

## 어린이와 청소년의 비알콜성음료 섭취에 따른 인공감미료 섭취량 평가

김성단<sup>1</sup> · 문현경<sup>2</sup> · 이집호<sup>1</sup> · 장민수<sup>1</sup> · 신 영<sup>1</sup> · 정선옥<sup>1</sup> · 윤은선<sup>1</sup> · 조한빈<sup>1</sup> · 김정현<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울시보건환경연구원  
<sup>2</sup>단국대학교 식품영양학과

### Assessment of Estimated Daily Intakes of Artificial Sweeteners from Non-alcoholic Beverages in Children and Adolescents

Sung-Dan Kim<sup>1</sup>, Hyun-Kyung Moon<sup>2</sup>, Jib-Ho Lee<sup>1</sup>, Min-Su Chang<sup>1</sup>, Young Shin<sup>1</sup>, Sun-Ok Jung<sup>1</sup>, Eun-Sun Yun<sup>1</sup>, Han-Bin Jo<sup>1</sup>, and Jung-Hun Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment

<sup>2</sup>Department of Food and Nutrition, Dankook University

**ABSTRACT** The aims of this study were to estimate daily intakes of artificial sweeteners from beverages and liquid teas as well as evaluate their potential health risks in Korean children and adolescents (1 to 19 years old). Dietary intake assessment was conducted using actual levels of aspartame, acesulfame-K, and sucralose in non-alcoholic beverages (651 beverages and 87 liquid teas), and food consumption amounts were drawn from "The Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (2007~2009)". To estimate dietary intake of non-alcoholic beverages, a total of 6,082 children and adolescents (Scenario I) were compared to 1,704 non-alcoholic beverage consumption subjects (Scenario II). The estimated daily intake of artificial sweeteners was calculated based on point estimates and probabilistic estimates. The values of probabilistic artificial sweeteners intakes were presented by a Monte Carlo approach considering probabilistic density functions of variables. The level of safety for artificial sweeteners was evaluated by comparisons with acceptable daily intakes (ADI) of aspartame (0~40 mg/kg bw/day), acesulfame-K (0~15 mg/kg bw/day), and sucralose (0~15 mg/kg bw/day) set by the World Health Organization. For total children and adolescents (Scenario I), mean daily intakes of aspartame, acesulfame-K, and sucralose estimated by probabilistic estimates using Monte Carlo simulation were 0.09, 0.01, and 0.04 mg/kg bw/day, respectively, and 95th percentile daily intakes were 0.30, 0.02, and 0.13 mg/kg bw/day, respectively. For consumers-only (Scenario II), mean daily intakes of aspartame, acesulfame-K, and sucralose estimated by probabilistic estimates using Monte Carlo simulation were 0.52, 0.03, and 0.22 mg/kg bw/day, respectively, and 95th percentile daily intakes were 1.80, 0.12, and 0.75 mg/kg bw/day, respectively. For scenarios I and II, neither aspartame, acesulfame-K, nor sucralose had a mean and 95th percentile intake that exceeded 5.06% of ADI.

**Key words:** artificial sweeteners, estimated daily intake, non-alcoholic beverage, probabilistic estimates

## 서 론

현대사회에서는 식생활과 관련되어 질병양상이 변화되면서 영양부족으로 인해 발생하는 건강문제의 비중은 줄어들고 있는 반면 영양과잉으로 비만과 만성질환의 위험률이 증가하고 있는 가운데, 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서는 당을 과잉 섭취할 경우 영양 불균형을 초래하여 심혈관질환, 암, 당뇨병, 비만 등을 야기할 수 있다고 경고하였다(1).

따라서 최근 생활습관에 기인한 질병을 예방하고자 저칼로리 다이어트에 관심이 높아지고 있으며 이와 관련된 제품의 개발이 늘고 있다. 즉 설탕의 경우 체내에서 단순당으로 쉽게 전환되어 혈액 내에 포도당의 수준을 증가시켜 과량 섭취 시 비만증과 당뇨병 등의 성인병과 치아 우식증을 유발할 수 있는 문제가 있기 때문에(2,3), 열량감소를 위하여 기존에 주로 사용하던 설탕을 비롯한 물엿, 액상과당 등의 사용 수준을 제한하고 다양한 종류의 대체감미료를 사용하기 시작하였으며 그 사용량도 크게 증가하고 있다. 대체감미료는 단맛을 지니면서 열량을 전혀 내지 않거나 감소시켜 체중감소에 도움이 되고 충치나 당뇨병 등을 예방하는 효과가 있으며(2,4), 설탕이나 액상과당과 가격을 비교하면 원가 절감의 장점도 있어 산업계에서는 더욱 관심의 대상이 되고 있다.

Received 1 April 2014; Accepted 1 July 2014

Corresponding author: Sung-Dan Kim, Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, Gwacheon, Gyeonggi 427-070, Korea  
E-mail: Joyfulksd@seoul.go.kr, Phone: +82-2-968-5306

최근에 흔히 사용되는 대체감미료이며 우리나라에서 식품첨가물로 사용이 허용된 인공감미료는 삭카린나트륨, 아스파탐, 아세실팜칼륨, 수크랄로스, 자일리톨 등이 있다(5). 방대한 동물실험과 역학조사 등의 연구 결과 삭카린의 정상적인 사용농도와 사용방법으로는 인체에 무해하다는 결론을 내렸고(6), 지금까지의 삭카린, 사이클라메이트, 아스파탐, 아세실팜칼륨, 수크랄로스 등의 연구 결과를 검토한 결과 발암성에 대한 위험이 무시해도 될 정도(7)라고는 하지만 소비자들에게는 이들 첨가물에 대한 불안감이 팽배해져 있다. 식품첨가물은 식품을 제조·가공하거나 보존하는 데 부득이하게 사용하는 것으로서 식품의 본래 성분이 아닌 미량 성분이지만 음식물을 통해 일생 동안 섭취하게 된다는 데에서 이들의 인체에 미치는 영향이 크다고 할 수 있겠다.

어린이의 경우 생체 내에서 화학물질의 흡수, 분포, 대사 및 배설에 미치는 대사체계가 다르기 때문에 어른에 비해 위해물질의 독성에 대한 감수성이 다를 수 있으므로, 특히 어린이 등의 취약계층에 대한 식품첨가물의 안전관리는 가장 큰 현안문제로 대두되고 있다. 어린이는 성장발육이 가장 왕성한 연령대로 양질의 영양소 공급이 요구되는 시기이나 식품에 대한 올바른 분별능력이 부족함으로 색과 맛 등의 감각적인 면만으로 식품을 선택하는 경향이 있어 어린이 대상 식품 중에 합성색소, 합성감미료 등의 식품첨가물의 사용 가능성이 높다(8).

성장기의 영양은 육체적, 정신적인 성장과 발달뿐만 아니라 일생 동안의 건강상태에도 영향을 미치며, 건강에 좋지 않은 어린이의 생활습관은 성인기로 이어질 가능성이 크다. 그러므로 적절한 건강을 유지하기 위해서는 어린 시기부터 건강에 도움이 되는 식품 및 적절한 영양소 섭취를 위한 영양관리와 올바른 식습관 형성의 중요성이 더욱 강조되고 있다(9,10).

따라서 안전성을 확보하기 위해서는 식품을 통해 먹는 개별 식품첨가물의 양이 일일섭취허용량을 넘지 않는가를 조사·평가해야 하는데(11,12), 식품첨가물은 국제식량농업기구/세계보건기구 합동 식품첨가물 전문가 위원회(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)에서 일일섭취허용량(Acceptable Daily Intake, ADI)을 설정하고 있다. 이 수치는 건강상 위해 없이 일생 동안 매일 섭취하여도 되는 양으로서 안전한 섭취량으로 인식되고 있으므로, 이를 기초로 식품에 사용되는 식품첨가물의 첨가량 또는 가공과정 후의 잔존량이 대상 식품과 사용농도로 규제되고 있다.

특히 식품첨가물의 섭취량 조사는 일본의 경우 1980년부터 현재까지 계속해서 식품첨가물에 대한 일인당 평균 일일 섭취량을 종합적으로 조사하여 식품첨가물의 안전성 확보를 위한 기초 자료로 활용하고 있으며(13-22), 그밖에 미국을 비롯한 영국, 프랑스, 이탈리아 등에서도 삭카린, 아스파탐, 질산염 등 자국민의 관심이 집중되는 식품첨가물을 대상으로 관련 섭취량 연구(23-30)가 수행되고 있다. 우리나라

는 최근 몇 년 동안 개인 연구자들에 의해 단편적인 연구가 수행된 바 있으며, 그중 정밀추정을 시도한 국내 사례는 보존료, 인공감미료, 산화방지제, 에틸카바메이트(ethyl carbamate) 등의 분석 결과와 국민건강영양조사에 근거한 일인당 일일 식품섭취량 자료를 이용하여 정밀 추정된 연구 결과가 있지만(31-36), 이들은 단일값평가(Point Estimates)로 위해성평가의 각 단계에서 발생할 수 있는 불확실성 및 다양성을 고려하지 못하고 있다.

