

식품 중 아스파탐과 수크랄로스의 섭취량에 관한 연구

김희연^{1*} · 윤해정² · 홍기형² · 최장덕² · 박성관² · 최우정¹ · 장영미¹ ·
이달수² · 하상철³ · 송옥자⁴ · 문동철⁵ · 신일식⁴

¹경인지방식품의약품안전청, ²식품의약품안전청
³대구미래대학 제과제과코레이션과, ⁴강릉대학교 해양생명공학부
⁵충북대학교 약학대학

A Study on Intake of Aspartame and Sucralose in Food

Hee-Yun Kim^{1*}, Hae-Jung Yoon², Ki-Hyoung Hong², Duck-Jang Choi², Sung-Kwan Park²,
Woo-Jeong Choi¹, Young-Mi Jang¹, Dal-Soo Lee², Sang-Chul Ha³,
Ok-Ja Song⁴, Dong-Chul Moon⁵ and Il-Shik Shin⁴

¹Gyeongin Regional Food and Drug Administration, Incheon 402-835, Korea

²Korea Food and Drug Administration, Seoul 122-704, Korea

³Dept. of Confectionary Decoration, Daegu Mirae College, Gyeongbuk 712-716, Korea

⁴Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Gangwon 210-702, Korea

⁵College of Pharmacy, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

Abstract

This study has been carried out to estimate mean concentration and the daily intake of 2 artificial sweeteners (aspartame and sucralose) by analyzing food samples. Total number of samples was 755 and the number of samples detected for sweeteners was 33 (detection rate was 4.4%). Contribution rate to total estimated daily intake (%) of artificial sweeteners in food categories was high in candy for aspartame and sucralose. Total Estimated Daily Intakes (Σ EI) for different age groups were high in 13~19 years old for aspartame and 7~12 years old for sucralose. Total estimated daily intakes (Σ EI) of men and women were 5.10 mg/person/day and 4.88 mg/person/day, respectively. Total estimated daily intakes (Σ EI) of artificial sweeteners were shown as follows; 3.75 mg/person/day for aspartame and 1.27 mg/person/day for sucralose, respectively and assuming a body weight of 55 kg. These values were ranged from 0.15~0.17% of acceptable daily intake (ADI) evaluated by FAO/WHO and 1.0~21.4% of theoretical maximum daily intake (TMDI), and therefore, judged to be safe.

Key words: artificial sweeteners, aspartame, sucralose

서 론

식품첨가물은 FAO/WHO 합동식품첨가물전문가위원회 (JECFA)에서 일일허용섭취량(Acceptable Daily Intake, ADI)을 설정하고 있다. 이 수치는 건강상 위해 없이 일생동안 매일 섭취하여도 되는 양으로서 안전한 섭취량으로 인식되고 있으므로, 이를 기초로 식품에 사용되는 식품첨가물의 첨가량 또는 가공과정후의 잔존량이 대상식품과 사용농도로서 규제되고 있다. 따라서 식품첨가물의 섭취량이 ADI 이하 수준인지 아닌지를 파악하기 위해서는 실제로 식품 중 식품첨가물의 사용상태, 잔존량, 사용농도 등과 그 식품자체의 섭취량을 조사하는 것이 매우 중요하다. 특히 식품첨가물의 섭취량조사에는 막대한 규모의 비용과 시간, 인적자원을

필요로 하기 때문에 1980년부터 현재까지 계속해서 연구를 수행하고 있는 일본을 제외하고는 전세계적으로 대부분 소규모의 연구가 수행되고(1-18) 있으며 한 시점의 1회조사로서 연속 또는 반복조사는 수행되고 있지 않고 있는 실정이다. 최근 국제식품규격위원회(Codex)에서 식품첨가물 사용에 대한 안전성을 평가하기 위한 우선순위 선정의 첫단계로 Budget method(19)를 제안하고 있으며, 이 방법은 식품첨가물의 사용기준을 기초로 한 최대섭취량의 추정치가 ADI를 초과하는지에 대한 스크리닝 방법으로 ADI를 넘을 가능성이 있는 품목에 대해서는 별도의 섭취량 실태조사를 수행할 필요가 있다는 것을 의미하는 것이다. 우리나라에서는 Budget Method에 의해 보존료와 산화방지제 등 식품첨가물 9종에 대한 이론적 최대섭취량을 추정하여 보고한 바 있다.

