

한국인의 아스파탐과 아세설팜 칼륨의 식이 섭취 수준 평가

서희재^{1*} · 최진희¹ · 안덕준¹ · 최성희² · 김다영² · 김애영²

¹선문대학교 식품과학과

²한국보건산업진흥원

Assessment of Dietary Consumption Patterns of Aspartame and Acesulfame K in the Korean Population

Hee-Jae Suh^{1*}, Jinhee Choi¹, Duek-Jun An¹, Sunghee Choi²,
Da Young Kim², and Ae Young Kim²

¹Dept. of Food Science, Sun Moon University, Chungnam 336-708, Korea

²Korea Health Industry Development Institute, Chungbuk 363-951, Korea

ABSTRACT The purpose of this study was to assess the consumption of aspartame and acesulfame K, the most frequently utilized artificial sweeteners in Korea. The contents of aspartame and acesulfame K in processed foodstuffs were analyzed by HPLC, and daily intakes according to sex and age were estimated by applying the consumption data from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Estimated daily intakes of aspartame and acesulfame K were 58.37 µg/kg bw/day and 14.23 µg/kg bw/day, respectively, in 2012. These amounts constituted 0.15% and 0.09% of the ADI (Acceptable Daily Intake) established by the JECFA (FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives). Estimated daily intakes of aspartame and acesulfame K in the 95 percentile consumption group were 2,510.48 µg/kg bw/day and 761.92 µg/kg bw/day, respectively, and intake levels were 6.28% and 5.08% of the ADI, respectively. In conclusion, daily intake levels of artificial sweeteners were evaluated to be at safe levels.

Key words: aspartame, acesulfame K, daily intake, artificial sweetener

서 론

최근 식생활의 서구화 및 간편화 경향이 증가함에 따라 인스턴트식품을 포함한 가공식품의 수요가 급증하고 있으며, 이에 따른 식품첨가물의 섭취도 불가피해지고 있다. 특히 비만이 질병으로 인식되면서 고열량 식이에 따른 건강문제, 당뇨병 발병률의 증가, 치아 우식증 예방 등의 이유로 설탕 대신 인공감미료의 사용이 증가하고 있는 추세이다(1). 대부분 화학적으로 합성되는 인공감미료는 섭취 시 안전하지 여부에 귀추가 주목되기 때문에 국제 식품첨가물 전문가 위원회(JECFA, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)와 유럽의 식품과학위원회(SCF, Scientific Committee on Food)는 수년에 걸친 독성시험을 통해 사람이 일생 동안 매일 섭취하여도 건강에 해롭지 않은 수준으로 인공감미료에 대한 일일섭취허용량(Acceptable Daily Intake, ADI)을 설정하고 있고(2), 세계 여러 나라에서는 자국민이 섭취하는 인공감미료의 섭취량이 ADI와 비교해 볼 때 안전한 수준인지를 평가하는 등 인공감미료의 섭취 안전

성을 확보하기 위한 노력을 기울이고 있다(1,3-7).

아스파탐은 설탕의 약 200배의 단맛을 내는 디펩티드계(dipeptide) 인공감미료로서(8), 1980년 이후 유럽의 몇몇 국가에서 식품과 음용수에 사용할 수 있도록 허용되었으며(5,9), 우리나라에서는 칼로리 저감화를 위한 다이어트 음료 및 당뇨병 환자를 위한 무가당 식품에 주로 사용되고 있다. 최근 아스파탐의 과량 섭취에 따른 중양 가능성을 보고한 연구 결과에 따라 JECFA에서는 제 24차 회의에서 아스파탐의 안전성에 대한 재평가를 실시하였다. JECFA는 아스파탐을 과량 섭취할 경우 귀에서 중양가능성(특히 뇌종양), 심계항진, 고혈압, 시력약화 등이 유발될 가능성에 대한 연구 결과들을 검토한 결과 인간에서 중양 유발의 가능성이 명백하지 않다고 결론 내리고, 40 mg/kg bw/day를 평생 동안 매일 섭취하여도 안전한 양(ADI)으로 설정하였다(10).

아세설팜 칼륨은 설탕의 약 200배의 단맛을 가지는 인공감미료로 우리나라에서는 2004년 신규로 지정된 식품첨가물이다(11). 아세설팜 칼륨은 혈장에서 반감기가 1.5시간으로 짧아서 경구 복용 후 체외로 빠르게 배출되므로 인체 내에 축적되지 않는 장점이 있으며(12), 5% 정도 첨가한 식이를 쥐에게 95일 동안 경구 투여했을 때 뚜렷한 질환이 발생하지 않았다는 연구가 보고된 바 있다(13). JECFA 27차 회

Received 10 September 2013; Accepted 26 January 2014

*Corresponding author.

E-mail: suhbj@sunmoon.ac.kr, Phone: +82-41-530-2267

의에서는 장기간 쥐 식이 연구를 바탕으로 아세설팜 칼륨의 ADI를 15 mg/kg bw/day로 설정하였다(12).