한편 최근 몬테카를로시뮬레이션(Monte Carlo simulation)을 이용한 확률평가(Probabilistic Estimates)를 통해서 물질(Food Chemicals)의 섭취 확률분포를 측정하려는 연구가 시도되고 있으며(37-41), 국제식량농업기구/세계보건기구(FAO/WHO)에서도 정밀추정 단계의 노출 평가에서 몬테카를로시뮬레이션을 이용한 방법을 선택하고 있다(42). 따라서 음료 중에 함유되어 있는 영양소 및 첨가물의 농도와 실제 식품섭취량의 다양한 분포를 고려할 수 있는 확률평가를 실시하여 인구집단의 노출량을 구하고 이에 대한 위해성을 평가해보는 시도가 필요하다.

본 연구에서는 제4기(2007~2009) 국민건강영양조사 결과 중 민감집단으로 분류할 수 있는 어린이와 청소년들의 비알콜성음료 섭취량과 비알콜성음료 중 인공감미료를 분석하여, 몬테카를로시뮬레이션을 이용한 확률평가로 비알콜성음료를 통한 영양성분과 식품첨가물의 노출 수준에 따른 위해성평가를 수행함으로써 어린이와 청소년들의 건강 확보에 기여하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

2010월 1~6월까지 서울지역 대형유통센터 등에서 유통되고 있는 음료 및 액상차를 구입하여 아스파탐, 아세실팜칼륨, 삭카린나트륨 및 수크랄로스의 함량을 분석하여 인공감미료 실측치를 구하였다. 조사대상 제품은 식품공전의 분류 체계에 따라 음료 651건 및 액상차 87건이었으며, 음료는 과일·채소류 음료 199건, 탄산음료 147건 및 혼합음료 305건이었다.

### 시약 및 기구

아스파탐과 아세실팜칼륨 표준품은 Wako(Osaka, Japan) 제품을 사용하였으며, 삭카린나트륨과 수크랄로스 표준품은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였다. HPLC의 이동상 조제용 메탄올 및 아세트니트릴은 HPLC용 Merck(Darmstadt, Germany) 제품, 10% TPA-OH(tetrapropylammonium hydroxide), 인산이수소칼륨 및 인산은 Wako 제품을 사용하였다. 표준액 및 시험용액 여과에 사용된 nylon syringe filter(13 mm 0.45 µm)는 Whatman(Middlesex, UK)을 사용하였다. 인공감미료 정성 및 정량 분석은 HPLC-DAD(High Performance Liquid

**Table 1.** Operating conditions of HPLC-DAD for the analysis of aspartame and acesulfame potassium

Parameter	Value
Instrument	Agilent Technologies 1200 series
Column	Capcell Pak C <sub>18</sub> (5.0 µm, 4.6 mm×250 mm)
Detector	Diode-Array Detector (DAD) (λ: 210 nm, scan λ: 190~400 nm)
Flow rate	1.0 mL/min
Column oven temp.	40°C
Injection vol.	10 µL
Mobile phase	0.005 M Potassium dihydrogenphosphate (0.01 M TPA-OH) : Acetonitrile=85:15, pH 3.5

**Table 2.** Operating conditions of HPLC-RID and HPLC-ELSD for the analysis of sucralose

Parameter	Value
Instrument	Agilent Technologies 1200 series 515 HPLC Pump, 717 plus Autosampler, 2414 Refractive Index Detector
Column	Capcell Pak C <sub>18</sub> (5.0 µm, 4.6 mm×250 mm)
Detector	Evaporative Light Scattering Detector (ELSD) Refractive Index detector (RID)
Flow rate	1.0 mL/min
Injection vol.	20 µL
Mobile phase	Methanol : Water=70:30

Chromatography-Diode-Array Detector; Agilent Technologies 1200 series, Waldbronn, Germany)와 Waters (Milford, MA, USA)의 515 HPLC Pump, 717 plus Autosampler, 2414 Refractive Index Detector를 연결한 HPLC System 및 HPLC-ELSD(High Performance Liquid Chromatography-Evaporative Light Scattering Detector; Agilent Technologies 1200 series)를 이용하여 Table 1, 2와 같은 조건으로 측정하였다.

### 시료의 전처리 및 기기분석

시료 채취는 분석의 대표성과 공정한 검사를 위하여 용기 포장된 액상제품 전체를 충분히 흔들어서 사용하였으며, 고체상의 내용물이 있는 경우는 제품 전체를 혼합기로 균질화하였고, 탄산음료는 개봉하여 10분간 초음파 처리하여 탄산가스를 제거한 뒤 시료를 채취하였다. 시료 2~5 g을 취해 물을 가해 20~50 mL로 하고 잘 혼합한 다음 0.45 µm nylon syringe filter로 여과한 액을 시험용액으로 사용하여 Table 1, 2와 같은 조건으로 시험용액을 기기 분석한 결과, 인공감미료가 검출된 시료에 한해 3회 반복하여 인공감미료 함량을 정량하였다.

### 비알콜성음료 섭취 수준 분석

제4기 국민건강영양조사 결과 중 어린이와 청소년층의 비알콜성음료의 섭취량은 Kim 등(43)의 선행연구 결과를 이용하였다.

### 위해성 평가

**연구대상 물질 선정:** 비알콜성음료에 함유된 인공감미료인 아스파탐, 아세설팜칼륨과 수크랄로스를 평가하였다.

**용량-반응 평가:** 아스파탐, 아세설팜 칼륨과 수크랄로스는 국제식량농업기구/세계보건기구(44-46)에서 설정한 일일섭취허용량값을 사용하였다(Table 3).

**노출 평가:** 식품섭취량 자료는 제4기 국민건강영양조사를 이용하여 어린이 및 청소년(1~19세)의 비알콜성음료의 섭취량을 연중 일상섭취량으로 가정하였다. 시나리오 I은 1~19세 어린이 및 청소년 총 6,082명을 조사대상으로 하여 음료 및 액상차의 평균, 95th percentile 섭취량 및 섭취량 분포를 적용하였다. 또한 시나리오 II는 1~19세 어린이 및 청소년 중 음료 및 액상차 섭취자 1,704명의 평균, 95th percentile 섭취량 및 섭취량 분포를 적용하여 살펴보았다. 인공감미료의 함량은 음료 651건(과일·채소류 음료 199건, 탄산음료 147건 및 혼합음료 305건) 및 액상차 87건을 HPLC를 이용하여 측정된 실측치를 이용하였다.

단일값분석(point analysis)을 위하여 인공감미료의 분석값과 비알콜성음료의 평균섭취량 및 극단섭취량(95th percentile)을 이용하여 비알콜성음료 섭취로 노출될 수 있는 각 성분의 추정식이섭취량(estimated daily intake, EDI)을 산출하였다. 또한 인구집단 중 각 개인은 노출 값이 다르므로 단일값(single value)보다는 값의 범위로 생각해야 하고,

**Table 3.** Acceptable daily intake (ADI) of artificial sweeteners

	ADI <sup>1)</sup> (mg/kg bw/day)
Aspartame	0~40 <sup>2)</sup>
Acesulfame potassium	0~15 <sup>3)</sup>
Sucralose	0~15 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Acceptable daily intake – World Health Organization (WHO).

<sup>2)</sup>WHO (World Health Organization) Technical Report Series (TRS) 653.

<sup>3)</sup>WHO (World Health Organization) Technical Report Series (TRS) 806.

다양성에 따른 노출변수의 불확실성(uncertainty)과 가변성(variability)을 반영하기 위하여 분포를 이용하는 확률분석(Probability Analysis)을 실시하였다. 이때 변수들의 분포는 Crystal Ball<sup>®</sup>의 fitting program을 사용하여 분포형태를 결정한 후, 그 분포 값 범위 안에서 발생할 수 있는 여러 가지 상황을 고려하여 최종적인 확률 값인 확률밀도함수(probabilistic density functions, PDFs)를 제시하는 몬테카를로시뮬레이션을 이용하여 확률적 추정식이섭취량을 살펴보았다.

단일값분석과 확률분석에 이용한 인공감미료의 추정식이섭취량은 다음과 같이 계산하였으며, 비알콜성음료에 잔류하는 인공감미료의 양(농도)과 비알콜성음료의 일일섭취량의 곱을 몸무게로 나눈 것이다.

$$\begin{aligned} & \text{Estimated daily intake (mg/kg bw/day)} \\ & = \{ \text{Food additives conc. (mg/kg)} \times \text{Daily food} \\ & \quad \text{intake (g/day)} \} / \text{body weight (kg)} \quad (1) \end{aligned}$$

**위해도 결정:** 비알콜성음료를 통한 인공감미료(아스파탐, 아세실팜 칼륨 및 수크랄로스)의 위해성 평가를 위해서는 각각의 인공감미료 추정식이섭취량(EDI)을 일일섭취허용량(ADI)과 비교하여 %ADI로 위해도를 결정하였다.

$$\begin{aligned} \% \text{ ADI} & = \{ \text{Food additives intake (mg/kg bw/day)} / \\ & \quad \text{ADI (mg/kg bw/day)} \} \times 100 \quad (2) \end{aligned}$$

**통계분석 및 몬테카를로 시뮬레이션:** 통계분석은 SAS 9.2 프로그램(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 사용하여 다량무기질 함량 비교와 제4기 국민건강영양조사 자료 중 어린이 및 청소년층의 비알콜성음료 섭취수준분석을 위하여 평균과 표준편차 등의 기술통계량을 산출하였다. 통계적 유의성 검증을 위하여 t-검정(t-test), 일원배치분산분석(one way ANOVA,  $\alpha=0.05$ )을 이용하였으며, one way ANOVA의 사후 분석을 위해 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였다.