*Corresponding author. E-mail: pmheekim@kfda.go.kr
Phone: 82-32-450-3360. Fax: 82-32-442-4622

최근 폭발적인 수요 증대를 보이고 있는 저칼로리 다이어트 식품에 비영양성 감미목적의 식품첨가물이 필연적으로 요구되고 있으며, 아세살팜칼륨과 수크랄로스가 1997년 섭취량 조사 이후 추가 고시되어 섭취량 제조사의 필요성이 대두되었다. 따라서 본 연구에서는 사용량, 사용빈도 및 국내 섭취량 자료가 확보되지 않은 인공감미료에 대한 식품별, 인공감미료별 사용실태조사와 국민영양조사결과를 활용하여 우리나라 국민의 아스파탐 및 수크랄로스의 실제 섭취량을 추정하고 JECFA에서 설정한 각각의 ADI 및 현행 사용기준과 비교, 검토함으로써 실제 섭취량의 안전수준을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

2003년 1월부터 2003년 12월까지 수행하였으며 시중에서 유통되고 있는 제품 중 아스파탐 및 수크랄로스가 사용 가능한 대상식품인 빵 또는 떡류, 김치류, 음료류, 어육가공품, 건과류, 아이스크림류, 잼류, 발효유류 등 46종 755품목을 대상으로 하였다. 수집지역으로 대도시는 서울, 인천, 대전, 대구, 광주, 부산 등 6개 지역에서, 중소도시는 구미, 마산, 목포, 속초, 전주, 청주, 천안 등 7개 지역에서 각각 수집하여 시료로 사용하였다.

분석에 사용된 아스파탐 및 수크랄로스는 각각 Sigma-Aldrich사(USA), Nutrinova사(Germany)에서 구입하여 사용하였고 그 밖의 시약으로 메탄올, 아세토니트릴(이상 HPLC용)은 Merck사(Germany), 10% tetrapropylammonium hydroxide solution, 황산아연, 제일인산칼륨 등은 Wako사(Japan), 페로시안화칼륨과 제일인산나트륨은 각각 Sigma사와 Fisher사(USA)에서 구입하여 사용하였다. 사용된 Carrez I과 Carrez II 시약은 각각 페로시안화칼륨 150 g에 물을 가해 1 L, 황산아연 330 g에 물을 가해 1 L로 하여 제조하였다. 정제용 카트리지는 PVDF Acrodisc[®] AutoPack[™] syringe filter(0.45 µm filter, Gelman Science Co., USA)를 구입하여 사용 전에 메탄올 5 mL, 물 5 mL을 차례로 이용하여 세정시킨 것을 사용하였다.

기기분석

아스파탐 및 수크랄로스의 분석은 HPLC(Waters Co., USA)를 사용하였다. 컬럼은 Symmetry C₁₈(3.9 mm×150 mm, 5 µm, Waters Co., USA)를 사용하였으며 이동상은 0.005 M tetrapropylammonium hydroxide가 함유된 0.01 M 제일인산칼륨-아세토니트릴(90:10, pH 3.5, v/v) 혼합액을 이용하여 분리하였다. 검출기는 486 UV detector(자외선 검출기, Waters Co., USA)로 210 nm에서 분석하였으며 photodiode array detector 996 (Waters Co., USA)를 사용하였다.

실험방법

표준용액의 조제, 시험용액의 조제 및 시험조작은 Kim 등(20)의 방법에 따라 동일하게 수행하였으며 3회 반복 실험하였다.

인공감미료의 섭취량 산출

조사대상식품은 인공감미료별 사용기준에 따라 식품을 분류하여 검사결과를 계산하였다.

식품섭취량: 한국인에 의한 식품별 섭취량은 보건복지부의 '01 국민건강·영양조사(영양조사 부문) 결과보고서(21) 중 인공감미료의 사용기준에 의한 대상식품인 과자, 비스킷, 잼, 사과잼, 아이스크림, 요구르트 등 35개군의 식품섭취량 자료를 이용하였으며 이에 대한 1인 1일당 분포자료, 연령별 1인 1일 섭취량 및 성별 1인 1일 섭취량은 Table 1과 같다.

실제 인공감미료의 섭취량 산출: 각 대상식품별 식품을 통한 인공감미료의 일일추정섭취량(Estimated Daily Intake, EDI)은 Table 1의 대상식품별 1인 1일당 섭취량(food intake)과 대상식품 중 HPLC분석에 의해 인공감미료가 검출된 식품만의 인공감미료 평균함유량(average contents of sweeteners in food)을 이용하여 다음 식에 의해 산출하였다. 다만, 빵튀기, 곤약, 마늘장아찌, 우엉조림, 잼, 사과잼, 딸기분말음료, 소스류 등 일인당 일일식품섭취량 자료가 없는 일부 인공감미료 대상식품은 섭취량 계산 시 제외하였다.

$$EDI(\text{mg/person/day}) = \text{food intake}(\text{kg/person/day}) \times \text{average contents of sweeteners in food}(\text{mg/kg})$$

이론적 최대섭취량으로부터 안전수준평가: 인공감미료의 일일추정섭취량과 사용기준 사이의 안전수준을 평가하기 위해서 이론적 최대섭취량(Theoretical Maximum Daily Intake, TMDI)을 일일섭취허용량(ADI)과 비교하였다. 이론적 최대섭취량은 대상식품의 1인 1일당 섭취량(food intake)과 식품첨가물의 사용기준(maximum level of use)에 의해서 다음 식에 의해 산출하였다.

$$TMDI(\text{mg/person/day}) = \text{food intake}(\text{kg/person/day}) \times \text{maximum level of use}(\text{mg/kg})$$

결과 및 고찰

조사검체건수 및 검출율

시중에서 유통되고 있는 제품 중 아스파탐 및 수크랄로스가 사용가능한 빵 또는 떡류, 김치류, 음료류, 어육가공품, 건과류, 아이스크림류, 잼류, 발효유류 등 46종 755품목을 대상으로 각각의 인공감미료를 분석하였다.