최근 인공감미료의 수요가 증가하면서 전 세계적으로 그 섭취 안전성에 대한 연구가 이루어지고 있다. 이웃나라인 일본의 경우 1986년부터 현재까지 마켓바스켓 방법으로 다양한 식품첨가물의 섭취량을 평가하고 있으며(14) 영국, 프랑스, 이탈리아, 포르투갈, 독일 등을 포함한 유럽 국가와 호주, 뉴질랜드 등에서도 자국민을 대상으로 한 인공감미료의 섭취량 평가를 실시하고 있다(1,3,4-7). 우리나라에서는 아스파탐에 대한 섭취량 평가는 2000년에(15), 아세설팜 칼륨의 섭취량 평가는 2004년에 보고된 바 있다(16). 그러나 식품첨가물의 사용 추세는 식품산업의 변화에 따라 해마다 달라지고 있고 인공감미료를 ADI보다 많은 양으로 오랫동안 섭취하는 것은 건강에 유해한 영향을 끼칠 수 있기 때문에 아스파탐이나 아세설팜 칼륨과 같이 빈번하게 사용되는 인공감미료에 대한 섭취량 평가는 지속적으로 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 아스파탐과 아세설팜 칼륨의 섭취 수준을 알아보기 위하여 가공식품에 함유된 아스파탐과 아세설팜 칼륨의 함량을 분석하고 이 결과에 국민건강·영양조사의 식품섭취량 평가를 적용하여 일일섭취량을 추정해보았다. 또한 JECFA에서 설정한 ADI와 비교해 봄으로써 아스파탐과 아세설팜 칼륨의 섭취 안전성을 평가하였다(17).

재료 및 방법

시료 선정 및 구입

식품첨가물공전을 참고하여 아스파탐 및 아세설팜 칼륨을 사용할 수 있는 식품유형을 파악하고(18), 시장조사를 통해 아스파탐을 사용한 것으로 표시된 식품유형 18품목과 아세설팜 칼륨을 사용한 것으로 표시된 식품유형 19품목을 분석 대상 시료로 선정하였다. 각 분석 대상 식품의 구입 건수는 2011년도 식품 및 식품첨가물 품목제조보고서(11)를 참고하여 결정하였다. 즉 품목제조보고서 상에 아스파탐이나 아세설팜 칼륨이 주로 사용된 것으로 나타난 식품유형은 더 많이 구입하고, 아스파탐이나 아세설팜 칼륨이 거의 사용되지 않은 것으로 보고된 식품유형은 조금 구입하였다. 식품 유형별로 최소 구입 건수를 10건으로 설정하였으나, 시장 출하 품목이 10건 미만이거나 품목제조보고서에 아스파탐이나 아세설팜 칼륨이 거의 사용되지 않은 것으로 나타난 식품 유형은 분석건수를 5건으로 정하였다. 시료는 2012년 3월부터 8월까지 서울, 경기, 충청, 경상도 지역의 대형마트, 백화점, 소형 슈퍼마켓 및 수입식품매장에서 구입하였으며 아스파탐 분석을 위해 구입한 시료 수는 총 247건, 아세설팜 칼륨 분석을 위한 구입한 시료수는 총 305건이었다. 구입된 시료는 4°C에서 냉장보관 하였으며, 유통기한 내에 모두 분석하여 보관 중에 아스파탐이나 아세설팜 칼륨이 분해될 가능성을 최소화하였다.

시약 및 시액

분석을 위한 아스파탐과 아세설팜 칼륨의 표준물질은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였고, 디에틸에테르는 J&T Baker(Phillipsburg, NJ, USA) 제품을 사용하였다. HPLC용 물과 메탄올은 Merck & Co. (Whitehouse station, NJ, USA) 제품을 사용하였다. 수산화 페로시아노화칼륨(potassium ferrocyanide 3 hydrate)과 황산아연(zinc sulfate 7 hydrate)은 Junsei(Tokyo, Japan) 제품을 사용하였고, 테트라프로필암모늄(tetrapropylammonium)은 Acros(Geel, Belgium) 제품을 사용하였으며, 제일인산칼륨(potassium phosphate)과 아세토니트릴(acetonitrile)은 Junsei 제품을 사용하였다.

시료의 전처리

식품 중 식품첨가물 분석법(19)에 따라 아스파탐과 아세설팜 칼륨의 함량을 분석하였다. 전처리는 고형식품과 액체 식품을 나누어 실시하였고 식품유형별로 지방 제거, 단백질을 제거, 탄산 제거, 알코올 제거 등 전처리 법을 달리 적용하였다. 고형식품은 잘게 부순 시료 약 10 g을 50 mL 플라스크에 취하고 HPLC용 물 20 mL를 가하여 20분간 초음파 처리한 후 HPLC용 물을 가해 50 mL로 부피를 맞췄다. 이 액을 실온에서 5,000 rpm으로 10분간 원심분리 한 후, 상등액을 마이크로필터(0.45 μ m, Millipore, Milford, MA, USA)로 여과하여 HPLC 분석용 시료로 하였다. 이때 지방을 함유한 시료는 디에틸에테르 50 mL를 가하여 지방층을 제거한 후 0.45 μ m 마이크로필터(Millipore)로 여과하여 HPLC 분석용 시료로 사용하였다.

액상식품은 약 10 g을 50 mL 플라스크에 취하고 HPLC용 물을 가해 50 mL로 부피를 맞춘 후 20분간 초음파 처리하여 마이크로필터(0.45 μ m, Millipore)로 여과하였다. 탄산음료와 같이 탄산이 함유된 시료는 추가로 10분간 초음파 처리를 하여 탄산가스를 제거하였고, 알코올이 함유된 시료는 70°C의 Water bath에서 15분간 가온하여 알코올을 제거시킨 후 마이크로필터(0.45 μ m, Millipore)로 여과하여 HPLC용 시료로 사용하였다. 단백질 함량이 높은 유가공품 및 유제품이나 간장 등의 시료는 단백질을 제거하기 위해 Carrez I 시액과 Carrez II 시액을 각각 2 mL씩 첨가한 후 약 10분간 초음파 처리하여 단백질을 침전시켜 제거하였다. Carrez I 시액은 수산화페로시아노화칼륨 150 g에 증류수를 가해 1,000 mL로 제조하였고, Carrez II 시액은 황산아연 300 g에 증류수를 가하여 1,000 mL로 만들어 사용하였다. 위와 같이 단백질을 제거한 시험용액은 실온에서 5,000 rpm으로 10분간 원심분리 후, 상등액을 취하여 마이크로필터(0.45 μ m, Millipore)로 여과하여 HPLC 분석용 시료로 사용하였다.