확률분석을 위한 몬테카를로시뮬레이션은 인공감미료의 함량, 음료 및 액상차의 섭취량 자료를 Crystal Ball<sup>®</sup>의 fitting 기능을 활용하여 확률분포형태를 결정하여 시뮬레이션 모델을 작성하였다. 시뮬레이션의 구동은 Crystal Ball<sup>®</sup> (2005, ver. 7.2, Decisioneering Inc., Denver, CO, USA)을 사용하였으며, 샘플링 방법은 몬테카를로 샘플링을 선택하였고 반복시행횟수는 100,000번씩 모의실험을 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 인공감미료 함량

본 연구의 인공감미료 분석을 위한 시료 수는 전체 비알콜음료 중 과채음료, 탄산음료, 혼합음료, 액상차의 비율이 각각 27.0, 19.9, 41.3, 11.8%였다. 이것은 전체 비알콜음료 중 음료의 생산량이 과채음료, 탄산음료, 혼합음료, 액상차가 각각 23.6, 38.7, 23.7, 7.6%인 통계청 자료(47)와 비교

하면 생산량에 비해 인공감미료 분석시료 수의 비율은 탄산음료가 낮고 과채음료, 혼합음료와 액상차의 비율이 다소 높았다.

### 아스파탐 함량

음료 및 액상차 중 아스파탐의 평균 함량은 Table 4와 같이  $3.21 \pm 28.36$  mg/kg(ND~342.00 mg/kg)이었으며, 개별 포장용기 당 평균  $0.62 \pm 6.09$  mg/container(ND~85.50 mg/container)가 함유되어 있었다. 전체 738개 제품 중 10개 제품에서 아스파탐이 검출되어 검출률이 1.4%였으며, 과일음료, 콜라, 어린이음료 및 기타혼합음료에 아스파탐이 함유되어 있었다.

Kim 등(36)은 2003년 유통 중인 과채음료(35건), 홍삼음료(1건) 및 기타음료(21건)에서 아스파탐이 불검출되었고, 청량음료에서  $0.017 \pm 0.083$  g/kg(13건, 검출률: 15.38%)이 검출되었다고 하였다. Choi 등(48)은 2008년 유통 중인 음료 중 아스파탐이 과채음료 8.4 mg/kg(18건, 검출률: 16.7%), 탄산음료 67.2 mg/kg(7건, 검출률: 42.9%), 기타음료 68.8 mg/kg(76건, 검출률: 68.8%)이 검출되었다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 2010년 유통 음료 중 아스파탐이 과채음료  $3.12 \pm 25.25$  mg/kg(199건, 검출률: 1.5%), 탄산음료  $7.67 \pm 46.39$  mg/kg(147건, 검출률: 2.7%)과 혼합음료  $2.04 \pm 22.08$  mg/kg(305건, 검출률: 0.9%)이 검출되어 Kim 등(36)과 Choi 등(48)의 연구 결과와 아스파탐 함량 및 검출률에서 차이가 있었다. 이와 같이 아스파탐 함량 및 검출률의 차이는 최근 식품에 대한 국민들의 관심이 높아져 유통 식품 중 첨가물의 함량이 조사 시기(2003년~2010년)에 따라 감소되었고, 분석대상 시료의 선정 및 분석 건수의 차이로 설명할 수 있을 것이다.

식품종(food species)에 따른 아스파탐 함량(mg/kg)에는 유의적인 차이가 없었으나, 포장용기 당 아스파탐 함량(mg/container)에는 유의적인 차이가 있었다( $P < 0.05$ ). 식품종 중 탄산음료의 평균 아스파탐 함량이  $1.92 \pm 11.60$  mg/container로 유의적으로 가장 높았으며, 나머지 제품유형은 모두 유의적인 차이 없이 같은 수준이었다.

세분류(commodity)에 따른 아스파탐 함량(mg/kg)은 유의적인 차이가 있었으며( $P < 0.001$ ), 제품유형 중 콜라가 평균  $46.96 \pm 108.30$  mg/kg으로 유의적으로 가장 높았고 나머지 제품유형은 모두 유의적인 차이 없이 같은 수준이었다. 포장용기 당 아스파탐 함량(mg/container) 또한 유의적인 차이가 있었으며( $P < 0.001$ ), 콜라의 아스파탐 함량이  $11.74 \pm 27.09$  mg/container로 유의적으로 가장 높았고 나머지 제품유형은 모두 유의적인 차이 없이 같은 수준이었다.

### 아세실팜칼륨 함량

음료 및 액상차 중 아세실팜칼륨의 평균 함량은 Table 5와 같이  $1.94 \pm 12.55$  mg/kg(ND~160.00 mg/kg)으로 Han 등(8)의 결과인 0.5 g/kg보다 낮은 수준이었다. 개별 포장용

**Table 4.** Aspartame content in non-alcoholic beverages

Food class <sup>1)</sup>	Food type		N <sup>3)</sup>	Content (mg/kg)			Total content (mg/container)			
	Food species <sup>2)</sup>	Commodity		Range	Mean±SD	95th	Range	Mean±SD	95th	
Beverages	Fruit and vegetable beverages	Fruit drink	181 (3) <sup>4)</sup>	ND <sup>5)</sup> ~210.00	3.43±26.47 <sup>b6)</sup>	ND	ND~37.80	0.44±3.97 <sup>b</sup>	ND	
		Vegetable drink	18 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
		Total	199 (3)	ND~210.00	3.12±25.25	ND	ND~37.80	0.40±3.79 <sup>B</sup>	ND	
	Carbonated beverages	Cider	22 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
		Cola	24 (4)	ND~342.00	46.96±108.30 <sup>a</sup>	280.00	ND~85.50	11.74±27.09 <sup>a</sup>	70.00	
		Others	101 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
		Total	147 (4)	ND~342.00	7.67±46.39	ND	ND~85.50	1.92±11.60 <sup>A</sup>	ND	
	Mixed beverage	Functional drink	91 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
		Sports drink	46 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
		Children's drink	128 (1)	ND~265.80	2.08±23.50 <sup>b</sup>	ND	ND~47.85	0.37±4.23 <sup>b</sup>	ND	
		Chocolate drink	1 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
		Others	39 (2)	ND~265.80	9.12±44.58 <sup>b</sup>	90.00	ND~47.85	1.26±7.66 <sup>b</sup>	1.35	
		Total	305 (3)	ND~265.80	2.04±22.08	ND	ND~47.85	0.32±3.87 <sup>B</sup>	ND	
	Teas	Liquid tea	Green tea drink	10 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND
			Black tea drink	19 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND
Others			58 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
Total			87 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
Total			738 (10)	ND~342.00	3.21±28.36	ND	ND~85.50	0.62±6.09 <sup>B</sup>	ND	

<sup>1)</sup>Food class of Food Code for each food product. <sup>2)</sup>Food species of Food Code for each food product.

<sup>3)</sup>The number of sample which were analyzed. <sup>4)</sup>The number of sample which were detected. <sup>5)</sup>ND: not detected.

<sup>6)</sup>Means with superscripts (a>b, A>B) within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

**Table 5.** Acesulfame potassium content in non-alcoholic beverages

Food class <sup>1)</sup>	Food type		N <sup>3)</sup>	Content (mg/kg)			Total content (mg/container)			
	Food species <sup>2)</sup>	Commodity		Range	Mean±SD	95th	Range	Mean±SD	95th	
Beverages	Fruit and vegetable beverages	Fruit drink	181 (2) <sup>4)</sup>	ND <sup>5)</sup> ~40.00	0.44±4.19 <sup>b6)</sup>	ND	ND~8.40	0.09±0.88 <sup>b</sup>	ND	
		Vegetable drink	18 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
		Total	199 (2)	ND~40.00	0.40±4.00 <sup>B</sup>	ND	ND~8.40	0.08±0.84 <sup>B</sup>	ND	
	Carbonated beverages	Cider	22 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
		Cola	24 (4)	ND~160.00	24.38±56.11 <sup>a</sup>	157.00	ND~40.00	6.09±14.03 <sup>a</sup>	39.25	
		Others	101 (2)	ND~50.00	0.99±7.00 <sup>b</sup>	ND	ND~12.50	0.25±1.75 <sup>b</sup>	ND	
		Total	147 (6)	ND~160.00	4.66±24.62 <sup>A</sup>	ND	ND~40.00	1.17±6.15 <sup>A</sup>	ND	
	Mixed beverage	Functional drink	91 (4)	ND~50.00	1.88±8.87 <sup>b</sup>	ND	ND~10.00	0.32±1.56 <sup>b</sup>	ND	
		Sports drink	46 (1)	ND~40.00	0.87±5.90 <sup>b</sup>	ND	ND~9.60	0.21±1.42 <sup>b</sup>	ND	
		Children's drink	128 (20)	ND~48.00	3.59±10.26 <sup>b</sup>	30.00	ND~13.44	1.02±2.92 <sup>b</sup>	9.00	
		Chocolate drink	1 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
		Others	39 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
		Total	305 (25)	ND~50.00	2.20±8.61 <sup>AB</sup>	20.00	ND~13.44	0.56±2.18 <sup>AB</sup>	6.00	
	Teas	Liquid tea	Green tea drink	10 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND
			Black tea drink	19 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND
Others			58 (0)	ND	ND <sup>b</sup>	ND	ND	ND <sup>b</sup>	ND	
Total			87 (0)	ND	ND <sup>B</sup>	ND	ND	ND <sup>B</sup>	ND	
Total			738 (33)	ND~160.00	1.94±12.55	ND	ND~40.00	0.48±3.13	ND	

<sup>1)</sup>Food class of Food Code for each food product. <sup>2)</sup>Food species of Food Code for each food product.

