높은 검출빈도를 보였으며, 아세설팜칼륨(18건, 46.2%), 수크랄로스(17건, 43.6%), 사카린나트륨(2건, 5.1%) 순으로 검출되었다. 아세설팜칼륨은 과실주를 제외한 모든 식품유형의 시료에서 검출되었으며, 수크랄로스는 살균탁주를 제외한 모든 식품유형의 시료에서 검출되었다. 아스파탐은 주로 주류에서 검출되는 경향을 보였고, 사카린나트륨은 탄산음료와 살균탁주에서만 검출되었다. 한편, 네오탐은 모든 시료에서 검출되지 않아, 제주도 내에서 유통되는 음료 및 주류에는 사용되지 않은 것으로 추정되지만, 이는 제한된 시료를 기반으로 한 결과이므로 더 많은 시료에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

음료에서 인공감미료 함량

음료의 인공감미료 함량(Table 5)을 분석한 결과, 아세설팜칼륨은 8.09-250.34 mg/kg으로 확인되었으며, 특히 액상차(158.60 mg/kg)에서 유의하게 높은 함량을 나타냈다 (P<0.05). 커피, 탄산음료, 혼합음료는 액상차 다음으로 높은 함량을 보였고, 과·채음료에서 가장 낮았다. 아세설팜칼륨이 액상차에서 유의적으로 높은 함량을 나타낸 것은 액상차의 성분 특성과 제조 과정의 특성이 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 차 추출물은 카테킨, 탄닌 등의 폴리페놀 성분으로 인해 쓴맛과 떫은맛이 상대적으로 강하게 나타나는 것으로 보고되어 왔으며, 이러한 맛 특성을 소비자 기호에 맞추기 위해 감미 조절이 이루어지는 경우가 많다[26,27]. 아세설팜칼륨은 강한 단맛과 우수한 열안정성을 갖는 감미료로서 고온 공정을 거치는 음료류에서 널리 사용된다고 알려져 있으며, 이러한 특성으로 인해 액상차 제조 시 사용 빈도가 높을 가능성이 있다[28,29]. 따라서 액상차에서 관찰된 높은 아세설팜칼륨 함량은 차 추출물의 고유한 맛 특성과 감미료의 열안정성에 기반한 제조 공정상의 선택이 복합적으로 작용한 결과로 사료된다. 수크랄로스는 모든 음료에서 검출되었으며, 함량은 <LOQ-306.49 mg/kg으로 나타났다. 특히 커피에서는 1.90 mg/kg (<LOQ)로 정량한계보다 낮게 검출되었고, 혼합음료에서는 306.49 mg/kg로 가장 높게 검출되었다. 수크랄로스는 식품유형 간에 유의한 차이가 없었다(P>0.05). 사카린나트륨은 3.15-6.27 mg/kg, 아스파탐은 10.89-219.92 mg/kg으로 탄산음료만에서 검출되었고, 네오탐은 모든 음료에서 검출되지 않았다.

주류에서 인공감미료 함량

주류의 인공감미료 함량(Table 6)을 분석한 결과, 아세설팜칼륨은 24.10-129.06 mg/kg으로, 기타주류(93.04 mg/kg)와 일반증류주(83.06 mg/kg)에서 유의적으로 가장 높았고(P<0.05), 과실주에서는 아세설팜칼륨이 검출되지 않았

Table 5. Analysis of artificial sweeteners in beverages

Food type	Number of cases	Acesulfame potassium (mg/kg)	Sodium saccharin (mg/kg)	Aspartame (mg/kg)	Sucralose (mg/kg)	Neotame (mg/kg)
Fruit and vegetable beverages	1	8.09±0.12^{c}[1] (8.09)[2]	N.D.[3]	N.D.	105.27±4.00^{a} (105.27)	N.D.
Liquid tea	7	158.60±71.57^{a} (43.07-221.56)	N.D.	N.D.	161.43±89.19^{a} (55.28-266.70)	N.D.
Coffee	6	76.48±30.47^{b} (41.27-124.97)	N.D.	N.D.	112.70±122.65^{a} (<LOQ[4]-290.54)	N.D.
Carbonated beverages	35	95.16±51.74^{b} (28.63-250.34)	4.72±2.18^{a} (3.15-6.27)	153.36±68.90^{a} (79.95-219.92)	129.91±64.67^{a} (11.08-238.99)	N.D.
Mixed beverages	13	87.18±39.24^{b} (41.21-134.25)	N.D.	N.D.	159.25±103.42^{a} (46.60-306.49)	N.D.
Total	62	96.65±54.39 (8.09-250.34)	4.72±2.18 (3.15-6.27)	153.36±68.90 (79.95-219.92)	137.56±81.97 (<LOQ-306.49)	N.D.