사용기기 및 분석 조건

아스파탐과 아세설팜 칼륨의 분석을 위해 고속액체크로

Table 1. HPLC conditions for analysis of aspartame and acesulfme K

Analyte	Aspartame and acesulfme K		
Instrument	Shiseido SI-2 series HPLC (Tokyo, Japan)		
Column	Cepcell Pak C18 UG 120 (4.6 mm i.d.×250 mm, 5 μm) (Shiseido, Tokyo, Japan)		
Detector	Ultra violet detector, 210 nm (Shiseido)		
	A: 10% TPA 73.09 g+KH ₂ PO ₄ 2.5 g+H ₂ O 3.6 L (pH=3.5), B: 100% acetonitrile		
	Time (min)	A (%)	B (%)
Mobile phase (Gradient program)	0~2	90	10
	2.1~8	70	30
	8.1~19	30	70
	19.1~25	90	10
Flow rate	0.8 mL/min		
Injection volume	10 μL		

마토그래피(HPLC, Shiseido SI-2 series, Tokyo, Japan)를 사용하였고, 검출기는 자외선검출기를 이용하였다(UVD, Shiseido). 아스파탐과 아세설팜 칼륨 표준품을 0, 25, 50, 100, 250, 500 ppm 농도로 조제한 표준용액을 50 μL씩 Table 1의 분석 조건에 따라 고속액체크로마토그래피에 주입하였다. 표준용액 분석결과 얻어진 피크의 면적으로부터 검량선을 작성하여 그 직선성을 검토하였다. HPLC 분석용으로 전처리된 시료를 Table 1의 조건에 따라 분석하고, 얻어진 피크의 면적을 검량선에 대입하여 시료 중의 아스파탐과 아세설팜 칼륨의 농도를 산출하였다.

일일섭취량 추정 및 안전성 평가

식이를 통한 아스파탐과 아세설팜 칼륨의 일일섭취량은 식품의약품안전청에서 보고한 ‘한국인의 식품첨가물 일일섭취량 평가지침서(안)’에 따라 산출하였다(20). 실험을 통해 얻어진 식품 중 아스파탐과 아세설팜 칼륨의 평균 함량을 Table 2에 나타낸 ‘2010 국민건강·영양조사’(21)의 국민평균 및 연령별 식품섭취량과 곱하여 일일섭취량을 산출하였다. 또한 두 인공감미료 섭취량을 ‘2010 국민건강·영양조사’(21)의 국민평균 및 연령별 평균 체중으로 나누어 체중 kg당 평균 섭취량을 추정한 후 이를 JECFA에서 설정한 일일섭취허용량(ADI)과 비교하여 안전성을 평가하였다.

Table 2. Consumption of each food items in which aspartame and acesulfame K in Korea¹⁾ (g/day)

Food items	Average consumers									Consumers only	
	1~2	3~6	7~12	13~19	20~29	30~39	40~49	50~64	65>	All subjects	95th percentile
Dried confectioneries	9.23	10.75	11.26	16.16	9.13	5.11	3.51	2.42	1.63	5.98	103.54
Gums	0.3	0.08	0.21	0.23	0.05	0.04	0.03	0.01	0	0.07	22.1
Candies	2.81	1.68	3.33	2.13	1.02	0.77	0.38	0.5	1.08	1.22	52.3
Cereals	1.73	2.47	2.96	2.83	1.98	0.81	0.54	0.34	0.07	1.14	85
Tea (liquid)	1.62	2.08	2.05	9.22	29.03	16.18	20.33	14.36	5.34	12.16	918
Tea (powdered)	0.07	0.11	0.3	0.39	0.53	0.58	0.32	0.6	0.34	0.41	61.17
Processed milk product	10.46	14.96	13.05	14.94	8.59	5.2	3.09	1.44	1.38	6.03	52.3
Fermented milk	33.32	27.23	13.14	16.35	18.07	10.4	14.87	13.94	6.85	14.14	317.32
Carbonated beverages	9.47	16.63	45.6	80.04	75.63	27.95	21.09	10.63	6.78	27.94	683.91
Other beverages	0.21	5.1	17.8	13.96	11.4	8.88	13.57	9	7.68	10.3	684.25
Fruit and vegetable beverage	31.72	33.72	29.83	38.8	54.32	39.2	28.19	16.26	12.58	27.97	560.9
Sauces	2.03	2.84	3.84	4.78	3.08	3.59	3.03	3.08	2.06	3.13	63
Seasoning	0.04	0.06	0.46	0.07	0.1	0.17	0.15	0.21	0.18	0.18	2.55
Bread	14.16	27.4	35.2	42.08	34.44	24.44	22.57	12.21	7.65	21.8	258.4
Pickles	1.48	3.06	3.78	6.43	9.19	8.38	6.75	5.13	4.07	5.65	74.7
Jams	0.45	0.49	0.6	0.58	0.37	0.41	0.57	0.39	0.21	0.43	41.03
Ginseng drink	0	0.01	0.74	0.52	0.02	1.25	1.41	2.04	1.18	1.11	400
Takju	0	0	0	4.5	20.29	15.79	26.16	38.09	28.16	20.32	2,025
cocoa products	0.36	2.84	1.87	1.24	2.46	0.83	0.02	0.01	0	0.77	333.24
Mixed coffee	0	0	0	2.05	12.28	15.41	12.56	8.09	6.3	7.7	60
Special medical purpose foods	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

¹⁾Korea National Health and Nutrition Examination Survey (21).