<sup>3)</sup>The number of sample which were analyzed. <sup>4)</sup>The number of sample which were detected. <sup>5)</sup>ND: not detected.

<sup>6)</sup>Means with superscripts (a>b, A>B) within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

기 당 평균 0.48±3.13 mg/container(ND~40.00 mg/container)가 함유되어 있었다. 과채음료, 홍삼음료 및 기타음료는 불검출, 청량음료에서 0.010 g/kg이 검출되었다고 보고한 Kim 등(33)의 결과와 비슷한 수준이었다. 또한 검출률

은 전체 738개 제품 중 33개 제품에서 아세설팜칼륨이 검출되어 4.5%였으며, 과일음료, 콜라, 기타 탄산음료, 기능성음료, 스포츠음료, 어린이음료에 아세설팜칼륨이 함유되어 있었다.

Kim 등(33)은 2003년 유통 중인 과채음료(35건), 홍삼음료(1건) 및 기타음료(21건)에서는 불검출, 청량음료에서 10 mg/kg(13건, 검출률: 7.69%)이 검출되었다고 하였으며, Choi 등(49)은 2008년 유통 중인 과채음료 6.9 mg/kg(18건, 검출률: 5.6%), 탄산음료 63.9 mg/kg(7건, 검출률: 42.9%), 기타음료 17.4 mg/kg(76건, 검출률: 14.5%)의 아세실팜칼륨이 검출되었다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 2010년 유통 중인 과채음료 0.40±4.00 mg/kg(199건, 검출률: 1.0%), 탄산음료 4.66±24.62 mg/kg(147건, 검출률: 4.1%), 혼합음료 2.20±8.61 mg/kg(305건, 검출률: 1.0%)의 아세실팜칼륨이 검출되어 Kim 등(33)과 Choi 등(48)의 연구 결과와 아세실팜칼륨 함량 및 검출률에서 차이가 있었다.

식품중에 따른 아세실팜칼륨 함량(mg/kg)에는 유의적인 차이가 있었으며( $P<0.01$ ), 탄산음료의 평균 아세실팜칼륨 함량이 4.66±24.62 mg/kg으로 유의적으로 가장 높았다. 포장용기 당 아세실팜칼륨 함량(mg/container) 또한 유의적인 차이가 있었으며( $P<0.001$ ), 탄산음료의 아세실팜칼륨 함량이 1.17±6.15 mg/container로 유의적으로 가장 높았다.

세분류에 따른 아세실팜칼륨 함량(mg/kg)은 유의적인 차이가 있었으며( $P<0.01$ ), 제품유형 중 콜라가 평균 24.38±56.11 mg/kg으로 유의적으로 가장 높았고 나머지 제품유형은 모두 유의적인 차이 없이 같은 수준이었다. 포장용기 당 아세실팜칼륨 함량(mg/container) 또한 유의적인 차이가

있었으며( $P<0.001$ ), 콜라의 아세실팜칼륨 함량이 6.09±14.03 mg/container로 유의적으로 가장 높았고 나머지 제품유형은 모두 유의적인 차이 없이 같은 수준이었다.

**수크랄로스 함량**

음료 및 액상차 중 수크랄로스의 평균 함량은 Table 6과 같이 6.18±23.27 mg/kg(ND~290.00 mg/kg)이었으며, 개별 포장용기 당 평균 0.99±3.60 mg/container(ND~58.00 mg/container)가 함유되어 있었다. 전체 738개 제품 중 80개 제품에서 수크랄로스가 검출되어 검출률이 10.8%였으며, 콜라와 초콜릿 음료를 제외한 모든 음료에 함유되어 있었고 액상차에는 함유되어 있지 않았다. Kim 등(33)은 2003년 유통 중인 과채음료(35건), 홍삼음료(1건), 기타음료(21건), 청량음료(13건)에서 수크랄로스가 모두 불검출되었다고 하였으며, Choi 등(48)은 2008년 유통 중인 과채음료 35.3 mg/kg(18건, 검출률: 11.1%), 탄산음료 1.9 mg/kg(7건, 검출률: 14.3%), 기타음료 23.1 mg/kg(76건, 검출률: 15.8%)의 수크랄로스가 검출되었다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 2010년 유통 중인 과채음료 3.53±14.93 mg/kg(199건, 검출률: 6.0%), 탄산음료 0.69±4.21 mg/kg(147건, 검출률: 2.7%), 혼합음료 12.31±33.04 mg/kg(305건, 검출률: 21.0%)의 수크랄로스가 검출되어 Kim 등(36)과 Choi 등(48)의 연구 결과와 수크랄로스 함량 및 검출률에서 차이가 있었다.

식품중에 따른 수크랄로스 함량(mg/kg)에는 유의적인 차

**Table 6.** Sucralose content in non-alcoholic beverages

Food class <sup>1)</sup>	Food type		N <sup>3)</sup>	Content (mg/kg)			Total content (mg/container)		
	Food species <sup>2)</sup>	Commodity		Range	Mean±SD	95th	Range	Mean±SD	95th
Beverages	Fruit and vegetable beverages	Fruit drink	181 (11) <sup>4)</sup>	ND <sup>5)</sup> ~92.00	3.78±15.58	40.00	ND~18.40	0.75±3.09	8.4
		Vegetable drink	18 (1)	ND~19.00	1.06±4.48	19.00	ND~3.80	0.21±0.90	3.8
		Total	199 (12)	ND~92.00	3.53±14.93 <sup>B6)</sup>	40.00	ND~18.40	0.70±2.96 <sup>B</sup>	8.4
	Carbonated beverages	Cider	22 (1)	ND~30.00	1.36±6.40	ND	ND~7.50	0.34±1.60	ND
		Cola	24 (0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		Others	101 (3)	ND~26.00	0.71±4.12	ND	ND~5.00	0.13±0.73	ND
		Total	147 (4)	ND~30.00	0.69±4.21 <sup>B</sup>	ND	ND~7.50	0.14±0.86 <sup>B</sup>	ND
	Mixed beverage	Functional drink	91 (12)	ND~250.00	11.47±38.53	80.00	ND~25.00	1.24±3.91	8.00
		Sports drink	46 (4)	ND~90.00	3.44±14.29	19.17	ND~9.00	0.48±1.76	2.88
		Children's drink	128 (46)	ND~290.00	18.69±35.52	80.00	ND~58.00	3.26±6.35	10.12
		Chocolate drink	1 (0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		Others	39 (2)	ND~130.00	4.10±21.24	30.00	ND~13.00	0.41±2.12	3.00
		Total	305 (64)	ND~290.00	12.31±33.04 <sup>A</sup>	79.64	ND~58.00	1.86±4.89 <sup>A</sup>	9.00
Teas	Liquid tea	Green tea drink	10 (0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		Black tea drink	19 (0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		Others	58 (0)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		Total	87 (0)	ND	ND <sup>B</sup>	ND	ND	ND <sup>B</sup>	ND
Total			738 (80)	ND~290.00	6.18±23.27	50.00	ND~58.00	0.99±3.60	8.00

<sup>1)</sup>Food class of Food Code for each food product. <sup>2)</sup>Food species of Food Code for each food product. <sup>3)</sup>The number of sample which were analyzed. <sup>4)</sup>The number of sample which were detected. <sup>5)</sup>ND: not detected. <sup>6)</sup>Means with superscripts (a>b, A>B) within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

이가 있었으며( $P<0.001$ ), 혼합음료의 평균 수크랄로스 함량이  $12.31\pm 33.04$  mg/kg으로 유의적으로 가장 높았고 나머지 제품유형은 모두 유의적인 차이 없이 같은 수준이었다. 포장용기 당 수크랄로스 함량(mg/container) 또한 유의적인 차이가 있었으며( $P<0.001$ ), 혼합음료의 수크랄로스 함량이 평균  $1.86\pm 4.89$  mg/container로 유의적으로 가장 높았고 나머지 제품유형은 모두 유의적인 차이 없이 같은 수준이었다. 세분류에 따른 수크랄로스 함량(mg/kg)은 유의적인 차이가 없었고, 포장용기 당 수크랄로스 함량(mg/container) 또한 유의적인 차이가 없었다.

이상과 같이 음료 및 액상차 중 인공감미료는 아스파탐, 아세설팜칼륨과 수크랄로스가 평균  $3.21\pm 28.36$  mg/kg ( $0.62\pm 6.09$  mg/container),  $1.94\pm 12.55$  mg/kg( $0.48\pm 3.13$  mg/container),  $6.18\pm 23.27$  mg/kg( $0.99\pm 3.60$  mg/container) 함유되어 있었다. 아스파탐, 아세설팜칼륨과 수크랄로스의 검출률은 각각 1.4%, 4.5%, 10.8%였으며, 삭카린나트륨은 Han 등(8) 및 Kim 등(33)의 결과와 같이 검출되지 않았다. 그러나 Choi 등(48)은 과채음료와 기타음료에서 각각 47.5 mg/kg(18건, 검출률 38.9%), 1.2 mg/kg(57건, 2.6%)의 삭카린나트륨이 검출되었다고 하였다.

