KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 45, No. 5, pp. 642~651 (2013)
http://dx.doi.org/10.9721/KJFST.2013.45.5.642

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
©The Korean Society of Food Science and Technology

식품 중 삭카린나트륨과 수크랄로스의 사용실태 파악 및 한국인의 삭카린나트륨과 수크랄로스의 섭취 수준 평가

서희재 · 최성희[1]*
선문대학교 식품과학과, [1]한국보건산업진흥원

Use of Sodium Saccharin and Sucralose in Foodstuffs and the Estimated Daily Intakes of Both Products in Korea

Hee-Jae Suh and Sunghee Choi[1]*
Department of Food Science, Sun Moon University,
[1]Korea Health Industry Development Institute

Abstract This study sought to evaluate the daily intakes of sodium saccharin and sucralose for individuals in Korea with average and high levels of consumption of both these substances. The estimated daily intake of both sweeteners was determined from analytical data and dietary intake data collected as part of the Korean National Health and Nutrition Survey. Analysis of the data showed that sodium saccharin was found in 53 (15.6%) of 339 processed foods analyzed, whereas sucralose was found in 141 (23.9%) of 590 processed foods analyzed. The average intake of sodium saccharin was 1.18% of the acceptable daily intake (ADI) defined by the Joint FAO/WHO Expert committee on Food Additives (JECFA). The average intake of sucralose was 0.55% of ADI. The 95th percentile intakes of sodium saccharin and sucralose were 5.29% and 15.66% of ADI, respectively. Children 6 years old and younger consumed more sodium saccharin and sucralose than did children from any of the other age groups tested. In conclusion, the average daily intakes of sodium saccharin and sucralose within members of the Korean population fall within safe levels.

Keywords: sodium saccharin, sucralose, daily intake, artificial sweetener

서 론

삭카린은 1879년 미국에서 합성된 최초의 인공감미료로서, 삭카린, 삭카린나트륨, 삭카린칼륨, 삭카린칼슘을 모두 포함한다. 삭카린은 설탕의 300배의 높은 감미도를 나타내고 내열성이 강하여 1900년도부터 현재까지 사용되고 있지만, 높은 온도에서 쓴맛을 나타내는 단점이 있다(1). 우리나라에서는 삭카린의 여러 염류 중 삭카린 나트륨만이 허용되어 있으며, 음료, 김치, 절임류, 청량음료, 어육가공품, 건강기능식품 등 9개 식품군에 한해서만 사용할 수 있도록 규정되어 있다(2). 삭카린에 대한 독성 연구는 매우 많은 연구자에 의해 이루어졌으며, 미국에서는 1970년에 FDA 승인을 얻어 안전성이 확보되는 것으로 보였지만(1), 그 후 삭카린의 섭취가 방광암을 유발할 수도 있다는 동물실험 결과가 발표되어 지속적으로 안전성에 대한 논란이 제기되었다(3-10). 그러나 1999년 국제암연구기관(International Agency for Research on Cancer, IARC)이 삭카린의 안전성을 재평가하여 발암물질목록에서 삭제하였고, 2000년 미국 국립독성학프로그램(National Toxicology Program, NTP)도 삭카린을 발암물질목록(Report on Carcinogens, ROC)에서 삭제하였으며, 2010년에는 삭카린과 그 염류가 미국 환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)의 유해물질 목록에서 삭제되어, 현재는 삭카린이 인간에게 암을 일으키지 않는다는 사실이 인정되고 있다(5). 국제식품첨가물 전문가위원회(FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives, JECFA)에서는 6번의 회의에 걸쳐 삭카린의 안전성 여부를 논의하였으며, 1993년에 삭카린이 사람에게 독성학적 위험을 유발할 가능성은 없다고 최종 결론을 내리고 삭카린의 칼슘염, 칼륨염, 나트륨염에 대한 일일섭취허용량(Acceptable Daily Intake, ADI)을 5 mg/kg · bw/day로 설정하였다(11).

수크랄로스는 설탕으로부터 합성된 인공감미료로서 설탕의 600배의 단맛을 가지며, 흔히 인공감미료에게 나타나는 쓴맛이 없고(12,13), 산이나 열에도 매우 안정하기 때문에 식품 및 음료의 제조가공 시에 널리 이용되고 있다(14). 수크랄로스에 대한 독성 평가는 많은 연구에서 이루어졌으나, 급성 및 장기독성 실험결과 안전성이 의심될 만한 뚜렷한 결과는 없었다(15-17). 그러나 수크랄로스의 분해산물이 수컷 쥐의 생식기능을 저하시킨다는 연구 및 자궁 내에서의 수크랄로스 노출기간을 포함한 2년간의 쥐에 대한 독성 실험 결과를 반영하여 JECFA는 수크랄로스의 ADI를 15 mg/kg · bw/day로 설정하였다(18).

최근 인공감미료 사용의 지속적인 증가 추세로 인해 세계 여러 나라에서는 인공감미료의 섭취 안전성에 관한 연구를 꾸준히

*Corresponding author: Sunghee Choi, Department of Food Safety Industry, Korea Health Industry Development Institute, Cheongwon, Chungbuk 363-951, Korea
Tel: 82-43-713-8339
Fax: 82-43-713-8338
E-mail: choish@khidi.or.kr
Received February 18, 2013; revised March 26, 2013;
accepted May 7, 2013

진행하고 있다. 일본에서는 1986년부터 삭카린나트륨과 수크랄로스를 비롯한 각종 식품첨가물에 대한 섭취 안전성 평가가 연차별로 이루어지고 있고(19-25), 2004년 이후에는 호주, 뉴질랜드, 이탈리아, 영국, 캐나다 등에서도 일반인과 당뇨병 환자를 대상으로 한 삭카린나트륨 또는 수크랄로스의 섭취 안전성 평가가 보고되었다(26-28). 우리나라에서는 1998년에 삭카린나트륨에 대한 섭취 안전성 평가가 이루어졌고, 2004년에는 삭카린나트륨 외에 신규 지정된 수크랄로스에 대한 섭취 안전성 평가도 이루어 졌다(28-30). 그러나 식품 산업의 변화에 따라 식품첨가물의 사용추세는 해마다 달라지고 있기 때문에 삭카린나트륨이나 수크랄로스와 같이 주로 사용되는 인공감미료(31)에 대한 섭취 수준 평가는 지속적으로 이루어질 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 가공식품에 함유되어 있는 삭카린나트륨과 수크랄로스의 함량을 분석하고, 그 결과에 국민건강영양조사의 식품섭취량 결과를 적용하여, 식이를 통해 섭취되고 있는 삭카린나트륨과 수크랄로스의 섭취 수준을 파악하였다. 또한 JECFA에서 설정한 ADI와 비교해 봄으로 삭카린나트륨과 수크랄로스의 섭취 안전성을 평가하고, 2008년에 수행된 삭카린나트륨과 수크랄로스의 섭취 수준과도 비교해 보았다.

재료 및 방법

시료선정

식품첨가물공전 및 식품공전을 검토하여 사용가능한 식품유형(Table 1)을 대상으로 본 연구의 시료를 선정하였다. 시장조사를 통하여 삭카린나트륨과 수크랄로스의 사용이 표시된 식품 목록을 작성하고, 2011년도 식품 및 식품첨가물 품목제조보고 신고서(업체 자료)를 참고하여 사용건수가 많은 품목에 가중치를 주어 시료구입 건수를 설정하였다. 선정된 시료는 2012년 3월부터 8월에 걸쳐 서울, 경기, 충청, 경상도 지역의 백화점, 대형마트, 소형 수퍼마켓 및 수입식품매장에서 구입되었으며, 삭카린나트륨 분석을 위해 구입된 시료수는 총 339 품목(Table 3), 수크랄로스 분석을 위해 구입된 시료수는 총 590 품목이었다(Table 4).