Table 3. Concentration of aspartame in foods and estimated daily intake of aspartame

Food items	Concentration of aspartame in foods (mg/kg)						Estimated daily intake of aspartame (mg/person/day)	
	No. of sample	No. of detected sample	Detected rate (%)	Range	Overall mean conc. ¹⁾	Positive mean conc. ²⁾	Average consumers of all	Consumers only 95th percentile
Dried confectioneries	49	14	28.57	ND~474.40	28.75	100.63	0.17	2.98
Gums	20	1	5.00	ND~164.50	8.20	164.50	0.00	0.18
Candies	19	2	10.23	ND~294.30	16.50	156.40	0.02	0.86
Cereals	11	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Tea (liquid)	5	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Tea (powdered)	5	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Fermented milk	11	4	36.36	ND~104.60	18.53	50.90	0.26	5.88
Carbonated beverages	10	3	30.00	ND~367.90	87.70	292.30	2.45	59.98
Other beverages	10	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Fruit and vegetable beverage	20	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Pickles	30	1	3.33	ND~207.00	6.90	207.00	0.04	0.52
Sauces	15	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Seasoning	11	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Bread	5	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Takju	6	3	50.00	ND~39.90	10.90	21.80	0.22	22.07
Yakju	5	2	40.00	ND~401.40	85.71	214.30	0.04	38.69
cocoa products	5	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Special medical purpose foods	10	2	20.00	ND~38.70	4.30	21.40	0.00	0.00
Total	247	32	12.96		Daily intake (mg/person/day)		3.20	131.15
					Daily intake (µg/kg bw/day)		58.37	2,510.48
					ADI (%)		0.15	6.28

ND: not detected.

¹⁾Mean calculated from all samples values. ND was considered as '0'.

²⁾Mean calculated from values of detected samples.

결과 및 고찰

아스파탐의 함량

과자류 등 총 247건의 시료에서 아스파탐 함량을 분석한 결과 Table 3 및 Fig. 1과 같이 나타났다. 아스파탐은 총 18개 품목 중 과자류, 껌류, 캔디류, 발효유, 탄산음료, 절임류, 주류(탁주, 약주) 등 8개 품목에서만 32건이 검출되었고, 나머지 9개 품목에서는 불검출로 나타나 평균 12.96%

의 검출률을 나타내었다(Table 3). Choi(17)의 연구에서는 아스파탐의 검출률이 15.58%로 보고되어 본 연구보다 높은 검출률을 나타내었다. 품목제조보고서에 의하면 2009년의 아스파탐 사용건수는 448건, 2011년에는 354건으로 나타나(11) 식품 제조 시 아스파탐의 사용건수가 최근 줄어들고 있는 것으로 보고되었다. 따라서 본 연구의 아스파탐 검출률이 2008년에 보고된 Choi(17)의 연구 결과보다 다소 감소한 것으로 추측된다.

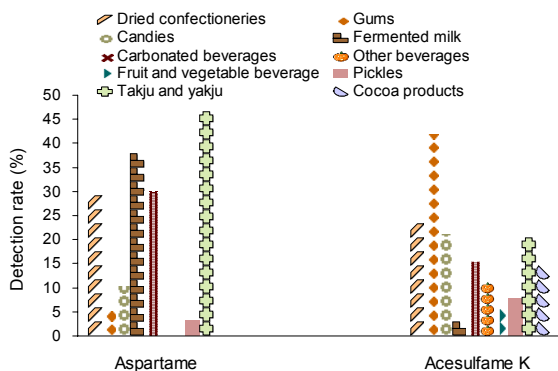


Fig. 1. Proportional distribution of detected aspartame and acesulfame K from foods.

아스파탐이 가장 많이 검출된 품목은 과자류로 14건이었으며, 그 다음으로는 주류(탁주 및 약주)가 5건, 발효유가 4건이었다(Table 3). 각 식품별 아스파탐의 평균 함량은 탄산음료가 87.70 mg/kg으로 가장 높았고, 약주가 85.71 mg/kg으로 그 다음이었다. 이는 Choi(17)가 탄산음료의 아스파탐 함량이 67.2 mg/kg이었고, Lee 등(15)이 주류의 아스파탐 함량이 41.6 mg/kg이었다고 보고한 결과보다 조금 많은 양이었다. 그러나 Choi(17)가 캔디류와 껌류의 아스파탐 평균 함량을 각각 511.5 mg/kg과 546.8 mg/kg으로 매우 높게 보고한 것과는 달리 본 연구에서 캔디류와 껌류의 아스파탐 평균 함량은 8.20 mg/kg과 16.50 mg/kg으로 낮게 나타났다(Table 3). 이는 품목제조보고서 상에서도 나타나듯 아스파탐의 사용이 줄어들고 있기 때문에 나타난 결

Table 4. Concentration of acesulfame K in foods and estimated daily intake of acesulfame K