**인공감미료의 노출 평가**

**노출변수의 분포:** 비알콜성음료의 인공감미료의 분석 결과와 비알콜성음료의 섭취량 및 체중을 Crystal Ball® fitting program을 사용하여 결정한 분포형태는 Table 7~9와 같다.

비알콜성음료에 함유된 인공감미료 중 아스파탐은 Min Extreme 분포, 아세설팜칼륨은 Logistic 분포, 수크랄로스는 Student's t 분포를 나타냈다. 비알콜성음료 섭취량은 어린이와 청소년 전체를 대상으로 한 시나리오 I에서는 대부분 Logistic 분포를 나타내었으나, 특히 소비자 집단만을 고려한 시나리오 II 경우에는 왼쪽으로 기울어진 Max Extreme 분포가 되었다. 체중은 시나리오 I은 Logistic 분포, 시나리오 II는 Beta 분포를 나타내었다.

**어린이와 청소년 전체의 노출 평가(시나리오 I):** 어린이 및 청소년 전체(시나리오 I)의 비알콜성음료 섭취를 통한 인공감미료의 노출량은 Table 10과 같다.

인공감미료 중 아스파탐은 대부분의 음료와 액상차에서 검출되지 않았기 때문에 단일값평가의 평균 추정식이 섭취량은 0.01 mg/kg bw/day였으나, 95th percentile 추정식이 섭취량은 0.00 mg/kg bw/day로 나타났다. 그러나 확률

**Table 7.** Probability density functions fitted by Crystal Ball® fitting program using the data of artificial sweeteners content in non-alcoholic beverages

Macrominerals	Distribution	Parameter
Aspartame	Min extreme	Likeliest=24.88, Scale=76.45
Acesulfame potassium	Logistic	Mean=0.15, Scale=2.55
Sucralose	Student's t	Midpoint=0.00, Scale=9.66, Deg. Freedom= 1.2612

**Table 8.** Probability density functions fitted by Crystal Ball® fitting program using the non-alcoholic beverage intake data for total children and adolescents and consumers-only

Group	Distribution	Parameter
Total children and adolescents (scenario I)	Logistic	Mean=32.30, Scale=71.89
Consumers-only (scenario II) <sup>1)</sup>	Max extreme	Likeliest=178.50, Scale=138.76

<sup>1)</sup>1,704 non-alcoholic beverage consumption subjects among a total of 6,082 children and adolescents (scenario I).

**Table 9.** Probability density functions fitted by Crystal Ball® fitting program using the body weight data for total children and adolescents and consumers-only

Group	Distribution	Parameter
Total children and adolescents (scenario I)	Logistic	Mean=73.27, Scale=7.82
Consumers-only (scenario II) <sup>1)</sup>	Beta	Minimum=3.93, Maximum=111.30, Alpha=1.95615, Beta=3.98985

<sup>1)</sup>1,704 non-alcoholic beverage consumption subjects among a total of 6,082 children and adolescents (scenario I).

**Table 10.** Point and probabilistic estimated daily intake (EDI) of artificial sweeteners for total children and adolescents (scenario I)

Macronutrient	Fixed point			Probabilistic							
	Mean	95 percentile	Mean	10 percentile	25 percentile	50 percentile	75 percentile	95 percentile	99 percentile	95% certainty range	
Artificial sweeteners (mg/kg bw/day)	Aspartame	0.01	0.00	0.09	0.01	0.02	0.05	0.12	0.30	0.50	0.00~0.38
	Acesulfame potassium	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00~0.03
	Sucralose	0.01	0.29	0.04	0.00	0.00	0.01	0.03	0.13	0.47	0.00~0.23

평가의 평균 및 95th percentile 추정식이섭취량은 각각 0.09, 0.30 mg/kg bw/day로 나타났다. 아세설팜칼륨 또한 비알콜성음료에서 거의 검출되지 않아 단일값평가의 평균 및 95th percentile 모두 0.00 mg/kg bw/day로 나타났으나, 확률평가의 평균 및 95th percentile은 각각 0.01, 0.02 mg/kg bw/day였다. 인공감미료 중 검출률이 10.8%로 가장 높았던 수크랄로스의 노출량은 단일값평가의 평균 및 95th percentile 추정식이섭취량이 각각 0.01, 0.29 mg/kg bw/day로 나타났으며 확률평가의 평균 및 95th percentile 추정식이섭취량은 각각 0.04, 0.13 mg/kg bw/day로 나타나, 단일값평가에 비해 평균은 4배 높게, 95th percentile은 0.4배로 낮은 결과 값이 나왔다.

2008년 유통 중인 음료 및 2005년 국민건강영양조사 결과를 토대로 Choi 등(48)이 조사한 자료를 보면 아스파탐, 아세설팜칼륨 및 수크랄로스의 추정식이섭취량은 각각 61.29, 47.63, 23.61 µg/kg bw/day로 2010년 유통 중인 음료와 2007~2009년 국민건강영양조사 자료를 토대로 한 본 연구 결과보다 높은 수준이었다. 이러한 결과는 연도별 국민건강영양조사 중 음료 등의 섭취량에 의한 차이보다는 음료 중 인공감미료의 함량 차이로 인하여 나타난 결과이며, 이러한 이유는 앞서 밝힌 바와 같이 조사 대상 식품의 선정 및 총 조사건수의 차이와 최근 음료 중 인공감미료 사용실태가 과거에 비해 줄었기 때문이라고 생각한다.

단일값평가를 통한 평균 추정식이섭취량을 체중으로 환산하지 않으면 아스파탐 0.24, 아세설팜칼륨 0.14, 수크랄로스 0.46 mg/person/day로 Kim 등(33,36)의 2005년 유통 중인 식품의 인공감미료 분석 결과 및 국민영양조사 결과를 이용한 섭취량 결과를 토대로 산출한 아스파탐, 아세설팜칼륨 및 수크랄로스의 청량음료를 통한 추정식이섭취량이 각각 0.703, 0.407, 0.000 mg/person/day였던 결과와는 다소 차이가 있었다. 이와 같은 결과는 인공감미료 중 아스파탐과 아세설팜칼륨보다는 수크랄로스를 사용하는 음료제품이 많아졌기 때문이라고 생각한다. Kim 등(33,36)의 연구 결과에 의하면 전체 식품 중 음료를 통한 아스파탐 및 아세설팜칼륨의 추정식이섭취량은 18.7, 32.5%였다.

한편 비알콜성음료에서 검출률이 낮았던 아스파탐, 아세설팜칼륨의 경우 단일값평가의 95th percentile이 모두 0.00 mg/kg bw/day로 평가되었으나 확률평가에서는 95th

percentile 값들을 확인할 수 있어, 이 또한 point value를 사용하는 경우에 발생할 수 있는 불확실성을 줄여준 결과로 생각할 수 있었다.

또한 확률평가한 노출량을 토대로 95th percentile 추정식이섭취량과 평균 추정식이섭취량을 비교하면, 극단섭취자가 평균섭취자에 비하여 아스파탐 3.3배, 아세설팜칼륨 2.0배, 수크랄로스 3.3배 높은 노출량을 나타내었다.

**어린이와 청소년 섭취자군의 노출 평가(시나리오 II):** 어린이 및 청소년 중 비알콜성음료 섭취자군(시나리오 II)의 인공감미료 노출량은 Table 11 및 Fig. 1과 같다.

인공감미료 중 아스파탐과 아세설팜칼륨의 노출량 또한 단일값평가의 평균 추정식이섭취량은 각각 0.02, 0.01 mg/kg bw/day였으나 95th percentile 추정식이섭취량은 모두 0.00 mg/kg bw/day로 나타났다. Table 11 및 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 확률평가한 아스파탐의 평균 및 95th percentile 추정식이섭취량이 각각 0.52, 1.80 mg/kg bw/day로 나타났으며, 아세설팜칼륨은 평균 및 95th percentile 추정식이섭취량이 각각 0.03, 0.12 mg/kg bw/day로 섭취자군(scenario II)에서도 아스파탐 및 아세설팜칼륨의 노출량이 낮았다. 수크랄로스는 단일값평가의 평균 추정식이섭취량은 0.04 mg/kg bw/day였으나 95th percentile 추정식이섭취량은 0.46 mg/kg bw/day로 나타났으며, 확률평가의 평균 및 95th percentile 추정식이섭취량은 각각 0.22, 0.75 mg/kg bw/day로 단일값평가보다 각각 5.5배, 1.6배 높게 나타났다.

확률평가한 노출량을 토대로 극단섭취자의 노출량과 평균섭취자의 노출량을 비교하면, 95th percentile 추정식이섭취량이 평균 추정식이섭취량에 비하여 아스파탐 3.5배, 아세설팜칼륨 4.0배, 수크랄로스 3.4배 높은 노출량을 나타내었다. 또한 scenario I에 비해 scenario II의 평균 추정식이섭취량을 비교하면 아스파탐 5.8배, 아세설팜칼륨 3.0배, 수크랄로스 5.5배 높은 노출량을 나타내었으며, 95th percentile 추정식이섭취량은 아스파탐 6.0배, 아세설팜칼륨 6.0배, 수크랄로스 5.8배 높은 노출량을 나타내었다.

