

HPLC를 이용한 국내 유통 막걸리 내 인공감미료 함량 조사

신혜원 , 김민서 , 김예지 , 박나연 , 고영림*

을지대학교 보건환경안전학과

Investigation of Artificial Sweeteners in Makgeolli Distributed in South Korea Using HPLC

Hyewon Shin, Minseo Kim, Yeji Kim, Nayeon Park, and Younglim Kho*

Department of Health, Environment & Safety, Eulji University

ABSTRACT

Background: Artificial sweeteners are chemically synthesized substances used to add sweetness to foods. Representative substances include aspartame and acesulfame-K, which are 200 times sweeter than sugar. Recently, the IARC classified aspartame as class 2B, but Ministry of Food and Drug Safety of South Korea announced that it would maintain the current usage standards. Acesulfame-K, which has the potential to cause cancer, was excluded from the list of possible carcinogens, raising questions about its safety. According to a survey by the Consumers Union of Korea, 85% of makgeolli includes artificial sweeteners, but the content labelling is not indicated. It is necessary to accurately determine the intake of artificial sweeteners through makgeolli.

Objectives: This study aims to evaluate the safety of makgeolli consumption by identifying the content of artificial sweeteners (aspartame, acesulfam-K) and preservatives (sorbic acid).

Methods: Twenty makgeolli samples were purchased from large supermarkets and convenience stores by referring to the sales ranking of makgeolli products distributed in South Korea and the purchase ranking from online sites. The sample was sonicated to remove alcohol and carbon dioxide. Nine mL of acetonitrile was mixed with 1 mL of the prepared sample, centrifuged, and the supernatant was filtered and analyzed using HPLC.

Results: As a result of the analysis, aspartame was detected in 17 products and acesulfame-K was detected in ten. The ADI of aspartame (40 mg/kg·bw/day) is higher than the EDI based on the maximum concentration 126.5 µg/mL. The ADI of acesulfame-K (15 mg/kg·bw/day) is higher than the EDI based on the highest concentration of 82.96 µg/mL. Although the health risk is low, IARC has raised the possibility of aspartame causing carcinogenesis, so there is a need to reevaluate the standards and regulations for artificial sweeteners.

Conclusions: Through this study, we aimed to determine the content of aspartame and acesulfame-K contained in makgeolli currently distributed in South Korea and the safety of exposure to the human body when consumed.

Key words: HPLC, artificial sweeteners, aspartame, acesulfame-K, sorbic acid

Received November 27, 2023

Revised December 16, 2023

Accepted December 26, 2023

Highlights:

- Aspartame was detected in 17 products from 20 makgeolli samples and maximum concentration was 126.5 µg/mL.
- Acesulfame-K was detected in 10 products from 20 makgeolli samples and the highest concentration of 82.96 µg/mL.
- EDIs based on the highest concentration were lower than the ADI of aspartame and acesulfame-K.

*Corresponding author:

Department of Health, Environment & Safety, Eulji University, Sanseong-daero 553, Seongnam 13135, Republic of Korea
Tel: +82-31-740-7142
Fax: +82-31-740-7327
E-mail: ylkho@eulji.ac.kr

I. 서 론

식품 첨가물이란 식품의 제조와 가공, 조리 후 보존에 이르기까지 전 과정에서 맛과 향, 색을 더하거나 장기간 보관할 목적으로 식품에 첨가되는 화학 물질이다.¹⁾ 그 중 인공감미료는 식품에 단맛을 첨가하기 위한 화학 합성 물질이며, 설탕의 200

배에 달하는 단 맛을 가진 대체당으로 아스파탐과 아세설팜-K가 대표적이다.²⁻⁴⁾ 또한, 식품이 미생물에 의해 부패되거나 변질되지 않도록 방지에 식품의 보존기간을 연장시키는 식품첨가물인 보존제는 대표적으로 소브산이 있다. 보존제는 사용할 수 있는 식품과 사용량이 정해져 있어 식품마다 사용 기준이 존재한다.⁵⁾