Food items	Concentration of acesulfame K in foods (mg/kg)					Estimated daily intake of acesulfame K (mg/person/day)		
	No. of sample	No. of detected sample	Detected rate (%)	Range	Overall mean Conc. ¹⁾	Positive mean Conc. ²⁾	Average consumers of all	Consumers only 95th percentile
Dried confectioneries	56	13	23.21	ND~246.75	34.83	147.39	0.21	3.61
Gums	24	10	41.70	ND~476.90	95.70	229.60	0.01	2.11
Candies	19	4	21.00	ND~51.10	51.10	23.20	0.01	0.26
Cereals	6	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Tea (liquid)	5	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Tea (powdered)	5	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Processed milk product	5	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Fermented milk	11	1	9.09	ND~40.30	3.70	40.30	0.05	1.17
Carbonated beverages	13	2	15.40	ND~19.20	1.48	10.70	0.04	1.01
Other beverages	41	4	9.70	ND~92.70	6.61	67.80	0.07	4.52
Fruit and vegetable beverage	35	2	5.71	ND~15.00	1.37	14.40	0.04	0.77
Sauces	21	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Bread	9	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Pickles	13	1	7.70	ND~43.5	3.30	43.50	0.02	0.25
Jams	15	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Ginseng drink	5	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Takju	5	1	20.00	ND~77.90	15.60	77.90	0.32	31.59
cocoa products	7	1	14.30	ND~222.70	31.80	222.70	0.02	10.60
Mixed coffee	10	0	0	ND	ND	ND	0.00	0.00
Total	305	39	12.79		Daily intake (mg/person/day)		0.78	55.89
					Daily intake (μ g/kg bw/day)		14.23	761.92
					ADI (%)		0.09	5.08

ND: not detected.

¹⁾Mean calculated from all samples values. ND was considered as '0'.

²⁾Mean calculated from values of detected samples.

과로 사료된다. 품목제조보고서 결과로 사용량을 추정하기는 어려움이 있지만, 전체적인 사용건수가 줄어들면 사용량도 감소할 가능성이 높은 것으로 추측된다.

아세설팜 칼륨 함량

과자류 등 총 305건의 시료에서 아세설팜 칼륨 함량을 분석한 결과는 Table 4 및 Fig. 1에 제시했다. 아세설팜 칼륨은 총 19개 품목 중 과자류, 껌류, 캔디류, 발효유, 탄산음료, 혼합음료, 과실음료, 절임식품, 탁주, 기타 코코아 가공품 등 총 10개의 품목에서 39건이 검출되었고, 나머지 9개 품목에서는 불검출로 나타나 평균 검출률이 12.79%이었다 (Table 4). Choi(17)의 연구에서는 아세설팜 칼륨의 검출률을 10.62%로 보고하였는데, 이는 본 연구보다 약간 낮은 결과였다. 검출률이 가장 높았던 식품군은 껌류로 24개의 시료 중 10건에서 검출되어 검출률은 41.70%였다. 그 다음은 과자류 23.21%, 캔디류 21.00%, 탄산음료류 15.40%의 순으로 나타났다(Table 4, Fig. 1).

아세설팜 칼륨의 함량이 가장 높은 식품은 껌류로 평균 함량이 95.70 mg/kg이었으며, 검출범위(ND~476.90 mg/kg) 및 검출평균 함량(229.60 mg/kg)도 다른 시료에 비해 가장 높게 나타났다. 껌류에 이어 캔디류가 51.1 mg/kg, 과자류가 34.83 mg/kg으로 검출되었다(Table 4). 기타 코코

아 가공품류의 아세설팜 칼륨 평균 함량은 31.80 mg/kg으로 과자류 다음이었지만, 7개 시료 중 1건에서만 222.70 mg/kg 농도가 검출되어 평균 함량이 높게 나타난 것이고, 나머지 6건의 기타 코코아 가공품류에서는 아세설팜 칼륨이 검출되지 않았다(Table 4). 이상의 결과에서 아세설팜 칼륨이 많이 함유되어 있는 식품군은 껌류, 캔디류, 과자류임을 알 수 있었고, 이는 Choi의 연구(17)와 동일한 결과였다.

아스파탐의 일일섭취량

본 실험에서 추정한 아스파탐의 국민평균 섭취량은 58.37 μ g/kg bw/day로 나타나 JECFA에서 설정한 ADI(40 mg/kg bw/day)의 0.15% 수준이었으며(Table 3), Choi(17)가 보고한 아스파탐 평균 섭취량 145.47 μ g/kg bw/day(ADI의 0.4%)와 비교했을 때 조금 낮은 수준이었다. 아스파탐 섭취에 가장 많이 기여한 식품은 탄산음료, 발효유, 탁주, 과자류 순으로 이 중 탄산음료 섭취량이 월등히 높았다(Fig. 2). 연령별로는 13~19세 그룹의 섭취량이 136.04 μ g/kg bw/day(ADI의 0.34%)로 가장 높았는데, 이는 국민 평균 섭취량의 약 3배 정도의 수준으로 10대 청소년이 탄산음료를 많이 섭취하는 데에서 기인한 결과로 사료된다(Table 3, Fig. 2). 1~2세의 경우 체중당 아스파탐 섭취량이 133.16 μ g/kg bw/day로서 ADI 대비 0.33%로 나타나 13~19세 다음으로

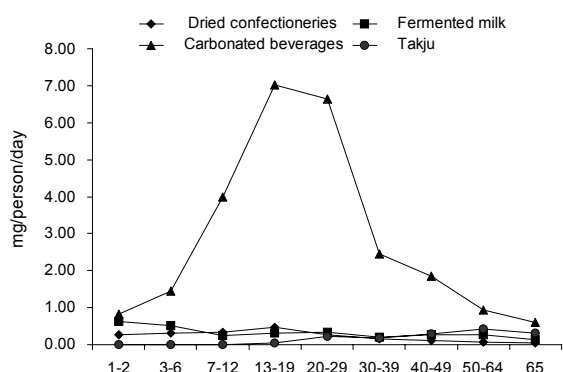


Fig. 2. Daily intake of aspartame for age group.