Choi 등(48)이 조사한 자료를 보면 음료를 통한 아스파탐, 아세설팜칼륨 및 수크랄로스의 추정식이섭취량은 각각 0.061, 0.048, 0.024 mg/kg bw/day로 2010년 유통 중인 음료와 2007~2009년 국민건강영양조사 자료를 토대로 한

**Table 11.** Point and probabilistic estimated daily intake(EDI) of artificial sweeteners for consumers-only (scenario II)<sup>1)</sup>

Macronutrient	Fixed point			Probabilistic							
	Mean	95 percentile	Mean	10 percentile	25 percentile	50 percentile	75 percentile	95 percentile	99 percentile	95% certainty range	
Artificial sweeteners (mg/kg bw/day)	Aspartame	0.02	0.00	0.52	0.04	0.11	0.29	0.64	1.80	3.65	0.01~2.49
	Acesulfame potassium	0.01	0.00	0.03	0.00	0.01	0.02	0.04	0.12	0.25	0.00~0.17
	Sucralose	0.04	0.46	0.22	0.01	0.02	0.05	0.16	0.75	2.83	0.00~1.34

<sup>1)</sup>1,704 non-alcoholic beverage consumption subjects among a total of 6,082 children and adolescents (scenario I).



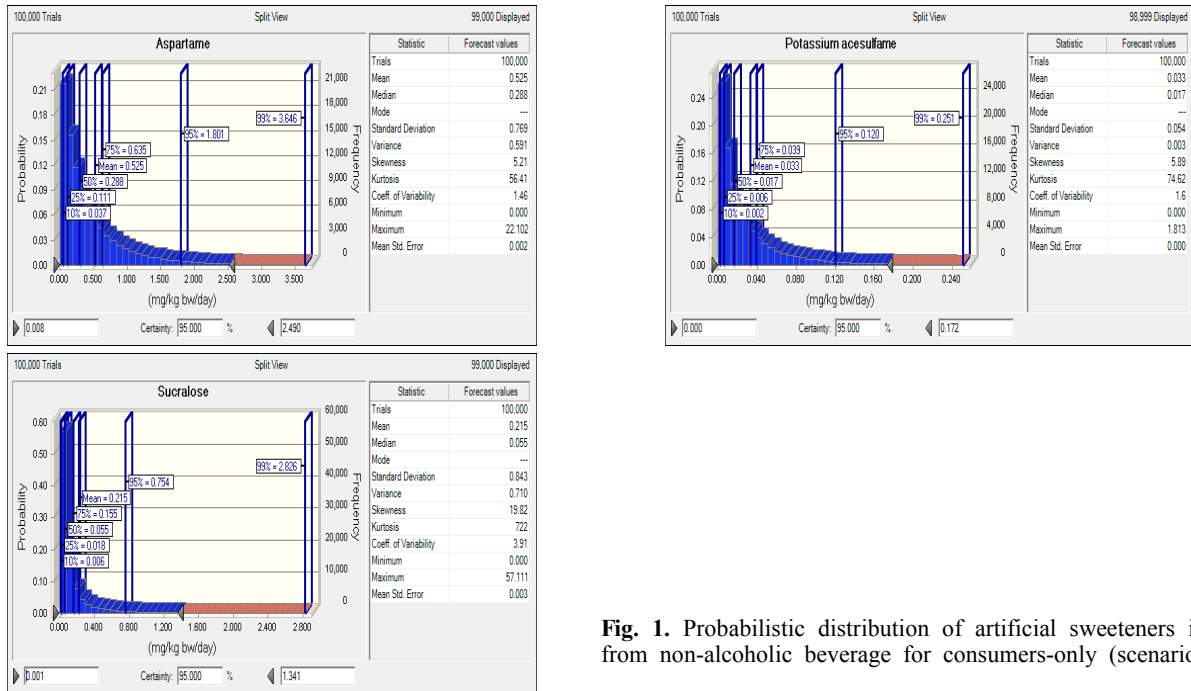


Fig. 1. Probabilistic distribution of artificial sweeteners intakes from non-alcoholic beverage for consumers-only (scenario II).

본 연구 결과보다 높은 수준이었다. 이탈리아의 청소년을 대상으로 조사한 Arcella 등(49)은 껌, 사탕, 주스, 음료, 요구르트 등을 통한 아스파탐, 아세설팜칼륨의 평균 섭취량이 0.039, 0.011 mg/kg bw/day, 95th percentile 섭취량은 0.170, 0.048 mg/kg bw/day였으며, 섭취자군의 평균 섭취량은 0.054, 0.020 mg/kg bw/day라고 보고하였다.

위해성 평가

**어린이와 청소년 전체의 위해성 평가(시나리오 I):** 어린이 및 청소년 전체(시나리오 I)의 비알콜성음료 섭취를 통한 인공감미료 노출량에 대한 위해성 평가 결과는 Table 12와 같다.

인공감미료인 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스 또한 FAO/WHO에서 설정한 일일섭취허용량(ADI) 값을 사용하여 위해성 평가를 하였으며, 단일값평가를 통한 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 평균 %ADI는 각각 0.03, 0.00, 0.07이었고, 확률평가한 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 평균 %ADI는 각각 0.22, 0.04, 0.24로 단일값평가보다 아스파탐 7.3배, 수크랄로스 3.4배 높은 결과가 나왔다.

극단섭취자(95th percentile)의 경우 단일값평가를 통한 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 95th percentile %ADI는 각각 0.00, 0.00, 1.93이었으며, 확률평가한 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 95th percentile %ADI는 0.75, 0.13, 0.83으로 제품에서 검출률이 다소 높았던 인공감미료인 수크랄로스는 단일값평가보다 낮은 수준이었다. FDA에서 승인한 5개의 비영양 감미료(nonnutritive sweeteners)는 아세설팜칼륨, 아스파탐, 네오탄, 삭카린, 수크랄로스이며, 이들의 섭취량은 ADI보다 낮다고 하였다(50).

**어린이와 청소년 섭취자의 위해성 평가(시나리오II):** 어린이 및 청소년 중 비알콜성음료 섭취자군(시나리오II)의 비알콜성음료 섭취를 통한 인공감미료 노출량에 대한 위해성 평가 결과는 Table 13과 같다.

인공감미료의 위해성 평가 결과 단일값평가를 통한 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 평균 %ADI는 각각 0.05, 0.07, 0.27이었고, 확률평가한 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 평균 %ADI는 각각 1.32, 0.22, 1.48로 단일값평가보다 아스파탐 26.4배, 아세설팜칼륨 3.1배, 수크랄로

Table 12. Point and probabilistic estimates of artificial sweeteners for total children and adolescents (scenario I)

	Fixed point			Probabilistic							
	Mean	95 percentile	Mean	10 percentile	25 percentile	50 percentile	75 percentile	95 percentile	99 percentile	95% certainty range	
Artificial sweeteners	Aspartame (%ADI)	0.03	0.00	0.22	0.01	0.05	0.13	0.30	0.75	1.29	0.00~0.97
	Acesulfame potassium (%ADI)	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.02	0.05	0.13	0.25	0.00~0.18
	Sucralose (%ADI)	0.07	1.93	0.24	0.01	0.02	0.07	0.18	0.83	2.98	0.00~1.50

**Table 13.** Point and probabilistic estimates of artificial sweeteners for consumers-only (scenario II)<sup>1)</sup>

	Fixed point			Probabilistic							
	Mean	95 percentile	Mean	10 percentile	25 percentile	50 percentile	75 percentile	95 percentile	99 percentile	95% certainty range	
Artificial sweeteners	Aspartame (%ADI)	0.05	0.00	1.32	0.10	0.28	0.72	1.61	4.52	9.16	0.02~6.29
	Acesulfamec potassium (%ADI)	0.07	0.00	0.22	0.01	0.04	0.11	0.26	0.80	1.69	0.00~1.13
	Sucralose (%ADI)	0.27	0.00	1.48	0.04	0.12	0.36	1.02	5.06	19.23	0.01~8.91

<sup>1)</sup>1,704 non-alcoholic beverage consumption subjects among a total of 6,082 children and adolescents (scenario I).

스 5.5배 높은 결과가 나왔다. 극단섭취자의 경우 단일값평가를 통한 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 95th percentile %ADI는 모두 0.00이었으며, 확률평가한 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 95th percentile %ADI는 4.52, 0.80, 5.06으로 나타났다.

Arcella 등(49)은 2000년 이탈리아 청소년들의 껌, 사탕, 주스, 음료, 요구르트 등을 통한 아스파탐, 아세설팜칼륨의 평균 섭취량은 ADI의 1%를 초과하지 않았다고 하였으며, 섭취자군의 평균 섭취량 또한 마찬가지였다고 하였다.

확률평가한 결과를 토대로 극단섭취자와 평균섭취자를 비교하면, 95th percentile %ADI가 평균 %ADI에 비하여 아스파탐 3.4배, 아세설팜칼륨 3.6배, 수크랄로스 3.4배 높았다. 또한 scenario I에 비해 scenario II의 평균 %ADI를 비교하면 아스파탐 6.0배, 아세설팜칼륨 5.5배, 수크랄로스 6.0배 높은 노출량을 나타내었으며, 95th percentile %ADI는 아스파탐 6.0배, 아세설팜칼륨 6.2배, 수크랄로스 6.2배 높은 노출량을 나타내었다.