최근 세계보건기구(WHO) 산하 국제 암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)와 국제연합식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations, UN FAO) 공동 산하기구인 식품 첨가물 전문가 위원회(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)는 아스파탐을 발암 가능 물질 등급인 2B 등급으로 분류하였다.⁶⁾ JECFA는 아스파탐의 일일섭취허용량(Acceptable Daily Intake, ADI) 기준을 40 mg/kg·bw/day으로 권장하고 있고, 이는 미국 식품의약국(Food and Drug Administration, FDA)의 기준인 50 mg/kg·bw/day보다 엄격한 기준이다.⁶⁾ 그러나 무열량 감미료로 설탕, 소비톨, 포도당, 과당 등과 병용하면 감미의 상승효과를 보이는 아세설팜-K는 JECFA 기준으로 ADI를 15 mg/kg·bw/day로 설정하고 있지만, 발암 가능 물질에서 제외되어 여전히 안전성에 대한 의혹이 제기되고 있다.⁷⁾ 또한 식품 보존제로 사용되는 소브산도 식품첨가물 기준 및 규격에 의해 관리되고 있으나 식품 원료에 천연으로 함유되어 있거나, 발효에 의해 생성되는 경우 정확한 함량을 알기 어려운 한계가 있다.⁸⁾ 식품의약품안전처의 식품공전에 따르면 막걸리 등 발효주에 인공감미료에 대한 기준은 설정되어 있지 않으며,^{3,4)} 보존제인 소브산은 0.2 g/kg 미만으로 검출되어야 한다.⁹⁾

한국 농수산 식품 유통공사(aT)에 따르면 2016년 이전까지 3,000억 원대에 그쳤던 국내 막걸리 소매시장 규모는 2019년 4,500억 원, 지난해 2022년 기준 5,000억 원대로 성장하였다.¹⁰⁾ 또한, 농식품수출정보에 따르면 지난해 2022년 막걸리 수출량은 1만 5천 396 t (톤)으로 지난 2020년 1만 2천 556 t (톤)과 비교해 22.6% 증가하였다.^{11,12)} 막걸리 소비량이 증가함에 따라 막걸리에 함유된 식품 첨가물(인공감미료 및 보존제)에 대한 인체 노출 또한 증가될 우려가 있다.

따라서 본 연구는 국내에서 제조 및 유통되고 있는 막걸리에 함유된 인공감미료(아스파탐, 아세설팜-K)와 보존제(소브산)의 함량 실태를 파악하고, 일일추정섭취량(Estimated Daily Intake, EDI)을 산출함으로써 막걸리 섭취에 대한 안전성을 평

가하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 시료 선정

본 연구의 시료 수집 시 대규모 막걸리 제조업체의 주류 판매 순위는 회사 내부 사항으로 인해 파악할 수 없어 국내 여론조사 사이트의 막걸리 판매 순위와 온라인 판매 사이트의 소비자 구매 순위를 참고하여 경기도 성남시의 대형마트와 편의점에서 구매할 수 있는 막걸리 20종을 수집하였다. 시료는 50 mL 튜브에 분주한 후 0~4°C에서 분석 전까지 보관하였다.

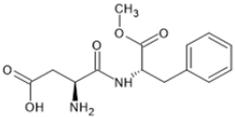
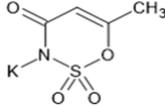
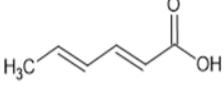
2. 시약 및 표준물질

분석대상물질인 아스파탐, 아세설팜-K, 소브산과 내부표준물질(Internal Standard, IS)로 사용한 아세트아미노펜은 시그마-알드리치 사(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며, 대상 물질에 대한 정보는 Table 1에 제시하였다. 전처리와 이동상에 사용된 아세토니트릴과 메탄올은 J.T Baker 사(Phillipsberg, NJ, USA), 인산은 시그마-알드리치 사(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며, 증류수는 초순수제조장치(Q-Tech, Human science, Korea)로 제조한 3차 증류수(>18.3 MΩcm resistivity)를 사용하였다.

3. 표준물질의 제조

각각의 용해도를 참고하여, 아스파탐과 아세설팜-K는 10 mg을 정확히 칭량해 10 mL의 메탄올에 용해시켜 1,000 µg/mL를 제조하였다. 소브산은 100 mg을 칭량해 1 mL의 메탄올에 용해시켜 10,000 µg/mL를 제조하였다. 이를 메탄올에 희석하여 1, 2.5, 5, 10, 25, 50, 100 µg/mL의 농도가 되도록 검량선을 작성하였다. IS는 아세트아미노펜 50 mg을 정확히 칭량하고 10 mL의 메탄올에 용해시켜 5,000 µg/mL를 제조하였다. 이를 메탄올에 희석하여 100 µg/mL가 되도록 제조하였다.