[1]Means with different letters (a-c) in the same column are significantly different at P<0.05.
[2]The values indicate mean±standard deviation (min-max) of data.
[3]N.D.: Not detected.
[4]<LOQ: Below limit of quantification.

Table 6. Analysis of artificial sweeteners in alcoholic drinks

Food Type	Number of cases	Acesulfame potassium (mg/kg)	Sodium saccharin (mg/kg)	Aspartame (mg/kg)	Sucralose (mg/kg)	Neotame (mg/kg)
Fruit wine	3	N.D.[1)]	N.D.	N.D.	60.79±16.69[a2)] (43.29-77.11)[3)]	N.D.
Other alcoholic drinks	8	93.04±55.55[a] (57.02-129.06)	N.D.	42.72±23.71[ab] (25.95-59.48)	24.45±13.77[bc] (<LOQ[4)]-44.44)	N.D.
Pasteurized low-alcohol rice wine	2	24.10±1.87[b] (24.10)	N.D.	35.45±18.98[b] (22.03-48.87)	N.D.	N.D.
Pasteurized takju	8	57.38±21.19[ab] (33.90-79.25)	44.70±1.54[a] (43.60-45.80)	70.80±26.03[ab] (48.52-106.56)	17.76±0.00[c] (17.76)	N.D.
Takju	14	50.78±25.89[ab] (30.47-102.19)	N.D.	89.85±57.92[a] (22.48-205.09)	47.51±4.63[ab] (42.67-53.70)	N.D.
Distilled spirits	4	83.06±44.43[a] (51.41-114.71)	N.D.	N.D.	62.46±24.52[a] (34.53-93.16)	N.D.
Total	39	59.06±29.99 (24.10-129.06)	44.70±1.54 (43.60-45.80)	73.15±46.18 (22.03-205.09)	44.84±22.20 (<LOQ-93.16)	N.D.

[1)]N.D.: Not detected.
[2)]Means with different letters (a-c) in the same column are significantly different at $P<0.05$.
[3)]The values indicate mean±standard deviation (min-max) of data.
[4)]<LOQ: Below limit of quantification.

다. 기타주류와 일반증류주에서 아세설팜칼륨이 유의적으로 높게 검출된 것은 높은 도수의 알코올 환경에서 감미료의 안정성과 용해도가 주요 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 아세설팜칼륨은 알코올 함량이 높은 조건에서도 비교적 잘 용해되며 안정적으로 유지되며, 이러한 특성이 증류주 특유의 알코올 자극이나 쓴맛을 일부 완화하는 데 기여할 가능성이 있다[30]. 또한, 칼로리 증가 없이 단맛을 제공할 수 있는 특성으로 인해 최근 주류 시장에서 강조되는 저칼로리 제품 개발 흐름과 맞물려 사용량이 증가했을 가능성이 있어 주류에서 높은 함량을 나타낸 요인으로 추정된다. 사카린나트륨은 살균탁주에서만 검출되었으며, 함량은 43.60-45.80 mg/kg이었다. 아스파탐은 22.03-205.09 mg/kg으로, 탁주에서 89.85 mg/kg으로 가장 높았다. 수크랄로스은 <LOQ-93.16 mg/kg으로 나타났고, 기타주류에서 6.54 mg/kg (<LOQ)로 정량한계보다 낮은 함량이 검출되었다. 그리고 일반증류주(62.46 mg/kg)와 과실주(60.79 mg/kg)에서 유의적으로 높았고, 살균탁주에서 유의적으로 가장 낮았다($P<0.05$) 한편, 네오탐은 모든 시료에서 검출되지 않았다.