시약 및 시액

분석에 사용한 삭카린나트륨과 수크랄로스 표준물질은 Sigma Aldrich Co. (St. Louis. Mo, USA) 제품을 사용하였고, 디에틸에테르는 J&T Baker (Phillipsburg, NJ, USA) 제품을 사용하였다. HPLC 분석에 이용한 HPLC용 물과 메탄올은 Merck Co. (Whitehouse station, NJ, USA) 제품을 사용하였다. 수산화 페로시안화칼륨(potassium ferrocyanide 3hydrate)과 황산아연(zinc sulfate 7hydrate)은 Junsei (Tokyo, Japan) 제품을 사용하였고, 테트라프로필암모늄(tetrapropylammonium)은 Acros (Geel, Belgium)제품을 사용하였으며, 제일인산칼륨(potassium phosphate)과 아세토니트릴(acetonitrile)은 Junsei (Tokyo, Japan) 제품을 사용하였다.

시료의 전처리

삭카린나트륨과 수크랄로스의 함량은 식품 중 식품첨가물분석법(32)에 따라 분석 하였다. 식품 매트릭스 별로 지방제거, 단백질제거, 탄산제거, 알코올 제거 등 전처리법을 달리 적용하였으며, 정량한계를 고려하여 시료 채취량을 10-20 g으로 상향 조정하여 분석하였다.

고형식품의 경우 잘게 부순 시료 약 10 g 정도를 50 mL 플라스크에 취하고 HPLC용 물을 가하여 20분간 초음파 처리하였다. 이 액을 실온, 5,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 취한 후 0.45 μm 마이크로필터(Millipore, Milford, MA, USA)로 여과한 액을 HPLC 분석용 시험용액으로 하였다. 지방함량이 높은 시료의 경우에는 상등액을 취해 분액깔때기로 옮기고 50 mL 디에틸에테르를 더해 지방층을 추출하는 조작을 2회 반복하였다. 지방이 추출된 디에틸에테르 층을 제거하고 탈지된 시료는 0.45 μm 마이크로필터로 여과하여 HPLC 분석용 시험용액으로 하였다.

액상식품은 시료 약 10 g 정도를 50 mL 플라스크에 취하고 HPLC용 물을 가해 20분간 초음파 처리를 하여 시료를 물에 잘 녹인 후 시험용액으로 하였다. 단, 탄산 또는 알코올이 함유된 시

Table 1. The technical regulations of sodium saccharin and sucralose in Korea

Sodium saccharin		Sucralose	
Usable Food items	Maximum level (g/kg)	Usable Food items	Maximum level (g/kg)
Fermented fish products, pickled food, boiled food with soy sauce	<1.0	Dried confectioneries	<1.8
Bean jam like sweet red-bean paste	<0.2	Gums	<2.6
Kimchi	<0.2	Jams	<0.4
Beverages (excluding fermented-, ginseng- and red-ginseng products)	<0.2	Beverages, Dairy-based drinks, Fermented milk products, Coffee	<0.4
Meat- and fish-processed products	<0.1	Sugar substitute food	<12
Health functional food for the supplement of nutrients	<1.2	Health functional food for the supplement of nutrients	<1.25
Special medical purpose foods	<0.2	Special medical purpose foods	<0.4
Formular food for the control of body Weight	<0.3	Formular food for the control of body Weight	<0.32
Cereals	<0.1	Cereals	<1.0
Korean-style popcorn	<0.5	Others	<0.58
Gums	<1.2		
Jams	<0.2		
Coffee	<0.2		
Sauces	<0.16		
Tomato ketchup	<0.16		
Soy sauce	<0.16		
Soju	<0.08		

Table 2. HPLC conditions for the analysis of sodium saccharin, and sucralose

Analyte	Sodium saccharin			Sucralose		
Instrument	Shiseido SI-2 series HPLC (Tokyo, Japan)			Shimazdu, LC-20A series HPLC (Tokyo, Japan)		
Column	Cepcell Pak C18 UG 120 (4.6 mm ID × 250 mm, 5 μm) (Shiseido, Tokyo, Japan) Symmetry C18 (3.9 mm ID × 150 mm, 5 μm) (Waters, Wexford, Ireland)			Symmetry C18 (3.0 mm ID × 250 mm, 5 μm) (Waters, Wexford, Ireland)		
Detector	Ultra Violet Detector, 210 nm (Shiseido, Tokyo, Japan)			Evaporative Light Scattering Detector (Shimazdu, Tokyo, Japan)		
Mobile phase (Gradient program)	A: 10% TPA 73.09 g+KH_2PO_4 2.5 g+H_2O 3.6 L (pH=3.5) B: 100% Acetonitrile			A: Water B: Methanol		
	Time (min)	A%	B%	Time (min)	A%	B%
	Initial-2	90	10	Initial-30	70	30
	2.1-8	70	30			
	8.1-19	30	70			
	19.1-25	90	10			
Flow rate	0.8 mL/min			0.7 mL/min		
Injection volume.	10 μL			50 μL		

료는 10분간 초음파 처리하거나 70°C의 수욕상에서 15분간 가온하여 탄산 및 알코올을 증발시켰다. 또한 간장, 두유, 유가공품 또는 발효유제품과 같이 단백질의 함량이 비교적 높은 경우에는 단백질 제거과정을 거쳤다. 단백질 제거를 위해서는 수산화페로시안화칼륨 150 g에 증류수를 가해 1,000 mL로 맞춘 Carrez I 시액과 황산아연 300 g에 증류수를 가하여 1,000 mL로 맞춘 Carrez II 시액을 조제하여 이용하였다. 단백질을 제거하기 위해 Sep-Pak C_{18} 카트리지를 이용하여 단백질을 여과하거나 Carrez 시액을 이용하여 단백질을 침전시키는 방법이 이용되는데, Sep-Pak C_{18} 카트리지를 이용했을 때 수크랄로스의 회수율은 20% 안팎으로 매우 저조하였고, Carrez 시액을 이용하면 90% 이상의 회수율을 보였다는 선행 연구 결과가 있었기에(33) 본 연구에서는 Carrez 시액을 이용하였다. 단백질이 함유된 시료에 Carrez I 시액과 Carrez II시액을 각각 2 mL씩 첨가한 후 약 10분간 초음파 처리하여 단백질을 침전시켜 제거하였다. 이와 같이 협잡물을 제거한 시험용액에 HPLC용 물을 첨가해 50 mL로 정용한 후 실온, 5,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 0.45 μm 마이크로필터로 여과한 액을 HPLC 분석용 시험용액으로 하였다. 삭카린나트륨과 수크랄로스의 HPLC 분석조건은 Table 2에 나타내었다.