Table 1. Chemical structure of aspartame, acesulfame-K, sorbic acid

Substance	Aspartame	Acesulfame-K	Sorbic acid
Chemical structure			
Molecular formula	C ₁₄ H ₁₈ N ₂ O ₅	C ₄ H ₄ KNO ₄ S	C ₆ H ₈ O ₂
CAS No.	22839-47-0	55589-62-3	110-44-1
Characteristics	- White crystalline powder - No scent - Sweetness 200 times stronger than sugar	- White crystalline powder - No scent - Sweetness 200 times stronger than sugar	- White crystalline powder - Incentive smell
ADI	40 mg/kg·bw/day	9 mg/kg·bw/day	0.496 mg/kg·bw/day

4. 시료 전처리

막걸리 시료를 흔들어서 50 mL 튜브에 30 mL를 옮긴 후, 알코올 성분과 탄산가스를 제거하기 위해 30분간 초음파 처리를 진행하였다. 볼텍싱 후 15 mL 튜브에 시료 1 mL와 아세트니트릴 9 mL를 혼합 후 10,000 rpm에서 5분간 원심분리를 진행한 뒤 상등액 1 mL를 취해 0.45 µm 셀룰로오스 시린지 필터(VWR International, China)로 여과하였다. 여과된 시료 0.5 mL와 아세트아미노펜(IS) 0.5 mL 혼합한 후, 고성능 액체크로마토그래피(High-Performance Liquid Chromatography, HPLC)를 사용하여 정량분석을 진행하였다. 시료 전처리 방법은 Fig. 1에 나타내었다.

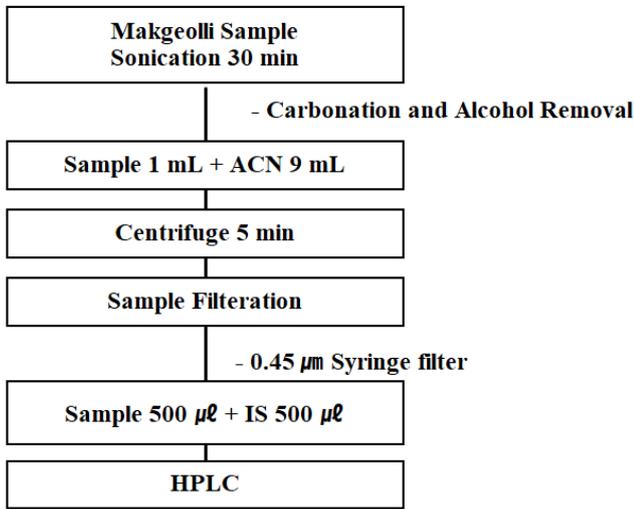


Fig. 1. Schematic diagram of the analysis process

5. 기기조건

아스파탐, 아세설팜-K, 소브산의 검출을 위해 DAD (Diode Array Detector)가 결합된 HPLC (Agilent 1100 series, Agilent Technologies, CA, USA)를 사용하였다. 분석대상물질의 분리 에 사용된 컬럼은 CapcellPak C18 (4.6 mm×250 mm, 5 µm, Shiseido, Japan)이며, 샘플은 10 µL씩 주입하고 유량은 0.8 mL/min으로 유지하였다. 이동상 용매는 A는 0.1% 인산이 함유된 물, B는 0.1% 인산이 함유된 메탄올을 이용하였다. 피크는 경사용매법(Gradient mode)으로 분리하였으며, 자세한 기기 조건은 Table 2에 제시하였다.

6. 분석법 검증

본 연구의 분석법을 검증하기 위해 아스파탐, 아세설팜-K, 소브산을 대상으로 내부표준법(Internal standard calibration)에 따라 검량선의 반복 실험을 통해 검량선의 직선성, 검출한계 (Limit of detection, LOD), 정확도 및 정밀도에 대한 실험을 진행하였다. 직선성은 검량선의 회귀직선식의 결정계수(r^2)값을 평가하였고, 검출한계(LOD)는 회귀직선식의 y 절편 오차를 기울기로 나눈 후, 3.143을 곱하여 산출하였다. 정량한계(LOQ)는 LOD에 3.3을 곱한 값으로 나타냈다. 정확도는 반복 측정된 결과의 평균값을 참값으로 나누어 백분율로 나타내었고, 참값의 80~120% 이내로 평가하였다. 정밀도는 반복 측정된 결과의 표준편차를 평균으로 나누어 백분율로 나타내며 측정값이 20% 이내인지 평가하였다.