아스파탐을 많이 섭취하는 연령층으로 나타났고(Fig. 4), 이때 1~2세의 아스파탐 섭취에 기여한 식품은 탄산음료와 발효유였다(Fig. 2). 한편 2002년에 보고된 일본의 식품첨가물 섭취량 연구에서는 아스파탐 섭취량이 전 연령대에서 ADI 대비 0.2% 이하로 보고되어, 전 연령대에서 0.34% 이하로 나타난 본 연구 결과와 유사한 결과를 나타내었다(22). Lino 등(1)은 음료 섭취로 인한 포르투갈 국민의 인공감미료 섭취량을 보고하였는데, 포르투갈 전체 국민의 탄산음료 섭취에 따른 아스파탐 섭취량은 0.3 mg/kg bw/day(ADI의 0.7%)였고, 10대 청소년의 탄산음료 섭취로 인한 아스파탐 섭취량은 1.17 mg/kg bw/day(ADI의 2.9%)로 나타나 국민 평균 섭취량보다 10대 청소년이 약 4배 더 많은 양을 섭취하는 것으로 보고하였다. 또한 Arcella 등(4)은 이탈리아 청소년 362명을 대상으로 12일간 섭취한 식품을 조사하여 아스파탐 섭취량을 보고하였는데, 모든 식품군 및 음료 섭취로 인한 아스파탐 섭취량은 2.4 mg/kg bw/day(ADI의 6%)인 것에 반해 무설탕 탄산음료 섭취로 인한 아스파탐 섭취량은 3.1 mg/kg bw/day(ADI의 8%)로 보고하여 탄산음료가 아스파탐의 주요 기여식품임을 입증하였고, 이는 본 연구와 일치하였다. 그러나 우리나라 청소년(13~19세)들의 아스파탐 섭취량(ADI의 0.34%)은 포르투갈이나 이탈리아 등 유럽 국가들과 비교했을 때 현저히 낮은 수준이며, ADI 대비 1%에도 미치지 못하는 매우 안전한 수준이었다.

한편 아스파탐 섭취자 그룹 중 95th percentile 섭취자의 섭취량을 추정한 결과 2,510.48 µg/kg bw/day로 평균 섭취량(58.37 µg/kg bw/day)의 약 43배에 달하는 양이었지만, ADI 대비 6.28%로 여전히 안전한 수준이었다(Table 3). 또한 Choi(17)가 보고한 아스파탐 95th percentile 섭취량(ADI의 15.8%)에 비해 1/2에도 못 미치는 수준으로, 최근 아스파탐 섭취량이 감소하고 있음을 알 수 있었다. 결론적으로 한국인의 아스파탐 섭취량은 평균 섭취량, 연령별 섭취량, 상위 섭취량 모두 ADI 대비 7% 미만의 안전한 수준으로 나타났다.

아세설팜 칼륨 일일섭취량

과자류 등 19 품목의 식품을 통한 아세설팜 칼륨의 국민

평균 섭취량은 14.23 µg/kg bw/day로 JECFA에서 설정한 ADI(15 mg/kg bw/day) 대비 0.09% 수준으로 평가되었다(Table 4). Choi(17)의 연구에서는 아세설팜 칼륨 섭취량이 55.06 µg/kg bw/day로 ADI 대비 0.4% 수준으로 보고되어 본 연구 결과가 Choi의 결과에 비해 1/4 수준으로 나타났다. 일본에서 2002년과 2006년에 연구된 결과에 따르면 아세설팜 칼륨의 섭취량은 각각 13.0 µg/kg bw/day, 3.6 µg/kg bw/day로 보고되어 일본 역시 아세설팜 칼륨 섭취량이 4년 동안 1/3 수준으로 감소한 것으로 나타났다(23,24).

아세설팜 칼륨 섭취에 가장 많이 기여한 식품은 탁주류, 과자류, 음료류 순으로 이 중 탁주류의 1인당 일일섭취량이 0.32 mg/person/day로 가장 높았다(Table 4, Fig. 3). 연령별로 보면 1~2세와 3~6세의 ADI 대비 아세설팜 칼륨 섭취량이 가장 높아 각각 ADI의 0.28%, 0.23%로 나타났으며(Fig. 4), 이 연령 그룹의 아세설팜 칼륨 섭취에 가장 많이 기여한 식품은 과자류였다(Fig. 3). 이와 같이 유아들은 체중당 식품첨가물 섭취량이 높을 수 있기 때문에 취약집단으로 분류되어 세심한 관리가 요구된다. 따라서 외국에서는 유아를 대상으로 한 식품첨가물 섭취량 평가가 많이 이루어지고 있다(7). 영국 식품 규격청(Food Standards Agency)은 2001년에 1.5~4.5세 유아 110명을 대상으로 7일간 식이조사를 통해 아세설팜 칼륨의 섭취량을 평가하였는데(7), 음료 섭취에 따른 아세설팜 칼륨 평균 섭취량이 ADI 대비

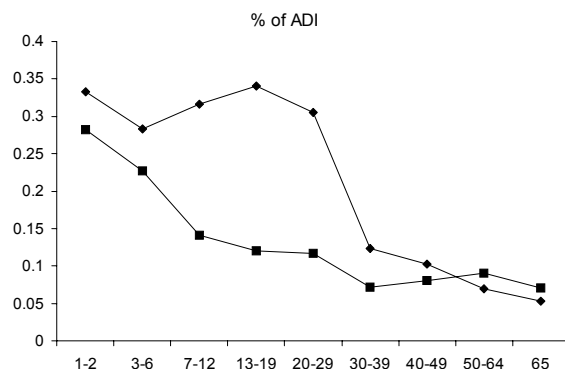


Fig. 3. Individual daily intake of acesulfame K for age group.