분석방법 타당성 검토

삭카린나트륨은 자외선검출기(Ultra violet detector, Shiseido, Tokyo, Japan)를 이용하였고, 수크랄로스는 ELSD (Evaporative light scattering detector, Shimazdu, Tokyo, Japan)를 이용하였다(Table 2). 삭카린나트륨과 수크랄로스의 분석법은 ICH Guideline Q2B에서 제시한 방법을 근거로(34,35) 타당성 검증을 실시하였다. 삭카린나트륨과 수크랄로스 표준용액을 6가지 농도로 제조한 후 HPLC에 주입하여 얻어진 피크의 높이와 면적으로부터 검량선을 작성하여 그 직선성을 검토한 결과 삭카린나트륨의 검량선은 r^2값이 0.9950이었고, 수크랄로스의 검량선은 r^2값이 0.9941로서 매우 우수한 직선성을 나타내었다. 또한 위에서 제조한 삭카린나트륨과 수크랄로스 표준액을 HPLC-UVD와 HPLC-ELSD에 각각 주입하여 얻은 데이터를 토대로 signal/noise 값을 3으로 하였을 때, 삭카린나트륨과 수크랄로스의 검출한계(LOD)는 각각 3.6 ppm과 3.5 ppm이었고, signal/noise 값을 10으로 하였을 때, 삭카린나트륨과 수크랄로스의 정량한계(LOQ)는 각각 10.9 ppm과 10.6 ppm이었다. 분석 시료에 삭카린나트륨과 수크랄로스 표준용액을 첨가한 후 3회에 걸쳐 회수율 시험을 반복한 결과, 삭카린나트륨은 92-104%, 수크랄로스는 90-104%의 회수율을 나타내었다. 불검출의 경우는 삭카린나트륨과 수크랄로스 함량을 0으로 간주하여 계산하였다.

일일 섭취량 추정 및 안전성 평가

식품 중 삭카린나트륨과 수크랄로스의 일일섭취량은 식품의약품안전청에 의해 제시된 '한국인의 식품첨가물 일일섭취량 평가지침서(안)'(36)에 따라 산출하였다. 분석을 통해 얻어진 식품 중 삭카린나트륨과 수크랄로스의 평균함량($Content_{ave}$)에 Table 3에 나타낸 '2010 국민건강영양조사'(37)의 국민평균 및 연령별 식품섭취량($Food_{ave}$, $Food_{age}$)을 곱하여 산출하였다. 또한 두 감미료 섭취량을 '2010 국민건강·영양조사'(38) 검진조사부문의 국민평균 및 연령별 평균체중(bw_{ave}, bw_{age})으로 나누어 체중 kg당 평균 삭카린나트륨과 수크랄로스 일일섭취량을 산출하고 JECFA에서 설정한 ADI와 비교하여 안전성을 평가하였다. 또한 섭취자의 상위 95%에 해당하는 식품섭취량($Food_{95}$)을 가진 섭취자의 삭카린나트륨과 수크랄로스의 섭취량도 산출하여 안전성을 평가하였다.

$$EDI_{ave}(mg/kg\ body\ weight/day) = Content_{ave}(mg/g) \times Food_{ave}(g/day)/bw_{ave}(kg)$$

$$EDI_{age}(mg/kg\ body\ weight/day) = Content_{ave}(mg/g) \times Food_{age}(g/day)/bw_{age}(kg)$$

$$EDI_{95}(mg/kg\ body\ weight/day) = Content_{ave}(mg/g) \times Food_{95}(g/day)/bw_{95}(kg)$$

결과 및 고찰

삭카린나트륨의 함량 분석

건과류 등 총 339개 품목에서 삭카린나트륨 함량을 분석한 결과는 Table 4 및 Fig. 1과 같이 나타났다. 분석결과 삭카린나트륨은 총 22개 품목 중 절임류, 음료류, 과자류, 어육가공품, 소스류,

Table 3. Consumption status of sodium saccharin, and sucralose from each food item[1)] (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	0.30	0.08	0.21	0.23	0.05	0.04	0.03	0.01	0.00	0.07	22.10
Candies	2.81	1.68	3.33	2.13	1.02	0.77	0.38	0.50	1.08	1.22	52.30
Cereals	1.73	2.47	2.96	2.83	1.98	0.81	0.54	0.34	0.07	1.14	85.00
Tea(liquid)	1.62	2.08	2.05	9.22	29.03	16.18	20.33	14.36	5.34	12.16	918.00
Tea(powdered)	0.07	0.11	0.30	0.39	0.53	0.58	0.32	0.60	0.34	0.41	61.17
Dairy-based drinks	10.46	14.96	13.05	14.94	8.59	5.20	3.09	1.44	1.38	6.03	383.72
Fermented milk	33.32	27.23	13.14	16.35	18.07	10.40	14.87	13.94	6.85	14.14	317.32
Ice cream	7.52	20.59	30.65	36.58	15.9	7.77	4.23	3.34	2.19	11.33	285.74
Processed fish products	5.46	6.51	7.35	9.01	9.55	9.14	8.29	4.17	1.61	6.26	121.36
Carbonated beverages	9.47	16.63	45.60	80.04	75.63	27.95	21.09	10.63	6.78	27.94	683.91
Other beverages	0.21	5.10	17.80	13.96	11.40	8.88	13.57	9.00	7.68	10.30	560.90
Fruit and vegetable beverage	31.72	33.72	29.83	38.80	54.32	39.20	28.19	16.26	12.58	27.97	560.90
Soy sauce	2.67	4.05	5.46	5.99	7.69	8.71	7.41	7.13	5.50	6.56	26.66
Sauces	2.03	2.84	3.84	4.78	3.08	3.59	3.03	3.08	2.06	3.13	63.00
Tomato ketchup	0.40	1.40	1.92	3.12	3.06	1.78	0.86	0.36	0.12	1.22	26.16
Pickle	1.48	3.06	3.78	6.43	9.19	8.38	6.75	5.13	4.07	5.65	74.70
Jams	0.45	0.49	0.60	0.58	0.37	0.41	0.57	0.39	0.21	0.43	41.03
Soju	0.00	0.00	0.03	7.31	35.07	36.70	50.36	43.16	24.18	28.18	890.82
Takju	0.00	0.00	0.00	4.50	20.29	15.79	26.16	38.09	28.16	20.32	2025.00
Fruit wine	0.01	0.02	0.68	0.79	0.52	1.74	4.03	2.57	1.40	1.72	385.00
Coffee	0.00	0.00	0.00	2.05	12.28	15.41	12.56	8.09	6.30	7.70	60.00
Kimchi	11.84	24.42	58.07	76.28	85.07	122.25	124.42	136.36	123.31	103.43	338.79
Special medical purpose food	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Korean-style popcorn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dietary supplements	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

[1)]Korea National Health and Nutrition Examination Survey (2010)

김치류 등 6개 품목에서만 총 53건이 검출되었을 뿐, 나머지 16개 품목에서는 모두 불검출로 나타나, 평균 검출율이 15.6%로 나타났다(Table 4). 이는 2008년도에 보고된(39) 삭카린나트륨 검출율 23.1%와 비교해 약간 낮은 결과였다. 2008년도의 연구에서는 삭카린나트륨이 주로 사용되는 10개의 식품유형만을 대상으로 삭카린나트륨을 분석하였고, 본 연구에서는 삭카린나트륨이 사용될 가능성이 있는 품목까지 모두 포함하여 22개 식품유형을 대상으로 삭카린나트륨을 분석하였기 때문에, 삭카린나트륨이 사용되는 식품유형만 분석한 2008년도 결과보다 검출율이 다소 적게 나온 것으로 사료된다. 삭카린나트륨이 가장 많이 검출된 품목은 29건이 검출된 절임류 이었으며, 다음으로는 탄산음료와 과일채소음료를 비롯한 음료류로 16건이 검출되어, Fig. 1에서 보는 바와 같이 절임류와 음료류가 삭카린나트륨 총 검출율의 약 85%를 차지하였다. 각 식품별 삭카린나트륨의 평균함량은 절임류가 159.40 ppm으로 가장 많은 것으로 나타났고, 이어서 과일채소음료에서 18.40 ppm이 검출되었다. 2008년도에는 절임류의 삭카린나트륨 평균함량이 152.8 ppm, 과일채소음료 47.5 ppm, 과자 20.7 ppm으로 보고되어(39) 절임류는 본 연구 결과와 거의 비슷하였지만, 과일채소음료 및 과자류는 본 연구 결과가 더 낮은 함량을 나타내었다. 한편, Chung 등(40)의 연구에 의하면 절임류의 검출범위는 n.d.-764 ppm으로, 본 연구 결과인 n.d.-854 ppm과 비슷한 결과였다. 이상의 결과로 볼 때, 음료류, 과자류 등에 사용되던 삭카린나트륨 사용량은 줄어들고 있는 반면, 절임류에는 지속적으로 사용되고 있다는 것을 알 수 있었다.