III. 결 과

1. 분석법 검증 결과

본 연구에서 인공감미료 2종(아스파탐, 아세설팜-K)과 보존

Table 2. HPLC condition for the analysis of aspartame, acesulfame-K, sorbic acid

Parameters		Conditions					
HPLC (Agilent 1100 HPLC)	Column	SHISEIDO CAPCELL PAK C18 UG80 (250 mm × 4.6 mm, 5 µm)					
	Column oven	40°C					
	Mobile Phase	A: 0.1% Phosphoric acid in water B: 0.1% Phosphoric acid in methanol					
	Gradient	Time (min)	0	10	13	13.1	20
		A (%)	80	5	5	80	80
		B (%)	20	95	95	20	20
	Flow rate	0.8 mL/min					
	Injection volume	10 µL					
	Diode array detector	Signals	A	210 nm			Aspartame
			B	230 nm			Acesulfame-K
C			260 nm			Sorbic acid	

제 1종(소브산)의 동시 분석법의 정확도 검증을 위해 저(5 µg/mL), 중(10 µg/mL), 고(50 µg/mL) 농도별로 5회 반복 실험을 진행하였다. 검량선은 각 표준물질과 IS 100 µg/mL를 각 500 µg씩 1:1로 혼합하여 조제하였다. 검량선의 직선성은 결정계수(r^2)가 0.999 이상으로 우수한 직선성을 보였으며, LOD는 아스파탐은 1.99 µg/mL, 아세설팜-K는 0.97 µg/mL, 소브산은 0.83 µg/mL이었다. 정확도는 회수율로 평가하였으며 아스파탐은 94.57~100.35%, 아세설팜-K는 97.62~116.08%, 소브산은 98.31~107.65%이었다. 정밀도는 10% 미만으로 안정적인 값을 얻었다. 절대 회수율은 표준물질과 IS 100 µg/mL이 500 µg씩 1:1로 희석된 25 µg/mL를 표준물질 10 µg/mL로 나눈 후 100을 곱한 값으로 구했으며 모두 100% 이상이 나왔다. 따라서 이 분석법이 막걸리 내 아스파탐, 아세설팜-K, 소브산의 함량 분석에 적합하다고 판단된다. 분석법 검증 결과는 Table 3, 각 물질의 크로마토그램은 Fig. 2에 나타내었다.

2. 막걸리 중 인공감미료 및 보존제 분석 결과

국내에서 유통되는 막걸리 총 20개 제품 중 아스파탐은 85% (17개), 아세설팜-K는 50% (10개)의 검출률을 보였으며, 소브산은 모두 검출되지 않았다. 아스파탐의 중앙값은 59.14 µg/mL (0.006%), 최고값은 126.5 µg/mL (0.013%)이었고, 아세설팜-K의 중앙값은 18.18 µg/mL (0.002%), 최고값은 82.96 µg/mL (0.008%)이었다. 자세한 결과는 Table 4에 제시하였다.

제품 표시사항과 실제 검출 상태를 비교한 결과, 표시사항에 무아스파탐이라고 명시되어 있는 생막걸리 1종과 캔 막걸리 1종에서는 아스파탐, 아세설팜-K, 소브산이 모두 검출되지 않았다. 그 외 인공감미료가 검출된 제품들은 제품 표시사항에 아스파탐과 아세설팜-K가 함유되어 있다고 표시되어 있었고, 1종의 제품 외에 실제 분석결과와도 일치하였다.

IV. 고 찰

1. 인공감미료의 일일추정섭취량(EDI) 산출 및 위험도 평가

19세 이상 평균체중(남성: 73.7 kg, 여성: 58.7 kg)을 고려하여 일일섭취허용량(ADI)을 기준으로 막걸리의 최대 허용량을 계산하였다. 아스파탐의 ADI는 40 mg/kg·bw/day으로 최고 농도 126.5 µg/mL 기준 막걸리(750 mL)를 남성은 23명 이상, 여성은 18명 이상 섭취하게 되면 허용량을 초과한다. 또한 아세설팜-K의 ADI는 15 mg/kg·bw/day이며 최고 농도 82.96 µg/mL 기준 남성은 13명 이상, 여성은 10명 이상 섭취하게 되면 허용량을 초과한다.