인공감미료는 단맛을 지나면서 열량을 전혀 내지 않거나 감소시켜 체중 감소에 도움이 되고 충치나 당뇨병 등을 예방하는 효과가 있어(3) 식품산업계에서 기능성식품의 개발에 자주 이용되고, 이러한 기능성을 강조한 제품의 인기도 높아짐에 따라 인공감미료의 건강위해성에 대한 우려가 있었으나 scenario I·II의 위해성 평가 결과 비알콜성음료 섭취를 통한 인공감미료의 위해도는 낮은 수준이었다.

그러나 일반적으로 독성자료에 근거한 ADI 값을 설정할 때에는 동물 중, 개인차, 독성 데이터의 불확실성만을 감안한 안전계수를 반영하였고 식품계수에 해당하는 개인, 지역 또는 계절에 따른 식품 섭취량 변화나 극단소비자(extreme consumer, 특정 식품을 예외적으로 많이 먹는 소비자)를 고려하지 못하고 있다. 따라서 어떤 인구 집단에 의한 유해성분의 평균 섭취량은 일일섭취허용량(acceptable daily intake, ADI)보다 훨씬 낮아야 안전한 것으로 간주된다. 그리하여 FAO/WHO에서는 유독성분에 대한 인체노출량이 ADI의 10% 미만일 때는 위험성을 걱정할 필요가 없고 10%를 초과하게 되면 정밀조사와 철저한 법적 규제를 필요로 하며 ADI의 30% 수준에 도달하게 되면 위험 경고를 해야 되는 것으로 인식되고 있다(51). 따라서 인공감미료 중 음료·액상커피에서 검출률이 가장 높았던 수크랄로스의 경우

위해성 평가에서 %ADI가 10 이상일 확률이 2.2%로 극단소비자의 경우 음료·액상커피를 통한 수크랄로스의 노출에 대한 주목이 필요하였다.

한편 최근 미국 소아과학회지에 보고된 과학적 근거에 의한 소아비만 예방을 위한 개인에 대한 권고사항으로 가당음료 섭취 제한, 과일채소 권장량을 충족할 것, 텔레비전 시청 및 컴퓨터 사용 시간이 하루 2시간을 넘지 않고 아침을 챙겨 먹고 외식 특히 패스트푸드 섭취를 제한하며, 가정식을 권장하고 1인 1회 섭취량 감소를 중재활동으로 제시하였다. 그 외에도 칼슘, 식이섬유가 풍부하고 다량 영양소가 균형 잡힌 식사, 60분 동안의 중등도 및 힙찬 신체활동, 고에너지 밀도 식품 섭취를 제한하도록 하여 생활습관 개선 중 식사 및 식행동과 관련된 요인들이 대부분을 구성하였다(52).

따라서 이상의 결과를 토대로 어린이 및 청소년들의 성장 발달은 일생의 어느 시기보다도 질적, 양적으로 빠르게 성장하는 중요 시기이며, 이때에 형성된 올바른 영양지식 및 식습관은 향후 장년기의 신체적·정신적 건강한 삶을 좌우하게 된다. 그러므로 시나리오 I·II의 위해성 평가(risk assessment) 결과를 토대로 위해 관리(risk management)와 위해 정보전달(risk communication)의 차원에서 어린이 및 청소년들에게 음료에 대한 정확한 정보를 제공하고 올바른 식습관을 유도하여야 한다.

## 요 약

본 연구는 음료 651건 및 액상차 87건의 인공감미료 실측치(아스파탐, 아세설팜칼륨 및 수크랄로스)와 제4기 국민건강영양조사 중 영양조사의 섭취량을 이용하여 단위 체중당 비알콜성음료 섭취량이 가장 높았던 1~19세의 어린이 및 청소년을 대상으로 비알콜성음료를 통한 인공감미료의 추정식이섭취량(estimated daily intake, EDI)을 산출하여 평가하였다. 비알콜성음료의 섭취량은 어린이 및 청소년 6,082명 전체의 비알콜성음료의 평균소비자(average consumer)와 극단소비자(extreme consumer)의 섭취량을 파악하기 위하여 평균, 95 percentile 및 분포를 적용한 경우(시나리오 I)와 비알콜성음료를 섭취한 어린이와 청소년 1,074명의 섭취량 평균, 95 percentile 및 분포를 적용한 경우(시나리오 II)로 나누어 살펴보았다. 음료에 함유된 인공감미료

의 건강 위해성 평가는 추정식이섭취량과 FAO/WHO에서 설정한 일일섭취허용량(acceptable daily intake, ADI)인 아스파탐 40 mg/kg bw/day, 아세설팜칼륨 15 mg/kg bw/day, 수크랄로스 15 mg/kg bw/day 값을 비교하여 %ADI로 평가를 하였다. 인공감미료의 인체노출량 계산에 필요한 몸무게는 국민건강영양조사 검진조사 자료를 이용하였다. 이때 위해도 평가방법은 평균과 95th percentile을 이용하는 단일값평가와 각 변수의 확률밀도함수(probabilistic density functions, PDFs)를 이용한 Monte Carlo simulation을 실시하여 확률평가를 하였다. 연구 결과를 요약하면 인공감미료는 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스가 평균  $3.21 \pm 28.36$  mg/kg(ND~342.00 mg/kg, 검출률 1.4%),  $1.94 \pm 12.55$  mg/kg(ND~160.00 mg/kg, 검출률 4.5%),  $6.18 \pm 23.27$  mg/kg(ND~290.00 mg/kg, 검출률 10.8%) 함유되어 있었다. 또한 비알콜성음료에 함유된 인공감미료 중 아스파탐은 Min Extreme 분포, 아세설팜칼륨은 Logistic 분포, 수크랄로스는 Student's t 분포를 나타냈다. 비알콜성음료 섭취량은 어린이와 청소년 전체를 대상으로 한 시나리오 I에서는 대부분 Logistic 분포를 나타내었으나, 특히 소비자 집단만을 고려한 시나리오 II 경우에는 왼쪽으로 기울어진 Max Extreme 분포가 되었다. 체중은 시나리오 I이 Logistic 분포, 시나리오 II는 Beta 분포를 나타내었다. 그리고 시나리오 I에서 확률평가한 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 평균 추정식이섭취량은 각각 0.09, 0.01, 0.04 mg/kg bw/day였으며, 95th percentile 추정식이섭취량은 각각 0.30, 0.02, 0.13 mg/kg bw/day였다. 확률평가한 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 평균 %ADI는 각각 0.22, 0.04, 0.24이었고, 확률평가한 95th percentile %ADI는 각각 0.75, 0.13, 0.83으로 안전한 수준이었다. 시나리오 II에서 확률평가한 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 평균 추정식이섭취량은 각각 0.52, 0.03, 0.22 mg/kg bw/day였으며, 95th percentile 추정식이섭취량은 각각 1.80, 0.12, 0.75 mg/kg bw/day였다. 확률평가한 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 평균 %ADI는 각각 1.32, 0.22, 1.44였고, 확률평가한 95th percentile %ADI는 4.52, 0.80, 5.06으로 나타났다. 즉 비알콜성음료 섭취를 통한 인공감미료 중 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 노출수준은 일일섭취허용량(ADI)을 초과하는 인구집단은 없는 것으로 나타났으며, 시나리오 I·II에서 아스파탐, 아세설팜칼륨, 수크랄로스의 평균 및 95th percentile %ADI는 모두 5.06 이내로 낮은 수준이었다. 한편 섭취자군 중 인공감미료에서 검출률이 가장 높았던 수크랄로스의 경우 %ADI가 10 이상일 확률이 2.2%였다.