수크랄로스의 함량 분석

수크랄로스는 과자류 등 26개 품목에서 590건의 시료가 분석되었는데, 그 중 13개 품목 141개 시료에서 검출되어 23.9%의 검출율을 나타내었다(Table 5). 이는 2008년 보고 결과인 7.4%(39)보다 많은 양으로서, 2004년에 신규로 지정된 이후에 최근 들어 수크랄로스의 사용이 크게 증가하고 있음을 나타내주는 결과라 하겠다. 검출율이 가장 높은 식품 유형은 껌류로 55개 시료 중 31개 시료에서 수크랄로스가 검출되어 검출율이 57.4% 였고, 유제품이 37.2%, 음료가 26.1%로 나타나 이 세 품목이 전체 검출율의 66.0%를 차지하였다(Fig. 1). 유제품의 경우는 2008년도 연구 결과에서도 수크랄로스의 검출율이 30%로 나타나(39) 본 연구와 비슷한 경향을 나타내었다. 수크랄로스의 평균 함량이 가장 높은 시료는 과자류로 320.5 ppm으로 나타났다. 과자류는 16개 시료 중 4개 시료에서만 검출되었으나, 함량은 n.d.-1,764 ppm의 높은 수준을 나타내어 평균함량이 가장 많은 식품 유형으로 나타났다. 또한 팝콘용 옥수수가공품, 영양소 보충용 식품, 껌류에서도 각각 223.0, 226.9, 147.0 ppm이 검출되는 등 수크랄로스가 많이 사용되는 식품으로 나타났다. 그러나 팝콘용 옥수수 가공품은 시판되는 제품이 극히 적어 5개 시료밖에 구입할 수 없었고, 그 중 3건의 시료에서만 수크랄로스가 검출된 것이므로, 전체적인 수크랄로스 사용량에 영향을 미칠만한 품목은 아니라고 사료된다.

삭카린나트륨의 일일 섭취량 및 안전성 평가

삭카린나트륨의 국민평균 섭취량은 59.02 μg/kg · bw/day로 나타

Table 4. Concentration of sodium saccharin in foods

Food category	Sodium saccharin (mg/kg)				
	No. of sample	No. of detected sample	Range	Overall mean Conc.[1)]	Positive mean Conc.[2)]
Dried confectioneries	42	5	n.d.-133.90	9.25	77.70
Gums	25	0	n.d.	n.d.	n.d.
Candies	12	0	n.d.	n.d.	n.d.
Cereals	11	0	n.d.	n.d.	n.d.
Tea (liquid)	6	0	n.d.	n.d.	n.d.
Tea (powdered)	5	0	n.d.	n.d.	n.d.
Dairy-based drinks	11	0	n.d.	n.d.	n.d.
Processed fish products	5	1	n.d.-72.10	14.40	72.10
Carbonated beverages	9	3	n.d.-88.70	13.70	41.00
Other beverages	41	1	n.d.-9.40	0.23	9.40
Fruit and vegetable beverage	35	12	n.d.-194.40	18.40	53.64
Soy sauce	11	0	n.d.	n.d.	n.d.
Sauces	12	1	n.d.-7.70	0.64	7.70
Tomato ketchup	7	0	n.d.	n.d.	n.d.
Pickle	38	29	n.d.-854.10	159.40	208.90
Jams	16	0	n.d.	n.d.	n.d.
Soju	6	0	n.d.	n.d.	n.d.
Coffee	10	0	n.d.	n.d.	n.d.
Kimchi	16	1	n.d.-194.40	12.15	194.40
Special medical purpose foods	3	0	n.d.	n.d.	n.d.
Dietary supplements	8	0	n.d.	n.d.	n.d.
Formular food for the control of body weight	10	0	n.d.	n.d.	n.d.
Total	339	53			

n.d., Not detected.
[1)]Mean calculated from all samples. n.d. was considered as '0'.
[2)]Mean calculated from values of detected samples.

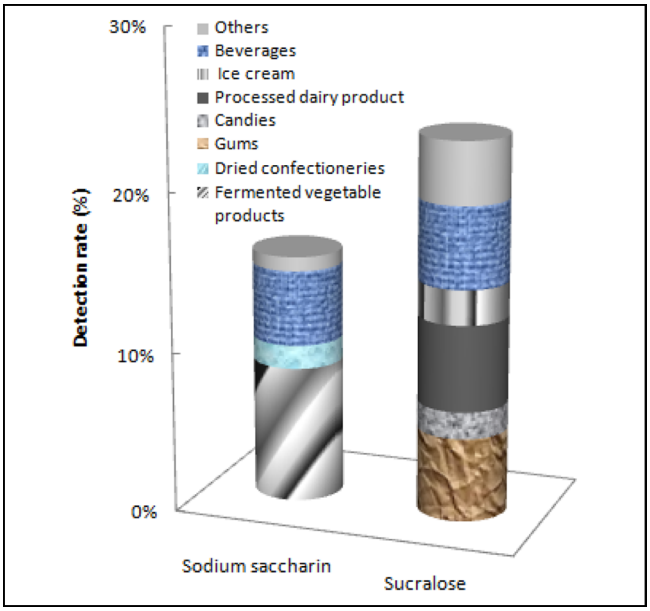

Fig. 1. Proportional distribution of detected sodium saccharin and sucralose from foods.

나 JECFA에서 설정한 ADI 대비 1.18% 수준이었다(Table 6). 이는 2008년에 보고한 삭카린나트륨 섭취량 52.34 μg/kg · bw/day (ADI의 1.0%)와 매우 유사한 결과로서(39), 한국에서의 삭카린나트륨 섭취량은 2008년 이후 4년 동안 거의 차이가 없다는 것을 알 수 있었다(Fig. 2). 포르투갈에서는 2010년에 전 국민의 음료 섭취를 통한 삭카린나트륨의 섭취량을 평가하였는데, ADI의 1.28%라고 보고하여 우리나라와 매우 유사한 결과를 나타내었다(41). Husøy 등은 2007년에 음료섭취를 통한 노르웨이인의 삭카린나트륨 섭취량을 평가하였지만, 0에 가까운 결과를 보고하여 노르웨이에서는 삭카린나트륨이 거의 섭취되지 않는 다는 것을 알 수 있었다(42). 한편, 일본에서는 2002년과 2006년도에 삭카린나트륨의 섭취량을 평가하였으며, 2002년에는 13.0 μg/kg · bw/day(21), 2006년에는 3.6 μg/kg · bw/day 섭취된 것으로 보고하여(25), 삭카린나트륨 섭취량이 4년 동안 감소한 것을 알 수 있었다. 또한 그 섭취량도 ADI의 0.3, 0.07%로서 한국에 비해 적은 양으로 보고되었다. 이와 같이 우리나라와 비교적 식사형태가 비슷한 일본의 삭카린나트륨 섭취량이 적게 나타난 것은 두 나라에서 삭카린나트륨 섭취량을 산출하는 방법이 다르기 때문으로 여겨진다. 우리나라와 일본 모두 식품 중에서 삭카린나트륨 함량을 분석한 후 섭취량을 산출해내는 방식은 동일하나, 우리나라의 경우는 삭카린나트륨이 주로 함유될 수 있는 가공식품을 대상으로 삭카린나트륨 함량을 분석하는 반면, 일본은 가공식품뿐만 아니라 쌀, 배추 등 삭카린나트륨이 전혀 함유되지 않는 일반 식품을 모두 포함하여 하루 동안 섭취할 수 있는 식품을 선정한 후 이를 먹기 직전 형태로 조리하여 분석하는 마켓바스켓 방식을 이용한다. 즉, 일본에서 사용하는 마켓바스켓 방식 자체가 시료를 희석시킬