인공감미료 병용 사용 분석

식품 유형별 인공감미료의 병용 사용 현황(Table 7)을 분석한 결과, 총 101건의 시료 중 1종의 인공감미료만 사용된 경우는 37건(36.6%)이었으며, 2종 또는 3종 이상의 인공감미료가 병용된 경우는 64건(63.4%)으로 나타났다. 음료류에서는 아세설팜칼륨과 수크랄로스가 병용된 사례가 48건으로 가장 많았으며, 여기에 다른 감미료가 함께 사용된 3종 병용 사례 5건을 포함하면 총 53건(52.5%)에서 이 두 감미료가 함께 사용되었다. 특히 액상차 시료에서 아세설팜칼륨(149.58 mg/kg)과 수크랄로스(216.24 mg/kg)가 병용된 경우 중에 상대적으로 높은 농도 수준에서 인공감미료가 사용된 것이 확인되었다. 아세설팜칼륨과 수크랄로스가 병용 사용이 많은 이유는 두 감미료가 서로의 감미 특성을 상호 보완하기 때문이다[31]. 아세설팜칼륨은 단맛 발현이 빠르고 감미도가 높지만, 다소 쓴맛이나 금속성 잔미가 남는다[32]. 반면 수크랄로스는 감미 지속성과 열안정성이 우수하며, 설탕과 유사한 후미를 제공한다[33]. 병용 시 단맛의 강도와 지속성을 향상시키고, 잔미를 줄여 전반적인 관능적 품질을 개선할 수 있다[34]. 또한, 두 감미료는 감미 시너지 효과를 나타내어 개별 사용보다 감미 효율이 높고, 제조비용 절감에도 유리하다[35]. 이러한 이유로 수크랄로스와 아세설팜칼륨의 병용은 다양한 음료 및 주류 제품에서 선호된다. 일부 제품에서 확인된 3종 이상의 인공감미료 병용은 감미 강도 조절 뿐만 아니라, 각 감미료의 감미 발현 속도, 지속성, 후미 특성을 상호 보완하여 특정 관능 특성을 재현하기 위한 목적에서 비롯된 것으로 판단된다. 또한 이러한 병용은 저장 중 감미 안정성을 확보하고, 다양한 원료 간 상호작용에 따른 맛의 불균형을 완화하기 위한 기술적 접근으로 해석된다. 아스파탐은 주류에서 상대적으로 많이 사용되는데, 이는 에탄올과의 상호작용으로 단맛이 안정적으로 유지되고, 청량하며

Table 7. Distribution of artificial sweeteners used in combination by food type

Food type	Number of cases	Acesulfame potassium	Sodium saccharin	Aspartame	Sucralose	Neotame
Fruit and vegetable beverages	1	○	-	-	○	-
Liquid tea	5	○	-	-	○	-
	2	-	-	-	○	-
Coffee	5	○	-	-	○	-
	1	-	-	-	○	-
Carbonated beverages	4	○	-	○	○	-
	1	○	○	-	○	-
	25	○	-	-	○	-
	5	-	-	-	○	-
Mixed beverages	8	○	-	-	○	-
	5	-	-	-	○	-
Fruit wine	3	-	-	-	○	-
Other alcoholic drinks	1	○		○	-	-
	5	-	-	-	○	-
	1	○	-	-	-	-
	1	-	-	○	-	-
Pasteurized low-alcohol rice wine	1	○	-	○	-	-
	1	-	-	○	-	-
Pasteurized takju	2	○	○	○	-	-
	2	○	-	○	-	-
	2		-	○	-	-
	1	○	-	-	-	-
	1	-	-	-	○	-
Takju	2	○	-	-	○	-
	5	○	-	○	-	-
	1	○	-	-	-	-
	4	-	-	○	-	-
	2				○	
Distilled spirits	2	○	-	-	○	-
	2	-	-	-	○	-

