

## 한국인의 유해물질 식이 노출량 평가를 위한 대표식품 선정과 mapping

고은미 · 신혜형 · 연미영 · 남은정 · 이윤나 · 김도희 · 이지연 · 김미혜<sup>1</sup> · 박성국<sup>1</sup> · 최 훈<sup>1</sup> · 김초일\*  
한국보건산업진흥원 영양정책지원팀, <sup>1</sup>식품의약품안전평가원 오염물질과

### Selection of Representative Foods and ‘Best-fit’ Mapping of Other Foods for Estimation of a Comprehensive Exposure to Food Contaminants in a Korean Total Diet Study

Eunmi Koh, Hyehyung Shin, Miyong Yon, Eunjeong Nam, Yoonna Lee, Dohee Kim, Jeeyeon Lee, Meehye Kim<sup>1</sup>, Sung-kug Park<sup>1</sup>, Hoon Choi<sup>1</sup>, and Cho-il Kim\*

Nutrition Policy & Promotion Team, Korea Health Industry Development Institute

<sup>1</sup>Food Contaminants Division, Food Safety Evaluation Department, National Institute of Food & Drug Safety Evaluation

**Abstract** A food list representing the typical diet of Koreans was developed for a total diet study based on the 687 food items which appeared in the dietary intake data collected during the 2008 & 2009 Korea National Health & Nutrition Examination Survey. Food items included in 90% of the cumulative intake, items with a consumption frequency of 5% or higher and items contributing to 80% of cumulative fat intake were considered first. From the resulting 165 food items, 15 items were removed to avoid similar foods, while 10 distinct items were added to increase the efficiency of 'best-fit' mapping. Consequently, 160 items were selected as representative foods, which cover 90.93% of intake amount, 91.36% of energy intake and 89.05% of fat intake. Given that every food consumed by Koreans can't be analyzed for contaminants of interest, mapping other foods to the previously mentioned representative 160 foods is warranted because it enables a more comprehensive dietary exposure assessment that is close to reality.

**Keywords:** food list, food contaminants, dietary exposure assessment, mapping

## 서 론

우리 국민의 식생활 양상 변화와 수입식품의 증가 외에도 산업 발전에 의한 환경오염 증가, 세계적인 온난화로 인한 생태계 변화 및 최근 일본의 원전 사고 등으로 인해 보다 과학적이며 효율적인 식품안전 관리체계의 마련과 시행의 필요성이 최우선적으로 부각되고 있다(1-3). WHO는 사람들이 식이로부터 유해물질에 안전하지 않은 수준까지 노출되지는 않았다는 것을 확인해 줄 수 있는 비용대비 가장 효과적인 방법 중의 하나로 총 식이조사(total diet study, TDS)를 권고하고 있다(4). TDS는 섭취 직전 단계(table-ready)의 식품에 대한 유해물질 함량 분석을 통해 국민의 유해물질 섭취량을 추정하는 가장 실제에 가까운 노출량 평가 방법이다(5). 국제적으로도 국민의 건강을 보호하는 데 식품안전 관리체계의 운영이 필수적이며, 이를 위해 TDS와 위해도 평가가 반드시 필요하다는 점을 인식하고, 점점 더 많은 국가에서 TDS를 확대하거나 시작하고 있다(5). 우리나라 식품의약품안전청에서도 2000년부터 TDS를 실시하여 식품으로부터 기인된 중금속,

잔류농약, 아플라톡신의 섭취량과 그 위해여부를 지속적으로 평가함으로써 이들이 국민건강에 미치는 영향을 파악하고자 노력하고 있다(6-14).

TDS는 식품섭취량 또는 식품수급표 자료 등을 이용하여 대표식품을 선정하고 수집, 준비 및 조리 과정을 거친 식품의 분석결과에 식품섭취량을 곱하여 총 노출량을 산출하는 방법이다(4). 식품수급표 자료는 식품의 공급량에 따른 이용가능성을 의미하는 것이지 실제 국민에 의해 섭취되는 식품의 양을 반영하지는 못하기 때문에 전 세계적으로 식품섭취량 자료가 많이 이용되고 있다. 우리나라 TDS에서는 국가단위 조사인 국민건강영양조사의 식품섭취량 자료를 활용하여 식품별 섭취량 누적비율, 다빈도 식품, 에너지 공급 누적비율, 분석되는 오염물질의 함량이 높은 것으로 알려진 식품 등을 고려하여 대표식품을 선별하였다(6-17). 그러나 실시년도에 따라 대표식품 선정기준에 차이가 있으며, 이로 인해 식품의 종류와 개수도 조금씩 달랐다(Table 1). 뿐만 아니라 기존 TDS에 이용된 국민건강영양조사 섭취량 자료는 2007년 이전의 자료로서 현재의 국민건강영양조사와 달리 계절에 집중적으로 조사가 실시되었기 때문에 우리 국민의 일상적인 식생활에 대한 대표성이 부족하다는 한계가 있다. 그리고 일반적으로 매년 국민건강영양조사에 등장한 식품은 총 500-600개지만 실제로 TDS에서 선정·분석된 대표식품의 수는 110여개에 불과하였다(Table 1). 결과적으로 나머지 400여개 식품으로부터의 유해물질 섭취량은 총 섭취량에 포함되지 않았기 때문에 노출량이 실제보다 낮게 평가되었을 가능성을 배제할 수 없다.