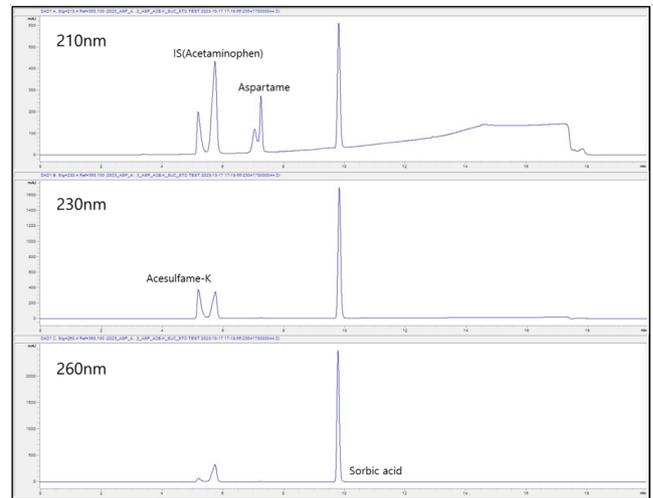


Fig. 2. Chromatogram of aspartame, acesulfame-K, sorbic acid and acetaminophen

Table 3. Analysis method verification results for aspartame, acesulfame-K and sorbic acid

Substance	Aspartame	Acesulfame-K	Sorbic acid
LOD (µg/mL)	1.99	0.97	0.83
LOQ (µg/mL)	6.57	3.2	2.74
Calibration curve range	1~100 µg/mL	1~100 µg/mL	1~100 µg/mL
Linear equation	Y=0.0012x-0.0002	Y=0.0035x-0.0034	Y=0.0185x-0.0024
r^2	0.9992	0.9997	0.9999
Absolute recovery (%)*	138.8	123.8	129.3
Accuracy (%)			
5 µg/mL	90.5	91.3	96.7
10 µg/mL	105.7	95	88
50 µg/mL	114.1	102.9	108.5
Precision (%)			
5 µg/mL	2.7	5.8	2.2
10 µg/mL	1.9	2.5	3.7
50 µg/mL	1.0	1.0	1.2

*Absolute recovery was calculated using a consumption of 10 µg/mL.

Table 4. Detected levels of aspartame, acesulfame-K and sorbic acid in domestic makgeolli

Sample	Substance	N	Detected samples	Detection frequency (%)	Concentration (µg/mL)				
					25th	50th	75th	90th	Max
Makgeolli	Aspartame	20	17	85	12.19	59.14	79.48	117.89	126.5
	Acesulfame-K		10	50	ND*	18.18	40.86	65.05	82.96
	Sorbic acid		0	0	ND	ND	ND	ND	ND

*ND: not detected.

Table 5. Estimated daily intake and Hazard quotient of aspartame and acesulfame-K

Distribution of intake		Aspartame		Acesulfame-K	
		Male	Female	Male	Female
All average (include non-eater)	EDI [†] (µg/kg·bw/day)	22.6	73.3	14.8	48.1
	HQ [‡]	0.0006	0.002	0.001	0.003
Eater average*	EDI (µg/kg·bw/day)	1,126.5	754.9	738.7	495.1
	HQ	0.028	0.019	0.049	0.033
Eater top 1% average	EDI (µg/kg·bw/day)	3,569.8	1,544.8	2,341.1	1,013.1
	HQ	0.089	0.039	0.156	0.068

The subjects of the survey were over 19 years old, and 68 male and 25 female consumed makgeolli.

*Makgeolli consumption was calculated according to the National Nutrition Statistics Survey 2021.

[†]EDI: Estimated daily intake (µg/kg·bw/day)=Makgeolli highest concentration×Makgeolli daily intake/average weight over 19 years old.[‡]HQ: Hazard quotient=EDI/reference dose (ADI).

아스파탐과 아세설팜-K의 EDI 산출은 본 연구에서 검출된 최고 농도와 한국보건산업진흥원에서 실시한 2021년 국민건강영양조사의 식품별 섭취량 분포 자료의 막걸리 1일 섭취량¹³⁾을 곱한 후, 19세 이상 평균체중으로 나누어 계산하였다. 막걸리 섭취자와 비섭취자를 포함한 1일 섭취량¹³⁾으로 EDI를 산출한 결과, 남성은 아스파탐 22.6 µg/kg·bw/day, 아세설팜-K 14.8 µg/kg·bw/day이며, 여성은 아스파탐 73.3 µg/kg·bw/day, 아세설팜-K 48.1 µg/kg·bw/day이다. 위해지수(HQ)를 계산한 결과 0.003 이하 수준으로 건강상 위해도는 매우 낮은 편이었다.