식품의 유형별 인공감미료의 검출건수 및 검출율은 Table 2에 나타내었다. 검출율은 발효유류 75.0%(4건 중 3건) 및 혼합제제 식품첨가물에서 50.0%(4건 중 2건)로 가장 높았으며, 발효음료류 16.7%(18건 중 3건), 탁주 16.7%(12건 중 2

Table 1. Average food intake for each food item, age and sex per person per day

Items	Average food intake, g/person/day (nationwide)	Ages								Sex	
		1~2	3~6	7~12	13~19	20~29	30~49	50~64	>65	Males	Females
Cracker	1.3	1.8	3.1	3.8	2.8	1.2	0.4	0.1	0.1	1.4	1.2
Biscuit	0.5	0.7	0.6	0.8	0.8	1.1	0.4	0.1	0.0	0.4	0.6
Chewing gum	0.0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Apple jam	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ice cream	3.1	1.3	5.7	7.7	7.3	4.5	1.5	0.2	0.0	3.0	3.1
Milk	70.6	216.8	166.9	167.7	114.2	56.2	33.9	28.9	29.7	76.5	65.3
Yogurt	2.2	5.7	5.2	3.2	1.9	3.2	1.7	1.4	0.5	2.0	2.4
Bread	1.7	0.9	2.6	2.9	3.5	1.3	1.9	0.6	0.1	1.6	1.9
Candy	0.2	1.0	0.4	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
Chocolate	0.5	1.1	1.7	0.9	1.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.5	0.5
Cheese	0.5	1.8	0.9	0.7	0.9	0.5	0.5	0.1	0.2	0.5	0.5
Fish paste	7.3	3.1	6.7	9.5	10.9	10.2	7.7	4.4	1.7	7.5	7.2
Strawberry beverage (powder)	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bran rice-green tea	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.5	0.1	0.0	0.1	0.2
Soy milk	3.0	70.0	2.9	0.4	2.0	1.3	1.1	0.3	3.5	3.3	2.6
Apple juice	0.3	0.0	0.0	0.8	0.4	0.0	0.4	0.2	0.1	0.2	0.3
Soft drink	3.2	3.6	7.5	4.8	7.7	4.7	1.9	0.5	0.0	3.4	3.0
Sikhe	3.3	2.6	4.4	1.4	3.4	5.0	3.0	3.2	3.6	2.5	4.0
Coffee	7.1	0.0	0.0	0.4	2.6	16.4	11.1	5.5	0.9	6.0	8.1
Infant food	0.2	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2
Mixed soybean paste	1.5	0.0	0.3	0.5	1.3	1.6	2.3	1.5	0.8	1.9	1.1
Sauces	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Kakdugi	11.8	1.0	4.0	8.7	10.9	12.7	14.9	13.5	9.3	14.7	9.3
Nabak kimchi	3.8	0.9	0.9	1.1	1.3	2.1	3.8	5.6	11.5	3.5	4.0
Cabbage kimchi	91.9	8.5	23.6	53.3	76.3	91.8	114.5	116.7	99.7	100.8	83.9
Cucumber kimchi	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1
Yulmoo kimchi	1.3	0.0	0.3	0.3	1.6	1.2	1.2	2.6	2.0	1.5	1.2
Green onion kimchi	1.2	0.0	0.1	0.3	0.2	1.1	1.8	1.8	1.6	1.2	1.2
Chonggak kimchi	7.7	0.4	1.6	2.9	4.4	5.3	11.0	10.7	9.1	7.0	8.3
Takju	4.9	0.0	0.0	0.0	0.4	9.4	6.6	20.6	14.0	7.4	2.6
Sojue	20.2	0.0	0.0	0.0	8.8	21.3	31.2	30.3	16.6	35.6	6.4
File fish	0.3	0.1	0.4	0.4	0.5	0.5	0.3	0.2	0.0	0.4	0.2
Honey	0.3	0.1	0.5	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2
Danmooji	3.37 ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	3.96	2.80
Pickled cucumber	0.17 ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	0.18	0.17

¹⁾Data were reprocessed with 1998 National Health · Nutrition Survey.

전), 탄산음료 15.4%(13건 중 2건), 캔디 10.9%(64건 중 7건) 등의 순으로 나타났다. 또한 인공감미료별 검출율은 아스파탐은 33건(총 검사건수의 4.37%), 수크랄로스는 5건(총 검사건수의 0.66%)이었다.