이러한 문제점을 보완하기 위해 호주에서는 식품섭취량 자료

\*Corresponding author: Cho-il Kim, Department of Food & Nutrition Industry, Korea Health Industry Development Institute, Cheongwon, Chungbuk 363-700, Korea  
Tel: 82-43-713-8611  
Fax: 82-43-713-8907  
E-mail: kimci@khidi.or.kr  
Received September 21, 2011; revised October 23, 2011;  
accepted October 23, 2011

**Table 1. Summary of total diet study completed in Korea since 2001**

Year	Food intake data	Food items	Selected foods	Criteria for selection of food list			
				Accumulated intake	Energy supply	Frequency	Others
2001	1998 National Health and Nutrition Survey	- <sup>1)</sup>	116	80%	-	≥1.0%	seasonal foods, age-specific foods
2002	1998 National Health and Nutrition Survey 1999 Seasonal Nutrition Survey	496	metals: 80 pesticide: 84	92.6% 92.7%	91.3% 91.3%	≥2)	seasonal foods, age-specific foods, high heavy metal/pesticide foods
2003	2001 National Health and Nutrition Survey 2002 Seasonal Nutrition Survey	548	108	90.3%	89.4%	≥2)	seasonal foods, age-specific foods, high heavy metal/pesticide foods
2004	2001 National Health and Nutrition Survey 2002 Seasonal Nutrition Survey	591	metals: 101 pesticide: 107 aflatoxin: 33	85.6% 85.2% 37.0%	84.9% 83.3% 55.8%	≥10%	seasonal foods, age-specific foods, high heavy metal/pesticide/ aflatoxin foods
2005	2001 National Health and Nutrition Survey 2002 Seasonal Nutrition Survey	591	metals: 101 aflatoxin: 33	80.0%	70.0%	≥10%	seasonal foods, age-specific foods, high heavy metal/aflatoxin foods
2006	2001 National Health and Nutrition Survey 2002 Seasonal Nutrition Survey	591	metals: 101 aflatoxin: 33	85.6% 37.0%	84.9% 55.8%	≥10%	seasonal foods, age-specific foods, high heavy metal/aflatoxin foods
2007	2005 National Health and Nutrition Survey 2005 Seasonal Nutrition Survey	553	metals: 113	86.4%	89.3%	≥10%	seasonal foods, age-specific foods, high heavy metal foods
2008	2005 National Health and Nutrition Survey 2005 Seasonal Nutrition Survey	553	metals: 113	86.4%	89.3%	≥10%	seasonal foods, age-specific foods, high heavy metal foods
2009	2007 National Health and Nutrition Survey	557	metals: 114	87.6%	86.7%	≥10%	age-specific foods, regional foods, high heavy metal foods

<sup>1)</sup>There is no description in the report

<sup>2)</sup>Not considered

원인 국민영양조사(Australian National Nutrition Survey)에 등장한 4,500여개 식품 중에서 96종을 분석한 후, 분석되지 않은 식품에 가장 유사한 식품의 오염물질 분석결과를 적용하는 'mapping' 방법과 개인별 섭취량 자료를 이용하여 모든 식품으로부터의 유해물질 총 섭취량을 산출하고 있다(18). WHO/FAO는 식품에 존재하는 화합물에 대한 식이 노출량을 추정할 때 개인별 식품섭취량 데이터와 실제 소비자가 섭취하는 식품 상태의 화합물 함량을 이용하여 노출량을 평가하는 TDS가 실제 섭취량에 가장 근접한 수치를 산출할 수 있다고 하였다(4).