Table 5. Concentration of sucralose in foods

Food category	Sucralose (mg/kg)				
	No. of sample	No. of detected sample	Range	Overall mean Conc.[1)]	Positive mean Conc.[2)]
Dried confectioneries	16	4	n.d.-1764.40	320.50	1281.50
Gums	55	31	n.d.-914.60	147.00	260.80
Candies	55	10	n.d.-331.50	16.83	92.60
Cereals	5	0	n.d.	n.d.	n.d.
Tea (liquid)	22	2	n.d.-50.70	4.60	50.50
Tea (powdered)	5	0	n.d.	n.d.	n.d.
Dairy-based drinks	39	18	n.d.-350.60	35.70	77.40
Fermented milk	47	14	n.d.-177.60	12.20	41.00
Ice cream	50	13	n.d.-172.50	28.10	108.10
Carbonated beverages	24	2	n.d.-69.20	4.00	48.00
Other beverages	64	23	n.d.-110.40	20.50	56.90
Fruit·vegetable beverage	27	5	n.d.-59.40	8.40	45.40
Soy sauce	10	0	n.d.	n.d.	n.d.
Sauces	24	0	n.d.	n.d.	n.d.
Seasonings	11	0	n.d.	n.d.	n.d.
Syrup	11	0	n.d.	n.d.	n.d.
Breads	18	0	n.d.	n.d.	n.d.
Jams	14	0	n.d.	n.d.	n.d.
Ginseng drink	5	0	n.d.	n.d.	n.d.
Takju	11	3	n.d.-333.60	64.10	235.20
Fruit wine	10	0	n.d.	n.d.	n.d.
Coffee	10	0	n.d.	n.d.	n.d.
Korean-style popcorn	5	3	n.d.-429.50	233.00	388.30
Dietary supplements	39	13	n.d.-1123.10	226.90	680.76
Formular food for the control of body weight	8	0	n.d.	n.d.	n.d.
Special medical purpose foods	5	0	n.d.	n.d.	n.d.
Total	590	141			

n.d.; Not detected.
[1)]Mean calculated from all samples. n.d. was considered as '0'.
[2)]Mean calculated from values of detected samples.

가능성을 가지기 때문에 일본의 삭카린나트륨 섭취량이 우리나라 보다 더 적게 나타난 것으로 사료된다.

삭카린나트륨 섭취에 가장 많이 기여한 식품은 김치(39.8%), 절임류(27.8%), 과실채소음료(15.7%) 및 탄산음료(11.7%) 등으로 나타나(Table 6), 이들 네 품목의 섭취량이 전체 삭카린나트륨 섭취량의 95.0%를 차지하였다. 호주 및 뉴질랜드의 보고서에 의하면 삭카린나트륨 섭취에 기여하는 식품으로 과일음료가 31%, 탄산음료가 16%라고 보고되어 본 연구와 유사한 결과를 보였다(26).

연령별로는 1-6세의 유아가 ADI 대비 삭카린나트륨 섭취량이 가장 많은 것으로 나타나, 1-2세 1.90%, 3-6세 1.79% 이었는데, 이는 삭카린나트륨의 절대 섭취량이 많아서가 아니라 유아가 성인에 비해 체중이 적기 때문에 나타난 결과였다(Table 6). 이와 같이 유아들은 체중이 적기 때문에 ADI 대비 식품첨가물 섭취량이 많을 가능성이 있어 취약집단으로 분류되며, 다른 연령층보다 세심한 관리가 요구되므로, 외국에서는 유아를 대상으로 한 삭카린나트륨 섭취량 평가가 많이 이루어지고 있다(43). 영국 식품 규격청(Food Standards Agency)에서는 1.5-4.5세의 유아 1,100명을 대상으로 7일간의 식이설문 조사를 통해 삭카린나트륨에 대한 섭취량을 평가한 결과, 1.16 mg/kg · bw/day 섭취하였다고 보고하였는데(43), 이는 ADI의 23.2%에 해당하는 수준으로 우리나라보다 훨씬 많은 양이었다. 이는 빵과 육류 중심의 영국 식단이 밥 중심의 한국 식단에 비해 더 많은 음료 소비를 유도하기 때문에 비롯된 결과로 사료된다. 한편, 삭카린나트륨 섭취의 주요 기여식품인 음료류는 유아뿐만 아니라 청소년들이 주로 상용하는 식품이다. 따라서 이탈리아에서는 음료류를 주로 섭취하는 청소년층을 주 타겟으로 한 삭카린나트륨 섭취량 평가가 수년에 걸쳐 이루어졌는데, Leclercq 등(44)은 13-19세 212명을 대상으로 식품일기를 통하여 삭카린 섭취량을 평가한 결과 ADI의 4.2%였다고 하며, Arcella 등(27)은 10대 청소년 362명을 대상으로 12일간 섭취한 모든 식품과 음료를 조사하여 삭카린나트륨 섭취량을 평가한 결과 ADI의 1% 이내였다고 한다. 이는 본 연구에서 13-19세의 한국 청소년들의 삭카린나트륨 섭취량인 ADI 대비 1.40%와 매우 유사한 수준이었다(Table 6). 이상의 결과로 볼 때, 우리나라 국민평균 또는 취약집단의 삭카린나트륨 섭취량이 모두 ADI 대비 2%에도 못 미치는 매우 안전한 수준인 것을 알 수 있었다.

한편 삭카린나트륨 섭취자 그룹 중 상위 95th percentile 섭취자의 섭취량을 추정한 결과 하루에 264.37 μg/kg · bw/day 섭취하는 것으로 나타났다(Table 6). 이는 국민 평균 섭취량의 약 5배에 해당하는 양이지만, ADI 대비 5.29%에 불과한 매우 안전한 수준이었고, 2008년의 연구결과(39)와 비교해 보더라도 1/4정도 수준에

Table 6. Estimated daily intake of sodium saccharin[1)]

Food items	Average consumers									Consumers only	
	Age group									All	95th percentile
	1-2	3-6	7-12	13-19	20-29	30-39	40-49	50-64	65>		
Dried confectioneries	0.09	0.10	0.10	0.15	0.08	0.05	0.03	0.02	0.02	0.06	0.96
Gums	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Candies	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cereals	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tea (liquid)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tea (powdered)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dairy-based drinks	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Processed fish products	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.13	0.12	0.06	0.02	0.09	1.75
Carbonated beverages	0.13	0.23	0.62	1.10	1.04	0.38	0.29	0.15	0.09	0.38	9.37
Other beverages	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
Fruit and vegetable beverage	0.58	0.62	0.55	0.71	1.00	0.72	0.52	0.30	0.23	0.51	10.32
Soy sauce	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sauces	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
Tomato ketchup	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pickle	0.24	0.49	0.60	1.02	1.46	1.34	1.08	0.82	0.65	0.90	11.91
Jams	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soju	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coffee	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Special medical purpose foods	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kimchi	0.15	0.31	0.73	0.95	1.06	1.53	1.56	1.70	1.54	1.29	4.23
Daily intake (mg/person/day)	1.26	1.84	2.72	4.07	4.79	4.15	3.60	3.05	2.56	3.24	38.71
Daily intake (μg/kg bw/day)	94.86	89.72	73.95	70.01	77.49	65.76	56.32	49.07	43.59	59.02	264.37
ADI (%)	1.90	1.79	1.48	1.40	1.55	1.32	1.13	0.98	0.87	1.18	5.29

[1)]Unit is mg/person/day.