깔끔한 감미 특성으로 음용 시 상쾌함을 제공하기 위함이다[36]. 아스파탐은 설탕 대비 약 200배 감미도를 가지며 열량이 거의 없어 저열량 주류 제품에서 효과적이다[37]. 그러나 열에 민감하여 가열 공정이나 장시간 저장 시 분해되므로, 일반 음료, 특히 가열 처리나 장기간 보관이 필요한 음료에서는 사용이 제한적이다[38]. 이러한 특성으로 아스파탐은 주로 저온 음료, 냉장 디저트 및 주류에서 활용된다[1,39]. 현재 국내외에서는 인공감미료 개별 사용 기준은 설정되어 있으나, 병용 사용에 대한 명확한 기준이나 규격은 부재하다. 감미료 간 병용은 감미 증강 뿐 아니라 예기치 못한 상호작용이나 섭취량 증가의 위험을 초래할 수 있으므로, 식품 유형별·조합별 사용 기준 설정과 표시 의무화 등 제도적 정비가 필요하다. 향후 인공감미료 병용 실태를 지속적으로 모니터링하고, 안전성과 소비자 인식 측면에서 관리 체계를 강화할 필요가 있다.

Acknowledgement

본 연구는 2025년도 제주특별자치도 보건환경연구원 연구사업 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

국문요약

인공 감미료는 화학적 합성물로, 설탕과 달리 칼로리가 매우 낮거나 없으면서도 강한 단맛을 나타내는 물질이다. 본 연구에서는 제주지역에서 유통 중인 음료 및 주류 101건을 대상으로 아세설팜칼륨, 사카린나트륨, 아스파탐, 수크랄로스, 네오탐의 함량을 고성능 액체크로마토그래피(HPLC)로 분석하여, 기준규격 이하로 안전하게 사용되는지 여부를 평가하였다. 음료에서는 수크랄로스(100%)와 아세설팜칼륨(79.0%)이, 주류에서는 아스파탐(48.7%)과 아세설팜칼륨(46.2%)이 주로 검출되었으며, 네오탐은 모든 시료에서 검출되지 않았다. 음료에서는 액상차(158.60 mg/kg)에서 아세설팜칼륨 함량이 유의하게 높게 나타났으며(P<0.05), 사카린나트륨, 아스파탐, 수크랄로스는 각각 3.15-6.27, 10.89-219.92, <LOQ-306.49 mg/kg 범위에서 검출되었다. 주류에서는 기타주류(93.04 mg/kg)와 일반증류주(83.06 mg/kg)에서 아세설팜칼륨이 유의하게 높게 나타났고(P<0.05), 아스파탐, 사카린나트륨, 수크랄로스는 각각 22.03-205.09, 43.60-45.80, <LOQ-93.16 mg/kg 범위에서 검출되었다. 병용 사용 분석 결과, 전체 101건 중 64건(63.4%)에서 2종 또는 3종 이상의 인공감미료가 함께 사용되었으며, 특히 아세설팜칼륨과 수크랄로스의 조합이 53건(52.5%)으로 가장 많았다. 이러한 결과는 인공감미료가 기준규격 이하로 안전하게 사용되고 있으나, 병용 사용에 대한 명확한 규제가 부재함을 시사하며, 이에 관한 병용 사용 기준 설정의 필요성을 나타낸다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Man Jae Cho https://orcid.org/0000-0002-0166-4111
Gyeong-A Ko https://orcid.org/0000-0002-9530-0094
Eunok Kang https://orcid.org/0000-0003-3897-265X
Hweejae Lee https://orcid.org/0009-0007-5095-7598