## REFERENCES

1. WHO. 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO Technical Report Series, 916. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
2. Nelson AL. 2000. Special topics. In *Sweeteners: Alternative*. Eagan Press, St. Paul, MN, USA. p 91-95.
3. Nabors OL, Gelardi RC. 1985. 1. Introduction, 5. Acesulfame-K. In *Alternative Sweeteners*. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA. p 1-14, 89-102.
4. Kim SY, Oh DK, Kim SS, Kim CJ. 1996. New sweeteners used in sucrose-free cookies: Sugar alcohols and new sugar sweeteners. *Food Sci Ind* 29: 53-61.
5. KFDA. 2009. *Korea Food Additives Code*. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. p 1-12.
6. Schoenig GP, Goldenthal EI, Geil RG, Frith CH, Richter WR, Carlborg FW. 1985. Evaluation of the dose response and in utero exposure to saccharin in the rat. *Food Chem Toxicol* 23: 475-490.
7. Weihrauch MR, Diehl V. 2004. Artificial sweeteners - do they bear a carcinogenic risk? *Ann Oncol* 15: 1460-1465.
8. Han YJ, Kim JH, Park SY, Oh JH, Jang YM, Kim MH. 2010. Monitoring of food additives as an artificial sweetener on favorite foods of children. *J Fd Hyg Safety* 25: 185-191.
9. Boulton TJ, Magarey AM, Cockkinton RA. 1995. Tracking of serum lipids and dietary energy, fat and calcium intake from 1 to 15 years. *Acta Paediatr* 84: 1050-1055.
10. Lee JM, Park HJ, Rak SM. 2003. A survey on eating behaviors of preschool children for development snack. *Korean J Food Culture* 18: 151-159.
11. WHO. 1987. Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food. Environmental Health Criteria, 70. International Programme on Chemical Safety in cooperation with the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). World Health Organization, Geneva, Switzerland.
12. Renwick AG. 1996. Needs and method for priority setting for estimating the intake of food additives. *Food Addit Contam* 13: 467-475.
13. Mitsuhashi Y, Kobori Y, Hamano T, Aoki N, Semma M, Ito Y. 1995. Preparation and characterization of sulfite adducts. *Jpn J Toxicol Environ Health* 41: 440-446.
14. Tsuji S, Shibata T, Isshiki K, Kato T, Kamikura M, Nishijima M, Hayashi H, Fukasawa Y, Kuroda H, Goto M, Sakabe Y, Sasaki K, Ouchi K, Moriguchi H, Uchiyama H, Shiro T, Ito Y. 1995. Daily intake of non-naturally occurring chemically synthesized food additives from the processed foods purchased in Japan. *Food Hyg Saf Sci* 36: 93-101.
15. Tsuji S, Shibata T, Nishijima M, Fukasawa Y, Kuroda H, Goto M, Sakabe Y, Mishima Y, Oshiro Z, Sato M, Nakamura K, Morita S, Etoh S, Sasaki Y, Uchiyama H, Shiro T, Ito Y. 1996. Estimation of daily intake of chemically synthesized natural food additives from processed foods in Japan. *Food Hyg Saf Sci* 37: 308-318.
16. Tsuji S, Fujiwara K, Kakiuchi M, Shibata T, Uchibori-Hase S, Furuyama M, Kaneta N, Oda Y, Fujiwara K, Suzuki H, Ito Y. 1993. Naturally occurring of sulfites in raw and processed foods. *Food Hyg Saf Sci* 34: 303-313.
17. Tsuji S, Kohsaka M, Morita Y, Shibata T, Kaneta N, Wakabashi K, Uchibori-Hase S, Ide S, Fujiwara K, Suzuki H, Ito Y. 1993. Naturally occurring of nitrite existing in various raw and processed foods. *Food Hyg Saf Sci* 34: 294-302.
18. Tsuji S, Shibata T, Uchibori N, Kobayashi T, Suzuki H, Uchibori-Hase S, Muroi J, Kaneda N, Ito Y. 1994. Naturally occurring of orthophosphate ion in various raw and processed foods by ion chromatography. *Food Hyg Saf Sci* 35: 56-65.

19. Tsuji S, Shibata T, Okamoto K, Takeda K, Fujiwara Y, Ito Y. 1995. Preparation of sample solution using pronase treatment for determination of food coal-tar dyes in foods. *Food Hyg Saf Sci* 36: 68-76.
20. 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.
21. Ishiwata H, Sugita T, Kawasaki Y, Taketa Y, Yamada T, Nishijima M, Fukasawa Y. 1999. Estimation of preservative concentrations in food and their daily intake based on official inspection results in Japan in fiscal year 1996. *Food Hyg Saf Sci* 40: 246-258.
22. Tsuji S, Yomota C, Shibata T, Isshiki K, Kamikura M, Nishijima M, Hayashi H, Fukasawa Y, Kuroda H, Goto M, Sakage Y, Sasaki K, Ouchi K, Mishima Y, Oshiro Z, Moriguchi H, Uchiyama H, Shiro T, Ito Y. 1995. Daily intake of naturally occurring chemically synthesized food additives in Japan. *Food Hyg Saf Sci* 36: 428-441.
23. Pennington JA, Capar SG, Parfitt CH, Edwards CW. 1996. History of the Food and Drug Administration's total diet study (Part II). *Journal AOAC International* 79: 163-170.
24. van Dokkum W, de Vos RH, Muys T, Westra JA. 1989. Minerals and trace elements in total diets in the Netherlands. *Br J Nutr* 61: 7-15.
25. Vaessen HA, Schothorst RC. 1999. The oral nitrate and nitrite intake in the Netherlands: evaluation of the results obtained by HPLC analysis of duplicate 24-hour diet samples collected in 1994. *Food Addit Contam* 16: 181-188.
26. Rojo Camargo MC, Toledo MCF, Farah HG. 1999. Caffeine daily intake from dietary sources in Brazil. *Food Addit Contam* 16: 79-87.
27. Massey RC. 1997. Estimation of daily intake of food preservatives. *Food Chem* 60: 177-185.
28. Verger P, Chambolle M, Babayou P, Le Breton S, Volatier JL. 1998. Estimation of the distribution of the maximum theoretical intake for ten additives in France. *Food Addit Contam* 15: 759-766.
29. Gartrell MJ, Craun JC, Podrebarac DS, Gunderson EL. 1986. Pesticides, selected elements, and other chemicals in adult total diet samples, October 1980-March 1982. *J Assoc Off Anal Chem* 69: 146-159.
30. Becker W, Kumpulainen J. 1991. Content of essential and toxic mineral elements in Swedish market-basket diets in 1987. *Br J Nutr* 66: 151-160.
31. Yoon HJ, Cho YH, Park J, Lee CH, Park SK, Cho YJ, Han KW, Lee JO, Lee CW. 2001. Assessment of estimated daily intakes of sorbates, benzoates, and esters of *p*-hydroxybenzoic acid for average consumers in Korea. *J Fd Hyg Safety* 16: 53-60.
32. Hong KP, Roh IW, Kang YS, Jung DC, Park SR, Yoon JH, Bae DH. 2007. Monitoring and risk assessment of ethyl carbamate in Korean major foods. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 50: 29-35.
33. 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.
34. 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.
35. Lee CH, Park SK, Kwon WJ, Yoon HJ, Chang YM, Lee JO, Lee CW. 2002. Assessment of estimated daily intakes for preservatives from survey data. *J Fd Hyg Safety* 17: 166-172.
36. Kim HY, Yoon HJ, Hong KH, Choi DJ, Park SK, Choi WJ, Jang YM, Lee DS, Ha SC, Song OJ, Moon DC, Shin IS. 2006. A study on intake of aspartame and sucralose in food. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 690-697.
37. Choi S, Choi HK, Song H, Oh CH, Park J. 2002. A health risk assessment of tributyltin compounds in fishes and shellfishes in Korea. *J Fd Hyg Safety* 17: 137-145.
38. Gibney MJ, van der Voet H. 2003. Introduction to the Monte Carlo project and the approach to the validation of probabilistic models of dietary exposure to selected food chemicals. *Food Additives Contam* 20: S1-S7.
39. Mato Y, Suzuki N, Katatani N, Kadokami K, Nakano T, Nakayama S, Sekii H, Komoto S, Miyake S, Morita M. 2007. Human intake of PCDDs, PCDFs, and dioxin like PCBs in Japan, 2001 and 2002. *Chemosphere* 67: S247-S255.
40. Murakami T, Takakura K, Yamano T. 2010. Evaluation of the probabilistic distribution of dietary biotin intake in Japan using Monte Carlo simulation. *J Nutr Sci Vitaminol* 56: 449-454.
41. Jang M, Moon H, Kim T, Yuk D, Kim J, Park S. 2010. Dietary risk assessment for pesticide residues of vegetables in Seoul, Korea. *Korean J Nutr* 43: 404-412.
42. WHO. 2009. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. Chapter 6. Dietary exposure assessment of chemicals in food. Environmental Health Criteria, 240. A Joint publication of FAO and WHO. Geneva, Switzerland.
43. Kim SD, Moon HK, Park JS, Lee YC, Shin GY, Jo HB, Kim BS, Kim JH, Chae YZ. 2013. Macromineral intake in non-alcoholic beverages for children and adolescents: Using the Fourth Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV, 2007-2009). *Korean J Nutr* 46: 50-60.
44. WHO. 2002. Evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Technical Report Series, 909. Fifty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). World Health Organization, Geneva, Switzerland.
45. WHO. 1991. Evaluation of certain food additives and contaminants. WHO Technical Report Series, 806. Thirty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). World Health Organization, Geneva, Switzerland.
46. WHO. 1981. Evaluation of certain food additives. WHO Technical Report Series, 669. Twenty-fifth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). World Health Organization, Geneva, Switzerland.
47. Statistics Korea, KOSIS (Korea Statistical Information Service). Available from [http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList\\_01List.jsp?vwcd=MT\\_ZTITLE&parmTabId=M\\_01\\_01](http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01). Accessed Aug 9, 2009.
48. Choi SH, Lee MS, Park EY, Won J, Kim SH, Park SK, Lim HS. 2011. Assessment of estimated daily intake of sweeteners in the Korean population. *Korean J Food Sci Technol* 43: 387-395.
49. 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.
50. American Dietetic Association. 2004. Position of the Amer-

- ican Dietetic Association: use of nutritive and nonnutritive sweeteners. *J Am Diet Assoc* 104: 255-275.
51. Lee MG, Lee SR. 1997. Reduction factors and risk assessment of organophosphorus pesticides in Korean foods. *Korean J Food Sci Technol* 29: 240-248.
52. Davis MM, Gance-Cleveland B, Hassink S, Johnson R, Pardis G, Resnicow K. 2007. Recommendations for prevention of childhood obesity. *Pediatrics* 120: S229-S253.