인공감미료의 대상식품별 섭취실태

식품첨가물공전 인공감미료의 사용기준에서 사용가능한 대상식품을 추출, 정제 후 액체크로마토그래프로 분석한 결과(22-25), 현행 사용기준의 대상식품별 분류에 따른 평균농도 및 일일추정섭취량(EDI)을 산출한 결과는 Table 3과 같다.

식품유형별 아스파탐의 검사결과 검출된 시료의 평균농도가 가장 높은 식품은 캔디로 평균농도 2.96 g/kg이었으며, 검출율 10.9%(64건 중 7건 검출)이었다. 검출율이 가장 높은 대상식품은 요구르트로서 평균농도는 0.06 g/kg, 검출율은 27.3%(22건 중 6건 검출)이었으며 탁주의 평균농도는 0.06 g/kg으로 검출율은 16.7%(12건 중 2건 검출)이었고, 껌의

평균농도는 0.23 g/kg으로 검출율은 9.4%(32건 중 3건 검출)로 나타났으며 사과주스, 탄산음료, 식혜 및 커피음료 등에서는 검출되지 않았다(Table 4). 수크랄로스의 검사결과 중 검출된 시료의 평균농도가 가장 높은 식품은 캔디로서 평균농도가 1.23 g/kg 및 검출율은 1.6%(64건 중 1건 검출)이었으며, 검출율이 가장 높은 대상식품은 요구르트로서 평균농도 0.17 g/kg이고, 검출율은 4.5%(22건 중 1건 검출)이었다. 아이스크림의 경우 평균농도 0.21 g/kg 및 검출율 1.2%(171건 중 2건 검출)로 나타났으며 사과잼, 치즈, 어묵, 커피음료 및 kakdugi 등에서는 검출되지 않았다.

인공감미료의 연령대별 섭취실태

인공감미료 2종에 대한 연령대별 일일추정섭취량(EDI)을 산출한 결과는 Table 4와 같다.

연령대별 인공감미료의 EDI를 산출한 결과, 아스파탐은 13~19세 및 7~12세에서, 수크랄로스는 7~12세 및 3~6세에서 섭취량이 가장 많은 것으로 나타났다. 이러한 경향은

Table 2. Concentration of sweeteners detected in food categories that are listed in Korea

Commodity	No. of Sample	Sweeteners							
		Aspartame				Sucralose			
		No. of Detected Sample	Detection rate (%)	Mean conc. of tested samples (g/kg)	Mean conc. of detected samples (g/kg)	No. of Detected Sample	Detection rate (%)	Mean conc. of tested samples (g/kg)	Mean conc. of detected samples (g/kg)
Cake and rice cake	16	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Dried cake	86	1	1.16	0.010±0.009 ¹⁾	0.828±0.000	-	0.00	-	-
Candy	64	7	10.94	0.284±1.292	2.964±2.897	1	1.56	0.017±0.153	1.225±0.000
Chocolate	22	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Chewing gum	32	3	9.38	0.007±0.095	0.233±0.432	-	0.00	-	-
Jam	4	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Syrup	10	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Oligosaccharide	1	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Ice cream	171	10	5.85	0.004±0.183	0.656±0.031	3	1.75	0.001±0.024	0.180±0.058
Milk	1	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Low-fat milk	1	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Processed milk	16	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Fermented milk beverage	18	3	16.67	0.009±0.023	0.054±0.026	1	5.56	0.090±0.039	0.167±0.000
Processed cheese	2	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Processed meat products	2	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Processed fish products	21	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Mook	1	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Extract tea	5	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Powdred tea	13	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Fruit tea	3	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Fruit & vegetable beverage	35	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Soft drink	13	2	15.38	0.017±0.083	0.220±0.026	-	0.00	-	-
Soy milk	14	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Fermented products	4	3	75.00	0.014±0.038	0.057±0.030	-	0.00	-	-
Other beverage	21	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Prepared milk	2	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Growing preparation food	9	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Infant formula	2	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Patient food	2	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Mixed soybean paste	1	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Sauces	3	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Red ginseng beverage	1	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Kimchi	38	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Salt-fermented fish product	7	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Salted food	57	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Hard-boiled food	2	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Takju	12	2	16.67	0.005±0.029	0.062±0.052	-	0.00	-	-
Yakju	3	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Sojue	6	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Spirituos liquor	2	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Liqueur	4	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Slices of dried meat seasoned with spices	9	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Peanut and processed nut product	5	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Honey	9	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Mixed food additives	4	2	50.00	2.701±6.247	10.802±0.617	-	0.00	-	-
Lunch-box	1	-	0.00	-	-	-	0.00	-	-
Total	755	33	4.37	3.051	15.876	5	0.66	0.108	1.572

¹⁾Standard deviation.

13~19세 및 7~12세에서는 캔디, 아이스크림, 껌, 탄산음료 등을 많이 섭취하고 7~12세 및 3~6세에서는 캔디, 아이스크림, 요구르트 등을 많이 섭취하기 때문에 사료된다.