References

1. Chattopadhyay, S., Raychaudhuri, U., Chakraborty, R., Artificial sweeteners-a review. *J. Food Sci. Technol.*, **51**, 611-621 (2014).
2. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2025, October 31). Food code. Retrieved from https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FA
3. Magnuson, B.A., Carakostas, M.C., Moore, N.H., Poulos, S.P., Renwick, A.G., Biological fate of low-calorie sweeteners. *Nutr. Rev.*, **74**, 670-689 (2016).
4. Imfeld, T., Efficacy of sweeteners and sugar substitutes in caries prevention. *Caries Res.*, **27**, 50-55 (1993).
5. Poshala, K.K., Artificial sweeteners: a review. *Int. J. Eng. Sci. Comput.*, **10**, 27416-27421 (2020).
6. Kang, H.H., Yun, C.I., Choi, S.N., Oh, K.S., Kim, Y.J., Occurrence and risk characterization of non-nutritive sweeteners in selected food products from Korea. *Food Sci. Biotechnol.*, **31**, 37-48 (2022).
7. Asioli, D., Næs, T., Granli, B.S., Lengard Almli, V., Consumer preferences for iced coffee determined by conjoint analysis: An exploratory study with Norwegian consumers. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **49**, 1565-1571 (2014).
8. Shin, S.Y., Yun, S.J., A study on the package design of zero beverage based on color association: focused on birak sweet rice drink. *J. Brand Des. Assoc. Korea*, **23**, 289-298 (2025).
9. Park, B.H., Kim, Y.G., Nam, J.H., A study on zero-calorie drinks perception with big data analysis. *J. Tour. Enhanc.*, **12**, 115-134 (2024).
10. Youk, J.S., Kim, J.H., The sociocultural meaning of zero-calorie beverage consumption: a qualitative study on health perceptions and beverage choices among young adults in South Korea. *KJFHC*, **10**, 21-27 (2024).
11. Hallak, R., Onur, I., Lee, C., Consumer demand for healthy beverages in the hospitality industry: examining willingness to pay a premium, and barriers to purchase. *PLoS One*, **17**, e0267726 (2022).
12. Jung, E.Y., A study on zero-calorie drinks: focusing on market analysis and academic research trends. *KSW*, **18**, 135-140 (2023).
13. Chen, H.P., Kao, Y., Lin, M.W., Lee, C.T., Wu, H.T., Kuo, H.Y., Potential effects of low-calorie sweeteners on human health. *Nutrients*, **17**, 2726 (2025).
14. Kreimeyer, H., Sydor, S., Buchholz, L., Toskal, C., Özcürümez, M., Schnabl, B., Syn, W.K., Sowa, J.P., Manka, P., Canbay, A., Non-alcoholic beer influences glucose and lipid metabolism and changes body composition in healthy, young, male adults. *Nutrients*, **17**, 1625 (2025).
15. World Health Organization (WHO), 2023. Use of non-sugar sweeteners: WHO guideline, first ed, WHO, Geneva, Switzerland, pp. 1-32.
16. Risdon, S., Meyer, G., Marziou, A., Riva, C., Roustit, M., Walther, G., Artificial sweeteners impair endothelial vascular reactivity: preliminary results in rodents. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*, **30**, 843-846 (2020).
17. Burke, M.V., Small, D.M., Physiological mechanisms by which non-nutritive sweeteners may impact body weight and metabolism. *Physiol. Behav.*, **152**, 381-388 (2015).
18. Pepino, M.Y., Metabolic effects of non-nutritive sweeteners. *Physiol. Behav.*, **152**, 450-455 (2015).
19. Romo-Romo, A., Aguilar-Salinas, C.A., Gómez-Díaz, R.A., Brito-Córdova, G.X., Gómez-Velasco, D.V., López-Rocha, M.J., Almeda-Valdés, P., Non-nutritive sweeteners: evidence on their association with metabolic diseases and potential effects on glucose metabolism and appetite. *Rev. Invest. Clin.*, **69**, 129-138 (2017).