2008년도 국민건강영양조사부터 사계절을 망라하는 섭취량 조사 결과가 산출됨에 따라 우리나라에서도 유해물질 섭취량 결과의 대표성 확보를 위해 가장 중요한 첫 단계인 대표식품 선정방법을 체계적으로 표준화할 필요성이 있으며, 유해물질 섭취량 산출 시 모든 식품으로부터의 총 노출량을 평가하는 방법의 도입을 고려할 단계에 이르렀다. 이에 본 연구에서는, 우리 식생활 특성에 근거하면서도 외국 자료와 비교할 수 있는 형태와 수준의 결과를 산출하기 위해, 한정된 예산으로 일정기간 내에 유해물질에 대한 식이 노출량을 보다 정확하게 추정할 수 있도록 가장 최근의 국민건강영양조사의 식품섭취조사 원시자료(raw data)에 근거한 대표식품 선정방법과 유해물질 총 섭취량 평가를 위한 mapping 방법을 고안하여 제시하였다.

## 연구자료 및 방법

### 대표식품 선정을 위한 국가단위의 식품섭취량 조사자료 분석

우선 기존 TDS의 대표식품 선정방법을 분석하기 위해, 식품의약품안전청의 용역사업으로 수행된 2009년 TDS(14)에서 보고된 대표식품 114개의 중금속 함량 자료와 2007년 7월에서 12월까지 실시된 국민건강영양조사 영양조사부문의 원시자료(19)를 이용하였다. 제 4기 국민건강영양조사 영양부문에서는 표본 가구에 거

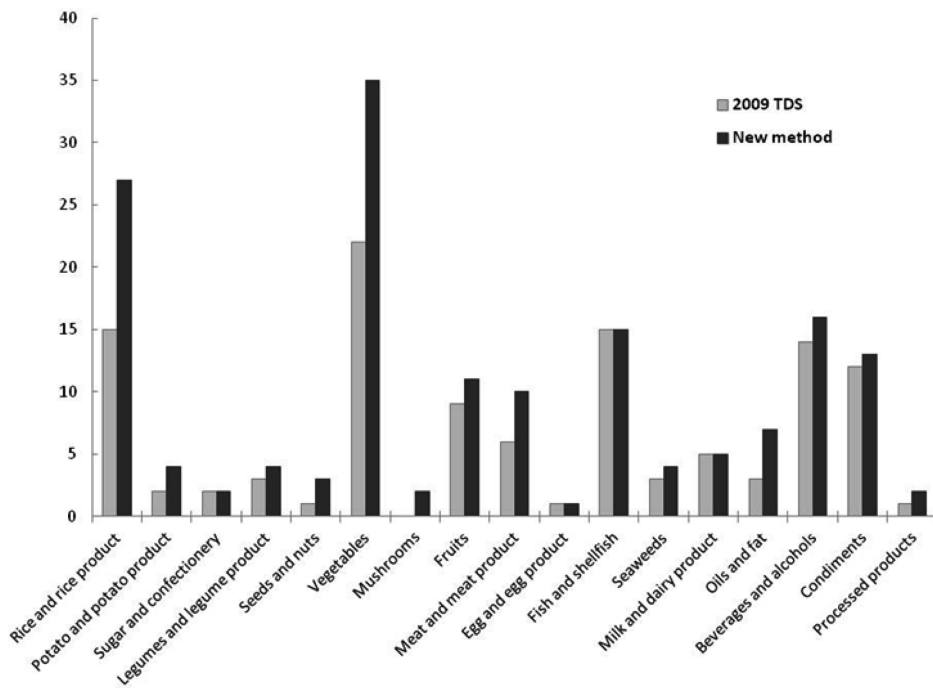
주하는 만 1세 이상의 모든 구성원을 대상으로 하여 24시간 회상법에 의해 1일간의 식품섭취량 조사가 실시되었으며, 본 연구에 활용된 원시자료에 식품섭취량 정보가 있는 대상자는 4,099명이었다(19).

다음으로 우리 국민의 식생활 특성을 반영한 TDS 대표식품을 도출하기 위해, 가장 최근에 실시된 국민건강영양조사 자료 중에서 연중조사 운영체제로 수행된 제4기 국민건강영양조사의 원시자료 중 1월부터 12월까지의 사계절 자료가 있는 2008년과 2009년의 영양조사부문 원시자료를 활용하였다. 국민건강영양조사 영양조사부문에서는 표본 가구에 거주하는 만 1세 이상의 모든 구성원을 대상으로 하여 1일간 식품섭취조사를 실시하였으며, 본 연구에 활용된 원시자료에 식품섭취량 자료가 있는 대상자는 2008년에 8,631명, 2009년에 9,391명이었다. 2개년도 원시자료의 통합은 각 개인별 가중치를 1:1로 고려하여 이루어졌으며 본 연구에 활용된 자료의 대상자 수는 총 18,022명이었다(20,21).