인공감미료의 성별 섭취실태

인공감미료 2종에 대한 성별 일일추정섭취량(EDI)을 산출한 결과는 Table 5와 같다. 성별 일일추정섭취량(EDI)은

Table 3. The analytical results and estimated daily intakes of aspartame and sucralose in each food item that is regulated in Korea

Samples	No. of sample	Sweeteners					
		Aspartame			Sucralose		
		No. of detected sample	Mean (g/kg)	EDI (mg/person/day)	No. of detected sample	Mean (g/kg)	EDI (mg/person/day)
Cracker	48	-	-	-	-	-	-
Biscuit	36	-	-	-	-	-	-
Chewing gum	32	3	0.233	0.000	-	-	0.000
Apple jam	4	-	-	0.000	-	-	0.000
Ice cream	171	10	0.656	2.033	2	0.213	0.660
Milk	18	-	-	-	-	-	-
Yogurt	22	6	0.055	0.122	1	0.167	0.367
Bread	16	-	-	-	-	-	-
Candy	64	7	2.964	0.593	1	1.225	0.245
Chocolate	22	-	-	-	-	-	-
Cheese	2	-	-	-	-	-	-
Fish paste	19	-	-	-	-	-	-
Strawberry beverage (powder)	1	-	-	0.000	-	-	0.000
Bran rice-green tea	11	-	-	-	-	-	-
Soy milk	14	-	-	-	-	-	-
Apple juice	22	-	-	-	-	-	-
Soft drink	13	2	0.220	0.703	-	-	-
Sikhe	3	-	-	-	-	-	-
Coffee	1	-	-	-	-	-	-
Infant food	11	-	-	-	-	-	-
Mixed soybean paste	1	-	-	-	-	-	-
Sauces	3	-	-	0.000	-	-	0.000
Kakdugi	3	-	-	-	-	-	-
Nabak kimchi	1	-	-	-	-	-	-
Cabbage kimchi	20	-	-	-	-	-	-
Cucumber kimchi	3	-	-	-	-	-	-
Yulmoo kimchi	2	-	-	-	-	-	-
Green onion kimchi	3	-	-	-	-	-	-
Chonggak kimchi	4	-	-	-	-	-	-
Takju	12	2	0.061	0.302	-	-	-
Sojue	6	-	-	-	-	-	-
File fish	9	-	-	-	-	-	-
Honey	9	-	-	-	-	-	-
Total	606	30	4.189	3.752	4	1.605	1.273

Table 4. Estimated daily intakes of sweeteners for each age

Ages	Sweeteners		EDI (mg/person/day)	
	Aspartame	Sucralose	Aspartame	Sucralose
1~2	4.969	2.454		
3~6	6.882	2.572		
7~12	7.490	2.664		
13~19	7.498	2.240		
20~29	5.036	1.615		
30~49	2.198	0.726		
50~64	1.885	0.399		
>65	1.484	0.329		

Table 5. Estimated daily intakes of sweeteners for sex

Sex	Sweeteners		EDI (mg/person/day)	
	Aspartame	Sucralose	Aspartame	Sucralose
Male	3.874	1.218	5.092	
Female	3.578	1.306	4.884	

식품별 1인 1일 평균섭취량(성별)에 HPLC 분석에 의해 인공감미료가 검출된 식품만의 인공감미료 평균함유량을 곱한 값을 합산하여 산출하였다. 인공감미료의 EDI를 산출한 결과, 아스파탐은 남성의 섭취량이 높은 것으로 나타났으며 수크랄로스는 여성의 섭취량이 높은 것으로 나타났다. 또한 성별 총 일일추정섭취량(Σ EDI)은 남성이 5.09 mg/person/day, 여성은 4.88 mg/person/day으로 남성이 여성보다 조금 높게 나타났다.

인공감미료별 추정섭취량 및 안전성 평가

인공감미료별 일일추정섭취량(EDI)과 사용기준사이의 안전수준을 평가하기 위해서 ADI를 비교한 결과는 Table 6과 같다.

2001년 국민영양조사에 의한 식품섭취량을 기초로 산출된 모든 검사시료의 식품별 인공감미료별 평균농도에 각 식품의 섭취량을 곱하여 1인 1일당 추정섭취량을 구하였을 때,

Table 6. Assessment of dietary intake of aspartame and sucralose

Sweeteners	ΣEDI ¹⁾ (mg/person/day)	ADI ²⁾ (mg/person/day)	ΣTMDI ³⁾ (mg/person/day)	EDI/ADI (%)
Aspartame	3.752	2200	17.500	0.171
Sucralose	1.273	825	131.706	0.154

¹⁾EDI (mg/person/day)=food intake (kg/person/day)×sweeteners contents in food (mg/kg).

²⁾ADI is expressed in terms of mg/kg weight/day by a man of 55 kg.

³⁾TMDI (mg/person/day)=food intake (kg/person/day)×maximum level of use (standards for use) (mg/kg).