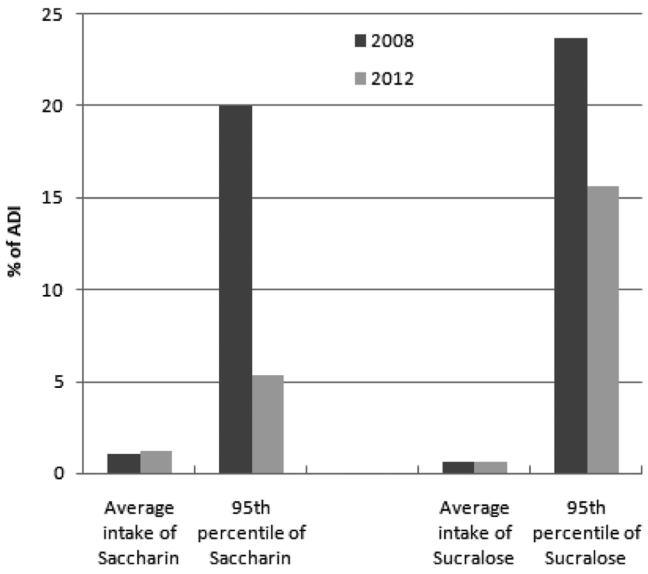

Fig. 2. Comparison with daily intake of sodium saccharin and sucralose between 2008 and 2012.

그치는 적은 양이었다(Fig. 2). 따라서 한국인의 삭카린나트륨 섭취량은 평균 섭취량, 연령별 섭취량, 상위섭취량 모두 ADI 대비 6% 미만의 안전한 수준이라는 것을 알 수 있었다. Bar와 Biermann(45)은 독일인 2,291명을 대상으로 24시간 기록법을 통해 평가한 삭카린나트륨의 상위 90th percentile 섭취량이 625 μg/kg · bw/day라고 보고하였는데, 이는 ADI의 13% 수준으로 우리나라 상위 95th percentile 섭취자의 섭취량 보다 많은 양이었지만, 여전히 ADI에는 훨씬 못 미치는 수준이었다.

수크랄로스의 일일 섭취량 및 안전성 평가

식품 중 수크랄로스의 함량에 국민건강·영양조사의 식품섭취량을 적용하여 산출한 수크랄로스의 국민 평균섭취량은 Table 7과 같았다. 국민평균 섭취량은 83.22 μg/kg · bw/day이었고, JECFA가 정한 ADI와 비교해 볼 때 ADI의 0.55%로서 매우 안전한 수준이었다. 한편, 2008년도에 보고된 한국인 평균 수크랄로스 섭취량은 ADI의 0.6%로서 본 연구와 동일한 결과였다(39). 즉 수크랄로스의 섭취량은 삭카린나트륨과 같이 4년 동안 거의 변화없이 꾸준히 섭취되고 있는 감미료임을 알 수 있었다. 2009년부터 2011년까지 3년 동안 식품 및 식품첨가물 품목제조 보고서를 분석한 결과에 의하면, 수크랄로스는 2009년 360건, 2010년 368건, 2011년 360건 사용된 것으로 나타나 꾸준히 사용되고 있는 감미료로 보고된바 있다(31). 호주와 뉴질랜드에서는 일반인 299명을 대상으로 7일간 식사기록법을 통하여 무설탕식품 섭취에 의한 수크랄로스의 섭취량을 평가한 결과 ADI의 3%로 보고하여 우리나라 국민평균 섭취량이 호주와 뉴질랜드 보다 적은 것을 알 수 있었다(26).

수크랄로스 섭취에 주로 기여하는 식품은 발효유 또는 가공유 등의 유제품과 과실채소음료 또는 탄산 음료 등 음료류가 전체 연령층에서 골고루 수크랄로스 섭취에 기여하는 식품으로 나타났고, 이외에 1세부터 19세까지의 연령층에선 아이스크림의 기여가 눈에 띄었고, 13세 이상의 연령층에선 탁주의 기여가 두드러

Table 7. Estimated daily intake of sucralose[1)]

Food items	Average consumers										Consumers only
	Age group									All	95th percentile
	1-2	3-6	7-12	13-19	20-29	30-39	40-49	50-64	65>		
Dried confectioneries	2.96	3.45	3.61	5.18	2.93	1.64	1.12	0.78	0.52	1.92	33.18
Gums	0.04	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	3.25
Candies	0.05	0.03	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.88
Cereals	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tea (liquid)	0.01	0.01	0.01	0.04	0.13	0.07	0.09	0.07	0.02	0.06	4.22
Tea (powdered)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dairy-based drinks	0.37	0.53	0.47	0.53	0.31	0.19	0.11	0.05	0.05	0.22	13.70
Fermented milk	0.41	0.33	0.16	0.20	0.22	0.13	0.18	0.17	0.08	0.17	3.87
Ice cream	0.21	0.58	0.86	1.03	0.45	0.22	0.12	0.09	0.06	0.32	8.03
Carbonated beverages	0.04	0.07	0.18	0.32	0.30	0.11	0.08	0.04	0.03	0.11	2.74
Other beverages	0.00	0.10	0.36	0.29	0.23	0.18	0.28	0.18	0.16	0.21	11.50
Fruit and vegetable beverage	0.27	0.28	0.25	0.33	0.46	0.33	0.24	0.14	0.11	0.23	4.71
Soy sauce	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sauces	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Seasoning	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Syrup	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bread	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jams	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ginseng drink	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Takju	0.00	0.00	0.00	0.29	1.30	1.01	1.68	2.44	1.81	1.30	129.80
Fruit wine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coffee	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kimchi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Special medical purpose foods	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Korean-style popcorn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dietary supplements	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Daily intake (mg/person/day)	4.36	5.39	5.99	8.27	6.35	3.90	3.92	3.97	2.85	4.57	215.88
Daily intake (μg/kgbw/day)	327.34	263.39	162.96	142.14	102.74	61.73	61.33	63.83	48.69	83.22	782.92
ADI (%)	2.18	1.76	1.09	0.95	0.68	0.41	0.41	0.43	0.32	0.55	15.66

[1)]Unit is mg/person/day.

졌다(Table 7). 호주의 연구에서도 탄산음료가 수크랄로스 섭취에 59%나 기여한다고 하여(26), 탄산음료가 우리나라뿐만 아니라 호주에서도 수크랄로스 섭취 기여식품이라는 것을 알 수 있었다.