국민건강영양조사에서 섭취자만 포함한 1일 섭취량¹⁴⁾으로 EDI를 계산하면 남성의 경우 아스파탐 1,126.5 µg/kg·bw/day, 아세설팜-K 738.7 µg/kg·bw/day이며, 여성의 경우 아스파탐 754.9 µg/kg·bw/day, 아세설팜-K 495.1 µg/kg·bw/day이었다. HQ를 계산하면 남성의 경우 아스파탐 0.028, 아세설팜-K 0.049이며, 여성의 경우 아스파탐 0.019, 아세설팜-K 0.033으로 권고치에 미치지 않는 수준이었다.

또한, 섭취자의 상위 1%에 대한 1일 섭취량¹⁴⁾을 바탕으로 EDI를 계산한 결과, 남성은 아스파탐 3,569.8 µg/kg·bw/day, 아세설팜-K 2,341.1 µg/kg·bw/day이었다. 여성은 아스파탐 1,544.8 µg/kg·bw/day, 아세설팜-K 1,013.1 µg/kg·bw/day이었다. HQ를 계산하면 남성은 아스파탐 0.089, 아세설팜-K 0.156, 여성은 아스파탐 0.039, 아세설팜-K 0.068이었다. 이

결과도 위해도가 낮은 수준이지만 아스파탐과 아세설팜-K가 포함된 식품과 함께 섭취하거나 두 물질이 동시에 함유된 막걸리를 섭취할 경우 위해도가 증가하기에 주의할 필요가 있다. EDI 계산을 정리한 결과는 Table 5에 제시하였다.

2. 다른 연구와의 비교

본 연구에서는 시중에서 구매할 수 있는 막걸리 내 인공감미료(아스파탐, 아세설팜-K)와 보존제(소브산)의 함량 분석을 진행하였다. 이와 관련된 연구보고서와 본 연구를 비교해보면 다음과 같다.

한국인의 인공감미료 일일추정섭취량을 평가한 자료¹⁵⁾에서 아스파탐은 주로 약주 및 탁주에서 60%로 가장 높게 나왔고 총 584개의 식품에서 평균 12.2% 검출률을 보였으며 아세설팜-K는 껌과 탄산음료에서 많이 검출되었고 총 584개의 식품에서 10.6%의 검출률을 보였다. 과자나 껌 등 다른 시료가 포함된 농도의 평균은 아스파탐 546.8 mg/kg, 아세설팜-K 421.8 mg/kg으로 비교적 높게 검출되었다.¹⁵⁾ 이는 본 연구와는 다르게 막걸리 외 식품도 포함한 결과이기 때문에 높은 농도의 평균값이 나온 것으로 보인다.

또한, 인공감미료는 음료와 과자 등 어린이와 청소년의 수요도가 높은 식품에 주로 함유되어 있음을 확인하였다.¹⁵⁾ 인공감미료의 인구 집단별 섭취 형태에 대한 국외 선행 연구¹⁶⁾에 따르면 6~10세 어린이의 경우 ADI 대비 54%를 초과하였다. 이는

ADI의 30%를 초과하여 FAO/WHO의 권고사항에 의해 위험 경고를 해야 하는 수준이다.¹⁷⁾

V. 결 론

본 연구는 HPLC를 이용하여 시중에서 구매할 수 있는 막걸리 20개 제품 중 아스파탐, 아세설팜-K, 소브산의 함유량을 분석하여 EDI와 위해도를 평가하였다. 연구 결과, 최고농도를 참고하여 EDI를 산출하였을 때 ADI 대비 건강상 위해도가 낮은 편이다. 섭취자가 막걸리 뿐만 아니라 인공감미료가 함유된 다른 식품군과 함께 다량 섭취함으로써 체내에 흡수되는 양을 가늠할 수 없기 때문에 식품의약품안전처에서는 막걸리에 대한 인공감미료의 명확한 함량을 표기할 필요가 있다.