Table 7. Comparison of estimated daily intake of sweeteners in Korea, Japan, Italy, Denmark, Netherlands and UK

Sweeteners	ADI (mg/person/day)	Present study (mg/person/day)	Reference values (mg/person/day)						
			Korea ¹⁾	Japan	Japan	Italy ²⁾	Denmark ³⁾	The Netherlands ⁴⁾	UK ⁵⁾
Study period		2003	1997	1996	1994	1996	1995	1995	1992
Aspartame	2200	3.75	2.33	-	-	0.03	2.6	1.9	0.40
Sucralose	825	1.27	-	-	-	-	-	-	-

¹⁾Be estimated by Lee et al. (14).

²⁾Be estimated by Leclercq et al. (27).

³⁾Be expressed by Renwick (28).

⁵⁾Be estimated by Hulshof & Bouman (29).

⁴⁾Be estimated by Hinson & Nicol (30).

인공감미료별 총 일일추정섭취량(ΣEDI)은 FAO/WHO에서 평가된 각 인공감미료의 ADI를 국민평균체중 55 kg으로 환산한 아스파탐 2200 mg/person/day(ADI 0~40 mg/kg), 수크랄로스 825 mg/person/day(ADI 0~15 mg/kg)와 비교하였을 때 모두 0.2% 이하로 낮은 수치를 보였다.

상기 수치들은 각 대상식품에서 인공감미료가 검출된 품목들의 평균값을 이용하였으므로 실제 인공감미료가 검출되지 않는 품목을 계산에 포함한다면 각 인공감미료의 총 EDI는 훨씬 낮아지리라 생각되며, 따라서 총EDI/ADI 역시 매우 낮은 값을 나타낼 것이다.

각국의 인공감미료별 추정섭취량 비교

Table 7은 인공감미료의 일일추정섭취량에 대해 현재까지 보고된 조사결과와 본 연구결과를 비교하여 나타낸 것으로 인공감미료별 1인 1일당 섭취량에 대해 우리나라에서는 Lee 등(14)에 의해 보고된 국민영양조사와 식이섭취량보고서에 의한 일일섭취추정결과, 식품소비량과 최대허용량을 이용한 추정섭취량평가 및 Kim 등(26)에 의한 대상식품의 실제분석치, 국민영양조사에 의한 섭취량결과의 보고, 일본에서 수행된 1994년도와 1996년도의 보고 결과, 이탈리아, 덴마크 및 네덜란드에서 보고된 결과 등의 연구보고서가 있으며 본 연구결과와 비교하였을 때 인공감미료별 섭취비율면에서 아스파탐이 더 높은 것으로 나타났고 과거보다는 최근에 더 많이 섭취하는 경향을 보여주었다. 이러한 결과는 아스파탐의 경우 아이스크림 및 탄산음료 등의 섭취량 증가에 따른 것으로 사료되며, 수크랄로스의 경우 잼류, 음료류 등 사용기준의 신설에 기인한 것으로 사료된다.

상기 연구들의 섭취량 결과를 비교하는 경우 조사방법에

따라 추정하는 방법이 달라 다소 과대 또는 과소평가될 수 있는 요인이 있고 시기별 차이 및 국가에 따라 허가된 인공감미료와 사용기준이 다르기 때문에 이 점도 고려하여야 하며, 본 연구에 적용된 검사결과는 식품첨가물공전의 사용기준에 따라 시험을 행한 것으로 각 인공감미료의 사용가능식품 및 사용기준 위반가능성이 있는 식품을 대상으로 하는 경향이 있으므로 사용가능성이 낮거나 또는 사용가능성이 없는 식품의 검사건수는 비교적 적다. 따라서 본 연구에서 산출된 식품 중의 인공감미료별 농도 및 그 결과로부터 얻은 추정섭취량은 시판 가공식품 전체의 인공감미료 평균농도 및 실제 인공감미료 섭취량보다 약간 높을 수 있는 가능성이 있다. 차후 인공감미료의 식이섭취량 조사는 여러 가지 조사방법을 적용한 결과를 다각적으로 검토하여야 보다 정확한 섭취량 추정결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

시중에서 유통되고 있는 제품 중 아스파탐 및 수크랄로스가 사용 가능한 대상식품인 빵 또는 떡류, 김치류, 음료류, 어육가공품, 건과류, 아이스크림류, 잼류 및 발효유류 등 46종 755품목을 대상으로 인공감미료 2종에 대한 사용실태를 파악하고 식이를 통해 실제 섭취되는 인공감미료의 총 섭취량을 조사하여 FAO/WHO에서 ADI와 비교 검토함으로써 인공감미료의 실제 섭취량과 ADI간 안전수준평가 및 사용기준 개정시 기초자료로 활용하고자 수행하였다. 따라서 분석된 결과를 기초로 식품유형별, 연령대별, 성별 및 인공감미료별 사용실태를 파악하고 국민영양조사자료에 근거하여