연령별 섭취량은 1-6세의 연령대가 수크랄로스를 가장 많이 섭취하는 연령층으로 나타나 1-2세는 ADI의 2.18%, 3-6세는 ADI의 1.76% 섭취하는 것으로 나타났다(Table 7). 이와 같이 수크랄로스의 섭취가 어린이들에게서 많이 나타나며, 특히 일반인 보다는 당뇨병을 가진 아이들에게서 더 두드러지기 때문에 캐나다에서는 2-6세 당뇨병 어린이를 대상으로 24시간 회상법을 통해 수크랄로스의 섭취량을 평가한 결과 ADI의 1% 정도 섭취한다고 보고하였다(46). 이는 우리나라 정상인 어린이보다 조금 적은 양으로서 캐나다의 어린이들은 당뇨병을 갖고 있는 어린이라 할지라도 수크랄로스와 같은 인공감미료의 섭취량이 매우 적다는 것을 알 수 있었다.

수크랄로스의 상위 95th percentile 섭취량은 782.92 μg/kg · bw/day, ADI의 15.66%로 나타났는데, 이는 2008년도에 보고된 수크랄로스 상위 95th percentile 섭취량인 ADI의 23.7%와 비교해 볼 때, 약 2/3에 해당하는 양으로서 2008년도 결과에서는 수크랄로스가 다른 감미료에 비해 가장 많이 섭취되는 인공감미료로 보고되었었지만, 4년 후에는 그 섭취량이 많이 감소되었다는 것을 알 수 있었다(Fig. 2).

이상에서 우리나라 국민이 식품을 통해 섭취하는 삭카린나트륨과 수크랄로스의 평균 섭취량, 연령별 섭취량, 상위 95th percentile 섭취량을 추정해 본 결과 JECFA에서 설정한 ADI의 16% 이하로 매우 안전한 수준이었다. 체중에 비해 삭카린나트륨과 수크랄로스를 가장 많이 섭취하고 있는 연령층은 6세 이하의 어린이들이었는데, 어린이들의 경우 유제품, 음료, 아이스크림 등 단맛을 함유한 식품을 선호하는 경향이 있고, 삭카린나트륨이나 수크랄로스가 주로 사용되는 식품은 바로 유제품, 음료, 아이스크림 등이었기 때문에 이러한 식품을 통한 삭카린나트륨과 수크랄로스의 섭취량이 어린이들에게서 가장 높게 나타났다. 삭카린나트륨이나 수크랄로스의 연차별 섭취량을 비교해 볼 때, 국민평균 섭취량은 2008년과 2012년 모두 비슷한 결과를 보였지만, 95th percentile 섭취량은 2008년에 비해 2012년에는 현저히 감소하였고, ADI에도 크게 못 미치는 수준으로 나타나, 삭카린나트륨과 수크랄로스 상위 섭취자는 염려할 정도가 아니었다. 그러나 본 연구에서 우리나라 국민들 중 삭카린나트륨이나 수크랄로스 섭취의 취약집단은 6세 이하의 어린이들로 나타났고, 이러한 어린이들은 식품첨가물의 노출에 매우 민감한 그룹이기 때문에 향후 6세 이하 어린이들을 대상으로 한 다각적인 모델 평가가 이루어

질 필요가 있다. 또한 외국의 경우와 달리 우리나라에서는 현재까지 당뇨병 환자를 대상으로 한 삭카린나트륨이나 수크랄로스의 섭취량 평가 연구가 전무하기 때문에 앞으로 당뇨병 환자에 대한 인공감미료의 섭취 안전성 평가에도 관심을 기울여야 할 것으로 보인다.

요 약

식품 중에 함유되어 있는 삭카린나트륨(sodium saccharin)과 수크랄로스(sucralose)의 섭취 안전성을 평가하고자, 삭카린나트륨 함유식품 339 품목, 수크랄로스 함유식품 590 품목을 서울, 경기, 충청, 경상지역에서 구입한 후 HPLC-UVD와 HPLC-ELSD로 각각 분석하여 그 함량을 모니터링 하고, 국민건강·영양조사 식이섭취량 자료를 이용하여 삭카린나트륨과 수크랄로스의 국민평균 섭취량, 연령별 섭취량, 상위 95th percentile 섭취량을 추정하였다.

삭카린나트륨은 절임류와 음료류에서 주로 검출되어 이 두 품목의 검출율이 총 검출율의 85%를 차지하였으며, 가장 많이 함유되어 있는 품목은 159.40 ppm이 검출된 절임류 이었다. 수크랄로스는 23.9%의 검출율을 나타내었으며, 껌류, 유제품, 음료의 검출율이 전체 검출율의 66.0%를 차지하였다. 수크랄로스의 평균 함량이 가장 높은 식품 유형은 과자류로서 320.5 ppm이 검출되었다.

삭카린나트륨의 국민평균 섭취량은 59.02 μg/kg·bw/day로 나타나 ADI 대비 1.18% 수준이었고, 기여식품은 김치(39.8%), 절임류(27.8%), 과실채소음료(15.7%), 탄산음료(11.7%)로서, 이 네 품목의 섭취량이 전체 삭카린나트륨 섭취량의 95.0%를 차지하였다. 연령별로는 6세 이하의 어린이가 체중 당 삭카린나트륨 섭취량이 가장 높은 것으로 나타나, 1-2세는 ADI 대비 1.90%, 3-6세는 ADI 대비 1.79%이었고, 상위 95th percentile 섭취자의 섭취량은 264.37 μg/kg·bw/day, ADI 대비 5.29%로 나타나 매우 안전한 수준이었다.

식품을 통한 수크랄로스의 국민 평균 섭취량은 83.22 μg/kg·bw/day (ADI의 0.55%)로 나타났고, 기여하는 식품은 유제품, 음료류, 아이스크림, 탁주 등이었다. 연령별로는 6세 이하 어린이들의 체중 당 수크랄로스 섭취량이 가장 높아, 1-2세는 ADI의 2.18%, 3-6세는 ADI의 1.76% 수준이었다. 이상의 결과로 볼 때 우리나라 국민이 식품을 통해 섭취하는 삭카린나트륨, 수크랄로스의 국민평균 섭취량, 연령별섭취량, 상위섭취자(95th percentile 섭취자)의 섭취량 모두 JECFA가 설정한 ADI의 16% 이하로 매우 안전하다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2012년 식품의약품안전처의 연구개발비(12162MFDS 010)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