### 대표식품의 선정 절차 및 방법

기존 대표식품 선정방법의 장점과 제한점을 비교분석하기 위해, 가장 최근에 식품의약품안전청 용역과제로 실시된 2009년도 TDS를 채택하였다. 이 연구에서는 국민건강영양조사 제 4기 1차년도인 2007년에 조사된 식품섭취량 자료를 활용하였으며, 여기에 등장한 식품 559종 중 114종이 대표식품으로 선정된 바 있다. 2009년 TDS에서 사용된 것과 동일한 식품섭취량 자료를 사용하되, 보다 차별화된 포괄적인 식품목록을 도출하기 위해 대표식품 선정기준을 다음과 같이 확대·보완하여 결과를 비교하였다. 식품별 섭취량 누적비율 90%까지 확대, 섭취빈도 5% 이상으로 확대 및 추가고려 요인으로 지용성 오염물질을 위해 지방섭취량 누적비율 80%까지에 포함되는 식품을 고려하여 총 161종 식품이 선정되었다.

우리 국민의 최근의 일상적인 식생활을 대표할 수 있는 자료



**Fig. 1. Comparison of number of food items by food group. The 114 food items from the food list in 2009 TDS study and 161 food items selected from 2007 KNHANES (Korea National Health & Nutrition Examination Survey) using new criteria were compared by 17 food groups.**

를 확보하기 위해, 2008년도 국민건강영양조사와 2009년도 국민건강영양조사의 식품섭취량 자료를 통합하여 분석 데이터셋을 구성하였다. 통합된 자료에 등장한 식품은 국민건강영양조사 자료 처리 단계에서 2차 코드로 정리된 식품으로서 총 687종이었다. 이로부터 우리 국민이 많이 섭취하는 식품(다빈도 식품)을 선정하기 위하여 식품별 1인 1일 평균 섭취량을 구하고 섭취량이 높은 것부터 내림차순으로 정리하였다. 우리 국민이 자주 섭취하는 식품(다빈도 식품)의 경우에는 개인이 1일 1회 이상 섭취하였더라도 1인의 섭취라는 점에 근거하여 1번으로 간주하여 687종의 모든 식품에 대해 섭취빈도를 산출하였으며, 이를 총 대상자 18,022명에 대한 비율로 표시해서 빈도가 높은 것부터 내림차순으로 정리하였다. 또한 식품별 1인 1일 평균 지방섭취량을 구하고 섭취량이 높은 것부터 내림차순으로 정렬하였다. 이와 같이 정리된 결과에 대해 위에 기술된 새로운 선정기준을 적용하여 한국형 TDS를 위한 대표식품 목록을 도출하였다.

**통계분석**

모든 통계처리에서는 개인별 가중치가 반영된 데이터 분석을 위해 SAS program(Statistical Analysis System version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하였다.

**결과 및 고찰**

식품으로부터 유래되는 유해물질의 섭취량을 보다 정확하게 평가하기 위해서는 우리 국민의 일반적인 식생활을 반영하는 대표식품의 선택이 무엇보다도 중요하다. 나라마다 위해도 평가의 목적, 활용될 수 있는 자료의 종류, 경제적인 요인 등을 고려하여 대표식품 선정방법을 선택하고 있다. 2009년 TDS(14)에서는 국민건강영양조사 제 4기 1차년도인 2007년 영양조사 자료(19)에 등장한 식품 총 557종에서 식품별 섭취량 누적비율 80%까지 포