대상식품의 유형과 연령에 따른 인공감미료별 1인 1일당 추정섭취량을 산출하였으며 FAO/WHO에서 설정한 ADI와 비교 검토한 결과는 다음과 같다. 총 검사건수 755건 중 33건의 인공감미료가 검출되어 4.4%의 검출율을 나타내었으며 인공감미료별 검출건수와 검출율은 각각 아스파탐 33건 (4.4%) 및 수크랄로스 5건(0.7%)으로 나타났다. 또한, 대상 식품별 일일추정섭취량을 산출한 결과 아스파탐과 수크랄로스 모두 캔디에서 가장 높은 것으로 나타났다. 연령별 총 일일추정섭취량(Σ EDI)은 1.81~10.15 mg/person/day의 범위로 7~12세에서 인공감미료 섭취가 가장 많았으며 65세 이상에서 가장 낮았다. 또한 각 인공감미료를 연령대별로 보면 아스파탐은 13~19세, 수크랄로스는 7~12세에서 가장 섭취량이 많은 것으로 나타났다. 성별 총 일일추정섭취량(Σ EDI)은 남성은 5.09 mg/person/day, 여성은 4.88 mg/person/day으로 나타났다. 국민영양조사표 등의 식품별 1인 1일당 섭취량과 인공감미료별 평균검출농도로부터 일일추정섭취량을 산출하였을 때, 인공감미료별 총 일일추정섭취량(Σ EDI)은 아스파탐 3.75 mg/person/day, 수크랄로스 1.27 mg/person/day로 각 인공감미료의 ADI를 국민평균체중 55 kg으로 환산한 825~2,200 mg/person/day와 비교하였을 때 매우 낮은 수치를 나타내었다. 따라서 본 연구의 결과, 각 인공감미료의 총 일일추정섭취량은 ADI 대비 0.2% 수준이었고 사용가능 대상식품의 이론적 최대섭취량(TMDI)의 1.0~21.4%의 수준으로 사용대상식품을 통한 인공감미료의 섭취는 안전하다고 판단된다.