1. Salminen S, Hallikainen A. Sweereners. pp. 297-326. In: Food Additives. Branen AL, Davidson PM, Saliminen S (eds). Marcel Dekker Inc., New York, NY, USA (1990)
2. KFDA. Korean Food Additives Code. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea (2010)
3. Weihrauch MR, Diehl V. Artificial sweeteners-do they bear a carcinogenic risk? Ann. Oncol. 15: 1460-1465 (2004)
4. Ellwein LB, Cohen SM. The health risks of saccharin revisited. Crit. Rev. Toxicol. 20: 311-326 (1990)
5. Cohen SM, Arnold LL, Emerson JL. Safety of saccharin. Agro Food Industry Hi-tech 19: 24-28 (2008)
6. Kroger M, Meister K, Kava R. Low-calorie sweeteners and other sugar substitutes: A review of the safety issues. Compr. Rev. Food Sci. F. 5: 35-47 (2006)
7. Mortensen A. Sweeteners permitted in the European Union: Safety aspects. Scand. J. Food Nutr. 50: 104-116 (2006)
8. Whysner J, Williams GM. Saccharin mechanistic data and risk assessment: Urine composition, enhanced cell proliferation, and tumor promotion. Pharmacol. Therapeut. 71: 225-252 (1996)
9. Arnold DL, Krewski D, Munro IC. Saccharin: A toxicological and historical perspective. Toxicology 27: 179-256 (1983)
10. Kim JW, Baek HH. Safety of saccharin and its current status of regulation in the World. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 659-674 (2011)
11. WHO. Evaluation of certain food additives and contaminants (Forty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). WHO Technical Report Series. 837. World Health Organization. Geneva. Switzerland. pp. 17-19 (1993)
12. Wiet SG, Beyts PK. Sensory characteristics of sucralose and other high intensity sweeteners. J. Food Sci. 57: 1014-1019 (1992)
13. Mandel ID, Grotz VL. Dental considerations in sucralose use. J. Clin. Dent. 13: 116-118 (2002)
14. Barndt RL, Jackson G. Stability of sucralose in baked goods. Food Technol. -Chicago 44: 62-66 (1990)
15. Binns NM. Sucralose–all sweetness and light. British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin 28: 53-58 (2003)
16. McNeil. A 12 week study of the effect of sucralose on glucose homeostasis and HbA1c in normal healthy volunteers. Submission to FDA: McNeil Specialty Products Company Internal Report no. E-169. Mcneil Specialty Products Company Food Additive Petition 7A3987, Tate & Lyle PLC, London, UK (1996)
17. Grotz VL, Munro IC. An overview of the safety of sucralose, Regul. Toxicol. Pharm. 55: 1-5 (2009)
18. WHO. Evaluation of certain food additives and contaminants (Thirty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). WHO Technical Report Series 806. World Health Organization, Geneva, Switzerland pp. 21-22 (1991)
19. Ito Y. Daily intake of food additives in Japan determination of food additives residues in food-from 1986 to 2000 year by market basket method. FFI J. Jpn. 212: 815-839 (2007)
20. The Japan Food Chemical Research Foundation. Daily intake study of food additives by age cohort based on the market basket method. Available from: http://www.ffcr.or.jp/zaidan/FFCRHOME.nsf/pages/DI-study. Accessed Feb. 15, 2013.
21. The Japan Food Chemical Research Foundation. daily intake study of sweetener by age cohort based on the market basket method. Available from: http://www.ffcr.or.jp/zaidan/FFCRHOME.nsf/7bd44c20b0dc562649256502001b 65e9/940ed4a 41be3264249 2571fe001eb85e/$FILE/DI-studyH14.pdf. Accessed Feb. 15, 2013.
22. The Japan Ministry of Health, Labour and Welfare. Daily intake study of preservatives and colors by age cohort based on the market basket method. Available from: http://www.mhlw.go.jp/shingi/2004/08/dl/s0826-5h.pdf. Accessed Feb. 15, 2013.
23. The Japan Ministry of Health, Labour and Welfare. Daily intake study of antioxidant by age cohort based on the market basket method. Available from: http://www.mhlw.go.jp/shingi/2006/03/dl/s0323-9e.pdf. Accessed Feb. 15, 2013.
24. The Japan Ministry of Health, Labour and Welfare. Daily intake study of fortifying nutrient and emulsifier by age cohort based on the market basket method (2005). Available from: http://www.mhlw.go.jp/shingi/2007/03/dl/ s0320-7m.pdf. Accessed Feb. 15, 2013.
25. The Japan Ministry of Health, Labour and Welfare. Daily intake study of sweetener by age cohort based on the market basket method. Available from: http://www.mhlw.go.jp/shingi/2008/02/dl/s0228-8h.pdf. Accessed Feb. 15, 2013.
26. Food Standards Australia and New Zealand. Consumption of intense sweeteners in Australia and New Zealand. Avaliable from: http://www.food standards.gov.au/newsroom/publications/intense sweetenerssurveymarch2004. Accessed Feb. 15, 2013.
27. Arcella D, Le Donne C, Piccinelli R, Leclercq C. Dietary esti-

mated 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 (2004)
28. Choi SH, Lee MS, Park EY, Won J, Kim SH, Park SK, Lim HS. Assessment of estimated daily intake of sweeteners in the Korean population. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 387-395 (2011)
29. Lee CW, Kim BS, Gak IS, Lee CH, Park SK, Hur SY, Park JS. Daily intake assessment of food additives-artificial sweeteners. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 767-774 (1998)
30. Kim HY, Yoon HJ, Hong KH, Choi JD, Park SK, Park HO, Estimated dietary intake of sodium saccharin and acesulfame in Koreans. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 804-811 (2004)
31. Choi SH. Safety re-evaluation of food additives - about 24 items contain Sweetener. Final Report. Korea Food & Drug Administrations, Seoul, Korea (2012)
32. KFDA. Analysis Method of Food Additive in Foods. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. 2-1-1-2-6-1 (2004)
33. Kim HY, Yoon HJ, Hong KH, Lee CH, Park SK, Choi JD, Choi WJ, Park SY, Kim JH, Lee CH. A study on the analytical method of artificial sweeteners in foods. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 14-18 (2004)
34. Lim HS, Pahn KN, Kim JH, Jang GH, Moon GI, Yang HJ, Park SK, Park HY, Kim SH. Analysis of biurea decomposed from Azodicarbonamide in food products by high performance liquid chromatography mass/mass spectrometry. Korean J. Food Sci. Technol. 42: 377-382 (2010)
35. International Conference on Harmonisation of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use. ICH Topic Q2 (R1). Validation of analytical procedures: Text and methodology. European Medicines Agency, CPMP/ICH/381/9591995. Available from: www.ich.org/LOB/media/MEDIA417.pdf. Accessed May 2, 2013.
36. KFDA. Daily dietary Intake of Food Additive by Korean Population. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. pp. 249-260 (2004)
37. MHW. The Third Korea National Health & Nutrition Examination Survey (KNHANES)-Nutrition Survey. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea. (2010)
38. MHW. The Third Korea National Health & Nutrition Examination Survey (KNHANES)-Health Examination. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea. (2010)
39. Choi SH. Dietary intake of food additive by Korean population - Sweetener. Final Report. Korea Food & Drug Administrations, Seoul, Korea (2008)
40. Chung MS, Suh HJ, Yoo W, Choi SH, Cho YJ, Cho YH, Kim CJ. Daily intake assessment of saccharin, stevioside, D-sorbitol, and aspartame from various processed foods in Korea. Food Addit. Contam. 22: 1087-1097 (2005)
41. Lino CM, Pena A. Occurrence of caffeine, saccharin, benzoic acid and sorbic acid in soft drinks and nectars in Portugal and subsequent exposure assessment. Food Chem. 121: 503-508 (2010)
42. Husøy T, Mangschou B, Fotland TØ, Kolset SO, Jakobsen HN, Tømmerberg I, Bergsten C, Alexander J, Andersen LF. Reducing added sugar intake in Norway by replacing sugar sweetened beverages with beverages containing intense sweereners - A risk benefit assessment. Food Chem. Toxicol. 46: 3099-3105 (2007)
43. Food Standards Agency UK. Diary survey of the intake of intense sweeteners by young children from soft drinks. No. 36/03 (2003). Available at e-mail: fsalibrary&info@foodstandards.gsi.gov.uk
44. Leclercq C, Berardi D, Sorbillo MR, Lambe J. Intake of saccharin, aspartame, acesulfame K and cyclamate in Italian teenagers: present levels and projections. Food Addit. Contam. 16: 99-109 (1999)
45. Bär A, Biermann C. Intake of intense sweeteners in Germany. Z. Ernahrungswiss. 31: 25-39 (1992)
46. Devitt L, Daneman D, Buccino J. Assessment of intakes of artificial sweeteners in children with type 1 diabetes mellitus. Can. J. Diabetes 28: 142-146 (2004)