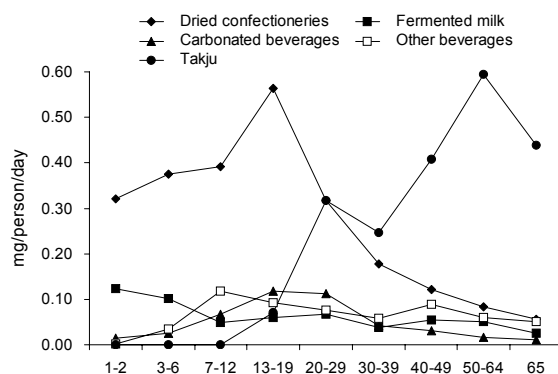


Fig. 4. Comparison with daily intake of aspartame and acesulfame K for age group.

6%였으며 상위 섭취군(95th percentile)은 ADI 대비 25%였다. 이는 본 연구의 음료 섭취에 따른 아세설팜 칼륨 섭취량보다 훨씬 많은 양으로, 영국인들이 한국인들에 비해 음료에 의한 아세설팜 칼륨 섭취량이 현저히 높다는 것을 알 수 있었다. 외국의 경우 아세설팜 칼륨 섭취량에 가장 많이 기여하는 식품은 음료인 경우가 대부분이어서 음료를 많이 섭취하는 연령층이 아세설팜 칼륨 섭취량도 높은 것으로 나타났다. Lino 등(1)에 의하면 포르투갈 국민의 탄산음료 섭취에 따른 아세설팜 칼륨 섭취량은 0.18 mg/kg bw/day(ADI의 2%)였고, 10대 청소년의 탄산음료 섭취에 따른 아세설팜 칼륨 섭취량은 0.7 mg/kg bw/day(ADI의 8%)로 나타나, 음료 섭취가 많은 청소년의 아세설팜 칼륨 섭취량이 국민평균에 비해 약 4배 정도 높은 것으로 보고되었다. 또한 Arcella 등(4)의 연구에 의하면 이탈리아 청소년이 모든 식품군을 섭취했을 때 아세설팜 칼륨 섭취량은 1.1 mg/kg bw/day(ADI의 12%)였으나, 무설탕 탄산음료를 섭취하였을 때 아세설팜 칼륨 섭취량은 1.5 mg/kg bw/day(ADI의 17%)로 나타나 무설탕 탄산음료가 아세설팜 칼륨의 주요 기여 식품이라는 것을 알 수 있었다. 그러나 우리나라 청소년(13~19세)들의 아세설팜 칼륨 평균 섭취량은 ADI의 0.12%로 포르투갈이나 이탈리아 등 유럽 국가들과 비교했을 때 현저히 낮은 수준이며, ADI 대비 1%에도 미치지 못하는 매우 안전한 수준이었다. 이는 우리나라 청소년들의 탄산음료를 비롯한 음료 섭취량이 외국에 비해 현저히 낮기 때문에 나타난 결과로 보인다.

아세설팜 칼륨 섭취자 그룹 중 95th percentile 섭취자의 섭취량은 761.92 µg/kg bw/day로 평균 섭취량(14.23 µg/kg bw/day)의 약 54배에 달하는 양이었으나 여전히 JECFA에서 설정한 ADI와 비교해 매우 낮은 수준이었다(5.08%). 결론적으로 한국인의 아세설팜 칼륨의 섭취량은 모든 연령대와 상위섭취량 모두 ADI 대비 6% 미만의 안전한 수준으로 나타났다.

요 약

본 연구는 우리나라 국민의 아스파탐과 아세설팜 칼륨의 섭취 안전성을 평가하기 위하여 수행되었다. 가공식품에 함유된 아스파탐 함량을 분석한 결과 총 247건의 시료에서 아스파탐이 가장 많이 검출된 품목은 과자류로 14건이었으며, 그 다음으로는 주류가 5건, 발효유가 4건이었다. 각 식품별 아스파탐의 평균 함량은 탄산음료가 87.70 mg/kg으로 가장 높았고, 약주가 85.71 mg/kg으로 그 다음이었다. 아세설팜 칼륨은 총 305건의 시료 중 검류의 평균 함량이 95.70 mg/kg으로 가장 높게 나타났으며, 이어서 캔디류가 51.1 mg/kg, 과자류가 34.83 mg/kg으로 나타났다. 아스파탐의 국민 평균 섭취량은 58.37 µg/kg bw/day로 나타나 JECFA에서 설정한 ADI의 0.15% 수준이었다. 아스파탐 섭취에 가장 많이 기여한 식품은 탄산음료, 발효유, 탁주, 과자류 순이었고,