문 헌

- Sumiko T, Kaori F, Masa K, Tadashi S, Sachiko UH, Miyuki F, Noboru K, Yoshiko O, Kazuya F, Hiroshi S, Yoshio I. 1993. Naturally occurring of sulfites in raw and processed foods. *J Food Hyg Soc Jap* 34: 303-313.
- Sumiko T, Masako K, Yukihiko M, Tadashi S, Noboru K, Kazuya F, Kazuko W, Sachiko UH, Shigeaki I, Kazuya F, Hiroshi S, Yoshio I. 1993. Naturally occurring of nitrite existing in various raw and processed foods. *J Food Hyg Soc Jap* 34: 294-302.
- Sumiko T, Tadashi S, Kenji I, Takeo K, Mieko K, Motohiro N, Hiromichi H, Toshinobu F, Hiroyuki K, Munehiko G, Yoshio S, Kiyoshi S, Kakuyuki O, Hiroshi M, Hisanori U, Teruo S, Yoshio I. 1995. Daily intake of non-naturally occurring chemically synthesized food additives from the processed foods purchased in Japan. *J Food Hyg Soc Jap* 36: 93-101.
- Sumiko T, Tadashi S, Motohiro N, Yoshinobu F, Hiroyuki K, Munehiko G, Yoshio S, Yasuko M, Zensho O, Minoru S, Kazuo N, Shigeru M, Shuichi E, Yayoi S, Hisanori U, Teruo S, Yoshio I. 1996. Estimation of daily intake of chemically synthesized natural food additives from processed foods in Japan. *J Food Hyg Soc Jap* 37: 308-318.
- Gibney MJ. 1999. Dietary intake methods for estimating food additive intake. *Reg Toxicol & Pharmacol* 30: 31-33.
- Yukimasa M, Yuka K, Takashi H, Nobumi A, Masanori S, Yoshio I. 1995. Preparation and characterization of sulfite adducts. *Jpn J Toxicol Environ Health* 41: 440-446.
- Sumiko T, Tadashi S, Nobutake U, Tateo K, Hiroshi S, Sachiko UH, Junko M, Noboru K, Yoshio I. 1994. Naturally occurring of orthophosphate ion in various raw and processed foods by ion chromatography. *J Food Hyg Soc Jap* 35: 56-65.
- Sumiko T, Tadashi S, Koichiro O, Koji T, Tasuchi F, Yoshio I. 1994. Preparation of sample solution using pronase treatment for determination of food coal-tar dyes in foods. *J Food Hyg Soc Jap* 36: 68-76.
- Tomomi K, Tomoko Y, Yoshie T, Nastsuyo H, Yoshiko T, Miki F, Masanori S, Sumiko, T, Tadashi S, Yosio I. 1995. Studies on daily intake of food coal-tar dye in Japan. *Jpn J Food Chem* 2: 16-23.
- Lee CW, Lee DS, Moon BS. 1989. A study on intakes of some food additives by Korean. *Kor J Food Hyg* 4: 1-20.
- Kim KS, Lee CW, Lee DS, Lee YJ, Yu SY, Kim YK, Lee JD, Moon BS, Shin MK. 1985. A study on intakes of some food additives by Korean (I) (DHA, BHA, BHT). *Annual Report of NIH* 22: 443-454.
- Kim KS, Lee CW, Lee DS, Lee YJ, Yu SY, Kim YK, Kim KN, Kim JH, Moon BS. 1986. A study on intakes of some food additives by Korean (II) (benzoic acid, sorbic acid, p-hydroxybenzoate ester). *Annual Report of NIH* 23: 631-642.
- Kim KS, Lee CW, Lee DS, Lee YJ, Yu SY, Kim YK, Kim KN, Hong KH, Kim HJ, Moon BS. 1987. A study on intakes of some food additives by Korean (III) (propionic acid, sodium nitrite, sodium sulfite (as SO₂)). *Annual Report of NIH* 24: 719-732.
- Lee CW, Kim BS, Kwak IS, Lee CH, Park SK, Huh SY, Ju SK, Kang KM, Park JS, Kim KS. 1997. A study on food additives from diet (artificial sweeteners). *Annual Report of KFDA* 1: 67-74.
- Lee CH, Park SK, Yun HJ, Park JS, Lee JO. 2000. Estimation of daily intake of artificial sweetener and antioxidants in foods. *Kor J Food Sci Technol* 32: 519-524.
- FAO, IPCS. 1994. Summary of evaluations performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee Food Additives (JECFA).
- Lee JO, Yun HJ, Lee CH, Park SK, Lee CW. 1998. A study for analytical method of synthetic color additives in foods (I). *Annual Report of KFDA* 2: 107-115.
- Lee JO, Kim SH, Yun HJ, Lee CH, Park SK, Park JS, Jung YH, Chae SY, Kim EJ, Lee CW. 1999. A study for analytical method of synthetic color additives in foods (II). *Annual Report of KFDA* 3: 129-148.
- JECFA. 1999. Safety evaluation of certain food additives. *WHO Food Additives Series* 42: 402-459.
- Kim HY, Yoon HJ, Hong KH, Lee CH, Park SK, Choi JM, Park SY, Lee KJ, Oh SJ, Kim MS, Park SM, Lee CW. 2003. A study on intake of artificial sweeteners in foods (I). *Annual Report of KFDA* 6: 169-176.
- Ministry of Health and Welfare. 2001. Report on 2001 national health and nutrition survey (dietary intake survey). Kor Health Indus. Development Ins.
- Hajimu I, Motohiro N, Yoshinobu F, Yoshio I, Takashi Y. 1998. Evaluation of the contents of BHA, BHT, propylene glycol, and sodium saccharin in foods and estimation of daily intake based on the results of official inspection in Japan in fiscal year 1994. *J Food Hyg Soc Jap* 39: 89-100.
- Shin KH, Lee YH, Lee YJ, Lee HD. 1981. A study on the food additives (The simultaneous analysis of food colorants by HPLC). *Annual Report of NIH* 18: 377-381.
- Hajimu I, Takiko S, Yoko K, Yuiko T, Takashi Y, Motohiro

- N, Yoshinobu F. 1999. Estimation of antifungal agent concentrations allowed as food additives in food and their daily intake based on official inspection results in Japan in fiscal year 1996. *J Food Hyg Soc Jap* 40: 407-416.
25. Hajimu I, Takiko S, Yoko K, Yuiko T, Takashi Y, Motohiro N, Yoshinobu F. 1999. Estimation of preservative concentrations in food and their daily intake based on official inspection results in Japan in fiscal year 1996. *J Food Hyg Soc Jap* 40: 246-258.
26. Kim HY, Lee YJ, Hong KH, Ha SC, An MS, Cho JS, Kim KS. 1998. Intake of food additives in foods by total diet. *Food Sci & Technol* 30: 767-774.
27. Leclercq C, Berardi D, Sorbillo MR, Lambe J. 1999. Intake of saccharin, aspartame, acesulfame K and cyclamate in Italian teenagers: present levels and projections. *Food Addit Contam* 16: 99-109.
28. Renwick AG. 1995. Intake studies on low-calorie sweeteners: methods, results and comparisons. In *Intake studies-lessons learnt*. Corti A, ed. International sweeteners association, Brussels, Belgium. p 79-97.
29. Hulshof KFAM, Bouman M. 1995. Use of various types of sweeteners in different population groups. In *1992 Dutch National Food consumption Survey*. Hulshof KFAM, Bouman M, eds. TNO Nutrition and Food Research Institute, Bonn, Germany.
30. Hinson AL, Nicol WM. 1992. Monitoring sweetener consumption in Great Britain. *Food Addit Contam* 9: 669-681.

(2005년 9월 1일 접수; 2006년 6월 22일 채택)