식품의약품안전처에 따르면, 아스파탐의 현재 섭취 수준이 안전하다고 평가하지만¹⁸⁾ 섭취 패턴과 이에 따른 인체 영향 감수성을 고려하여 고령자의 경우 건강상 위해성에 대한 주의가 필요하다. 아스파탐의 발암 유발 가능성에 대한 문제가 제기되었지만, 여전히 함량에 대한 표기 의무와 조치는 없기 때문에 본 연구를 바탕으로 인공감미료에 대한 기준 및 규정을 개선할 필요가 있다.

감사의 글

이 연구는 2023년 을지대학교 대학혁신지원사업 지원을 받아 진행된 연구임.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. Ministry of Food and Drug Safety. Standards and Specifications of Food Additives, Full Text of the Notice (Notice No. 2023-60). Available: <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FA> [accessed 20 September 2023].
2. Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. Survey on Liquor Industry Information for 2021. Available: <https://www.at.or.kr/ap/bid/apko363100/view.action?bidId=13964> [accessed 21 April 2022].
3. Ministry of Food and Drug Safety. Aspartame. Available: https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/04_03.jsp?idx=8200281 [accessed 10 August 2023].
4. Ministry of Food and Drug Safety. Acesulfame-K. Available: https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/04_03.jsp?idx=8200269 [accessed 10 August 2023].
5. Chemical News. [Food Additives] ② Typical Food Preservative,

- Sorbic Acid. Available: <https://www.chemicalnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=4769> [accessed 22 July 2022].
6. World Health Organization. Aspartame. Available: <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/62> [accessed 25 September 2023].
 7. Vitamin. Acesulfame-K. Available: http://vitamin.or.kr/bbs/board.php?bo_table=sweetener&wr_id=21 [accessed 6 January 2020].
 8. Yun SS, Lee SJ, Lim DY, Lim HS, Lee G, Kim MK. Monitoring of benzoic acid, sorbic acid, and propionic acid in spices. *J Food Hyg Saf.* 2017; 32(5): 381-388.
 9. Ministry of Food and Drug Safety. Sorbic Acid. Available: https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/04_03.jsp?idx=8200204 [accessed 10 August 2023].
 10. Newsis. "Is Makgeolli Recognized as a "Traditional Liquor?" Liquor Industry "Looking Forward to Its Second Heyday". Available: https://mobile.newsis.com/view.html?ar_id=NISX20220915_0002013229#_PA [accessed 15 September 2022].
 11. KATI. Agricultural Food Export Information. Available: <https://www.kati.net/product/basisInfo.do?lcdCode=MD172> [accessed 21 July 2023].
 12. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Aspartame-related Food and Makgeolli Industry Response Trends. Available: <https://www.mafra.go.kr/home/5109/subview.do?sessionId=y1FFqQLo0K7v-ZKBOpbITR30.inst11?enc=Zm5j-dDF8QEB8JTJGYmJzJTJGaG9tZSUyRjc5MiUyRjU2NjgxNyUyRmFydGNsVmllldy5kbyUzRg==>, [accessed 14 July 2023].
 13. The Korea Health Industry Development Institute. National nutrition statistics (2021). Available: <https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/result10?menuId=MENU01663&year=2021> [accessed 18 November 2023].
 14. The Korea Health Industry Development Institute. National nutrition statistics-eaters (2021). Available: <https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/result13?menuId=MENU01666&gubun=sexman&year=2021> [accessed 18 November 2023].
 15. Choi S, Lee M, Park E, Won J, Kim S, Park S, et al. Assessment of estimated daily intake of sweeteners in the Korean population. *Korean J Food Sci Technol.* 2011; 43(3): 387-395.
 16. Kim IY, Du OJ, Lee SD, Park YH, Kim MS, Bea CH, et al. Determination of six sweeteners in children's favorite foods by HPLC-MS/MS. *J Food Hyg Saf.* 2010; 25(2): 118-121.
 17. Lee MG, Lee SR. Reduction factors and risk assessment of organophosphorus pesticides in Korean foods. *Korean J Food Sci Technol.* 1997; 29(2): 240-248.
 18. Ministry of Food and Drug Safety. Maintaining Current Usage Standards without Any Safety Issues at Aspartame. Available: https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=47460&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1 [accessed 14 July 2023].

<저자정보>

신혜원(학생), 김민서(학생), 김예지(학생), 박나연(박사수료), 고영림(교수)