연령별로는 13~19세 그룹의 섭취량이 136.04 µg/kg bw/day(ADI의 0.34%)로 가장 높았는데, 이는 10대 청소년의 탄산음료 섭취량이 가장 높기 때문으로 사료된다. 식품을 통한 아세설팜 칼륨의 국민평균 섭취량은 14.23 µg/kg bw/day로 JECFA에서 설정한 ADI 대비 0.09% 수준으로 평가되었다. 아세설팜 칼륨 섭취에 기여한 식품은 탁주, 과자류, 음료류 순으로, 이 중 탁주의 섭취량이 0.32 mg/person/day로 가장 높았다. 연령별로는 1~2세와 3~6세의 체중당 아세설팜 칼륨 섭취량이 가장 높게 나타나 각각 ADI 대비 0.28%, 0.23%로 나타났고, 이 연령 그룹의 아세설팜 칼륨 섭취에 가장 많이 기여한 식품은 과자류였다. 아스파탐과 아세설팜 칼륨 섭취자 그룹 중 95th percentile 섭취자의 섭취량은 JECFA에서 설정한 ADI 대비 각각 6.28%, 5.08% 수준으로, 결론적으로 한국인의 아스파탐과 아세설팜 칼륨의 섭취량은 모든 연령대와 상위섭취량 집단에서 모두 ADI 대비 7% 미만으로 안전한 수준이었다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 식품의약품안전처 연구개발비(12162 MFDS010)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Lino CM, Costa IM, Pena A, Ferreira R, Cardoso SM. 2008. Estimated intake of the sweeteners, acesulfame-K, and aspartame, from soft drinks, soft drinks based on mineral waters and nectars for a group of Portuguese teenage students. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 25: 1291-1296.
2. WHO. 1987. *Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food*. World Health Organization, Geneva, Switzerland. p 174.
3. Renwick AG. 2006. The intake of intense sweeteners – an update review. *Food Addit Contam* 23: 327-338.
4. Arcella D, Le Donne C, Piccinelli R, Leclercq C. 2004. Dietary estimated intake of intense sweeteners by Italian teenagers. Present levels and projections derived from the INRAN-RM-2001 food survey. *Food Chem Toxicol* 42: 677-685.
5. Rogers PJ, Blundell JE. 1993. Intense sweeteners and appetite. *Am J Clin Nutr* 58: 120-122.
6. Garnier-Sagne I, Leblanc JC, Verger P. 2001. Calculation of the intake of three intense sweeteners in young insulin-dependent diabetics. *Food Chem Toxicol* 39: 745-749.
7. Renwick AG. 2008. The use of a sweetener substitution method to predict dietary exposures for the intense sweetener rebaudioside A. *Food Chem Toxicol* 46: S61-S69.
8. Mazur RH, Schlatter JM, Goldkamp AH. 1969. Structure-taste relationships of some dipeptides. *J Am Chem Soc* 91: 2684-2691.
9. Rogers PJ, Blundell JE. 1989. Evaluation of the influence of intense sweeteners on the short-term control of appetite and caloric intake – a biopsychological approach. In *Progress in Sweeteners* : London. Grenby TH, ed. Elsevier Applied Science, Philadelphia, PA, USA. p 267-289.

10. EFSA. 2011. On the scientific evaluation of two studies related to the safety of artificial sweeteners. *European Food Safety Authority Journal* 9: 2089.
11. Choi SH. 2012. *Safety re-evaluation of food additives—about 24 items contain sweeteners*. Final Report. Korea Food & Drug Administrations, Seoul, Korea. p 491-511.
12. WHO. 1991. *Evaluation of certain food additives and contaminants*. Thirty-seventh report of the JECFA, WHO, Geneva, Switzerland. p 20.
13. Crosby GA, Furia TE. 2000. New sweeteners. In *CRC Handbook of Food Additives*. Furia TE, ed. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. p 221.
14. The Japan Ministry of Health, Labour and Welfare. 2006. *Daily intake study of sweetener by age cohort based on the market basket method*. The Japan Ministry of Health, Labour and Welfare, Tokyo, Japan. p 1-2.
15. Lee CH, Park SK, Yoon HJ, Park JS, Lee JO, Lee CW. 2000. Estimation of daily intake of artificial sweetener and antioxidants in foods. *Korean J Food Sci Technol* 32: 519-524.
16. Kim HY, Yoon HJ, Hong KH, Choi DJ, Park SK, Park HO, Jin MS, Choi WJ, Park SY, Lee KJ, Lee CW. 2004. Estimated dietary intake of sodium saccharin and acesulfame potassium in Koreans. *Korean J Food Sci Technol* 36: 804-811.
17. Choi SH. 2008. *Dietary intake of food additive by Korean population—Sweetener*. Korea Food and Drug Administrations, Seoul, Korea. p 159-307.
18. KFDA. 2009. *Korean food additives code*. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. p 599-602.
19. KFDA. 2011. *Analysis method of food additives in foods*. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. 2-2-1
20. KFDA. 2004. *Daily dietary intake of food additive by Korean population*. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. p 249-260.
21. MHW. 2010. *The third Korea national health & nutrition examination survey (KNHANES)—nutrition survey*. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea.
22. Ishiwata H, Yamada T, Yoshiike N, Nishijima M, Kawamoto A, Uyama Y. 2002. Daily intake of food additives in Japan in five age groups estimated by the market basket method. *Eur Food Res Technol* 215: 367-374.
23. The Japan Food Chemical Research Foundation. 2002. *Daily intake study of sweetener by age cohort based on the market basket method*. Labour and Welfare. Available from: [http://www.ffcr.or.jp/zaidan/FFCRHOME.nsf/7bd44c20b0dc562649256502001b65e9/940ed4a41be32642492571fe001eb85e/\\$FILE/DI-studyH14.pdf](http://www.ffcr.or.jp/zaidan/FFCRHOME.nsf/7bd44c20b0dc562649256502001b65e9/940ed4a41be32642492571fe001eb85e/$FILE/DI-studyH14.pdf) (accessed May 2008).
24. The Japan Ministry of Health. 2005. *Daily intake study of fortifying nutrient and emulsifier by age cohort based on the market basket method*. Labour and Welfare. Available from: <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2007/03/dl/s0320-7m.pdf>.