20. Riboli, E., Beland, F.A., Lachenmeier, D.W., Marques, M.M., Phillips, D.H., Schernhammer, E., Afghan, A., Assunção, R., Caderni, G., Corton, J.C., de Aragão Umbuzeiro, G., de Jong, D., Deschasaux-Tanguy, M., Hodge, A., Ishihara, J., Levy, D.D., Mandrioli, D., McCullough, M.L., McNaughton, S.A., Morita, T., Nugent, A.P., Ogawa, K., Pandiri, A.R., Sergi, C.M., Touvier, M., Zhang, L., Benbrahim-Tallaa, L., Chittiboyina, S., Cuomo, D., DeBono, N.L., Debras, C., de Conti, A., El Ghissassi, F., Fontvieille, E., Harewood, R., Kaldor, J., Mattock, H., Pasqual, E., Rigutto, G., Simba, H., Suonio, E., Viegas, S., Wedekind, R., Schubauer-Berigan, M.K., Madia, F., Carcinogenicity of aspartame, methyleugenol, and isoeugenol. *Lancet. Oncol.*, **24**, 848-850 (2023).
21. Choudhary, A.K., Lee, Y.Y., Neurophysiological symptoms and aspartame: what is the connection? *Nutr. Neurosci.*, **21**, 306-316 (2018).
22. Azad, M.B., Sharma, A.K., de Souza, R.J., Dolinsky, V.W., Becker, A.B., Mandhane, P.J., Turvey, S.E., Subbarao, P., Lefebvre, D.L., Sears, M.R., Association between artificially sweetened beverage consumption during pregnancy and infant body mass index. *JAMA Pediatr.*, **170**, 662-670 (2016).
23. Choi, S.H., Lee, M.S, Park, E.Y., Won, J., Kim, S.H., Park, S.K., Lim, H.S., Assessment of estimated daily intake of sweeteners in the Korean population. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43**, 387-395 (2011).
24. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2025, October 31). Food code. Retrieved from https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC
25. National Institute of Food and Drug Safety Evaluation (NIFDS), 2016. Guidelines on standard procedures for preparing analysis methods, Cheongju, Korea.
26. Xu, Y.Q., Zhang, Y.N., Chen, J.X., Wang, F., Du, Q.Z., Yin, J.F., Quantitative analyses of the bitterness and astringency of catechins from green tea. *Food Chem.*, **258**, 16-24 (2018).
27. Zou, G., Xiao, Y., Wang, M., Zhang, H., Detection of bitterness and astringency of green tea with different taste by electronic nose and tongue. *PLoS One*, **13**, e0206517 (2018).
28. Khazaei, N., Jouki, M., Rad, A.E., Tavakolipour, H., Zadeh, S.M., Effect of acesulfame K on stability and thermal resistance of aspartame in diet cola. *J. Agric. Eng. Res.*, **13**, 83-96 (2012).
29. Klug, C., von Rymon Lipinski, G.W., Böttger, D., Baking stability of acesulfame K. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, **194**, 476-478 (1992).
30. Arianfar, A., Sadeghi, A., Hejri, Z., Physical and chemical properties of high-potency sweeteners: a review. *Chem. Res. J.*, **2**, 70-78 (2017).
31. Reyes, M.M., Gravina, S.A., Hayes, J.E., Evaluation of sweetener synergy in humans by isobole analyses. *Chem. Senses*, **44**, 571-582 (2019).
32. Allen, A.L., McGeary, J.E., Knopik, V.S., Hayes, J.E., Bitterness of the non-nutritive sweetener acesulfame potassium varies with polymorphisms in TAS2R9 and TAS2R31. *Chem. Senses*, **38**, 379-389 (2013).
33. Dragomir, N., Grigore, D.M., Pogurschi, E.N., Beyond sugar: a holistic review of sweeteners and their role in modern nutrition. *Foods*, **14**, 3182 (2025).
34. Belloir, C., Jeannin, M., Karolkowski, A., Scott, C., Briand, L., A receptor-based assay to study the sweet and bitter tastes of sweeteners and binary sweet blends: the sweet project. *Chem. Senses*, **49**, bjae041 (2024).
35. Wang, C., Liu, Y., Zhao, X., Liu, B., Current advances and future aspects of sweetener synergy: properties, evaluation methods and molecular mechanisms. *Appl. Sci.*, **12**, 5096 (2022).
36. Panovská, Z., Sediva, A., Jedelska, M., Pokorny, J., Effect of ethanol on interactions of bitter and sweet tastes in aqueous solutions. *Czech J. Food Sci.*, **26**, 139-145 (2008).
37. Czarnecka, K., Pilarz, A., Rogut, A., Maj, P., Szymańska, J., Olejnik, Ł., Szymański, P., Aspartame-true or false? Narrative review of safety analysis of general use in products. *Nutrients*, **13**, 1957 (2021).
38. van Vliet, K., Melis, E.S., de Blaauw, P., van Dam, E., Maatman, R.G., Abeln, D., van Spronsen, F.J., Heiner-Fokkema, M.R., Aspartame and phe-containing degradation products in soft drinks across Europe. *Nutrients*, **12**, 1887 (2020).
39. Gawande, H.M., Arora, S., Sharma, V., Wadhwa, B.K., Aspartame: safety and stability in Kalakand. *J. Food Sci. Technol.*, **52**, 2373-2379 (2015).