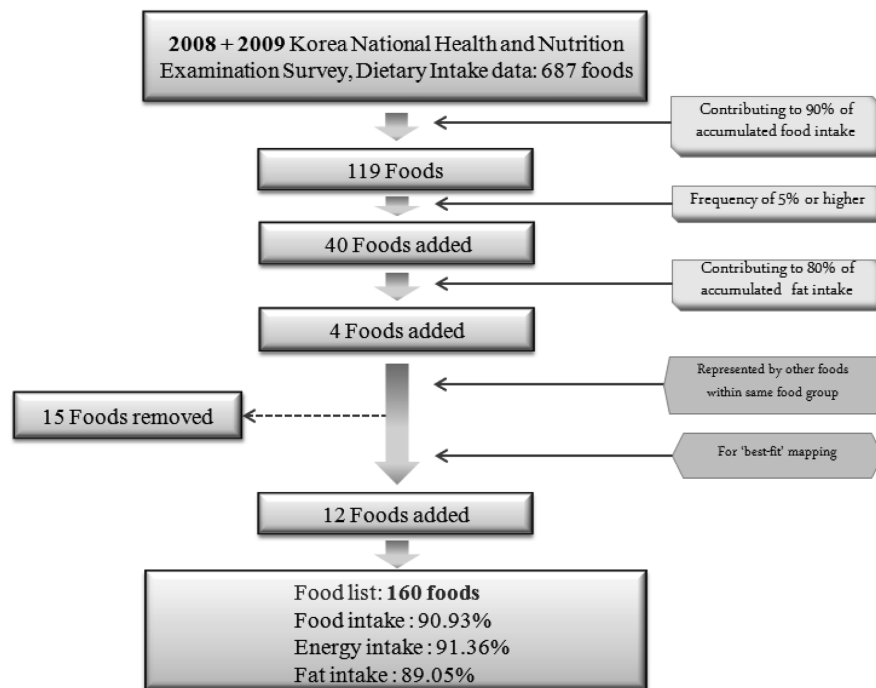
함된 식품 66종을 우선 선택하고, 1일 섭취빈도가 10% 이상인 식품 중에서 식품섭취 누적비율 80%의 66종에 포함되지 않았던 식품 27종을 추가하였다. 그리고 지역별/성별/연령별 식품섭취량을 분석하여 누적비율 70%와 에너지 공급 누적비율 70%에 포함되는 식품을 각각 9종과 1종 추가하였다. 또한 여기에 중금속 함량이 높은 것으로 알려진 식품 11종을 추가로 선정함으로써 중금속 분석대상 식품 114종이 확정된 바 있다(14).

그러나 2007년도 국민건강영양조사의 식품섭취량 자료는 7월부터 12월까지 수집된 것이기 때문에 봄에 주로 섭취되는 계절 식품이 제외되었으며, 이후의 연중 섭취량 자료와 비교 시 대상자 규모가 절반에 불과하다는 제한점이 있다. 2009년 TDS 대표식품(14)의 식품군별 분포를 보면, 채소류가 22종(19%)으로 가장 많았으며, 다음으로 곡류와 어패류가 각각 15종(13%), 음료 및 주류가 14종(12%), 조미료류가 12종(11%)으로 나타났다. 결과적으로 대표식품의 68%가 5개 식품군에 집중되어 있는 반면에 나머지 식품군은 상대적으로 매우 적게 포함되어 있었다. 예를 들면, 견과류, 난류, 가공식품류는 각각 1종의 식품이 포함되어 있었으며, 버섯류는 전혀 포함되지 않았다(Fig. 1).

첫 번째 단계로, 선정된 대표식품이 일부 식품군에 집중되어 있는 한계를 극복하기 위해, 대표식품의 선정기준을 수정·보완하였다. 2009년 TDS (14)에서 이용된 것과 동일하게 2007년 국민건강영양조사의 영양조사부문 자료를 이용하였으며, 우선 식품별 섭취량 누적비율 기준을 80%에서 90%까지로 높여 여기에 포함된 식품 114종을 먼저 선택하고, 1일 섭취빈도 기준을 5%까지 낮추어 여기에 포함되는 식품 중에서 식품섭취량 누적비율 90%까지에 포함되지 않은 식품 42종을 추가하였다. 다음으로 지용성 오염물질을 포괄하는 대표식품을 선정하기 위해서 새롭게 추가된 기준인 지방섭취량에 대한 누적기여비율 80%까지에 포함되는 식품 중에서 위에 기술된 단계에 포함되지 않은 식품 5종을 추가하여 총 161종이 대표식품으로 선정되었다(Table 2).

**Table 2. Comparison of criteria and intake percentage covered between two methods using dietary intake data from 2007 KNHANES**

Category		2009 TDS		New method	
Criteria	Foods consumed more amount	Up to cumulative 80%	66	Up to cumulative 90%	114
	Foods consumed more frequently	≥10%	27	≥5%	42
	Foods contributing to fat intake	- <sup>1)</sup>		Up to cumulative 80%	5
	Seasonal/sex/age foods	9		- <sup>1)</sup>	
	Energy intake	1		- <sup>1)</sup>	
	Foods highly containing heavy metal	11		- <sup>1)</sup>	
Selected Foods <sup>2)</sup>			114		161
Intake percentage (%)	Food intake		88.03		92.55
	Energy intake		86.55		91.91
	Fat intake		77.64		89.66

<sup>1)</sup>Not considered.<sup>2)</sup>The number of foods selected from 559 food items appeared in 2007 KNHANES using two different methods, respectively.**Fig. 2. Flow chart for the selection of 160 food items from 687 foods appeared in 2008-2009 KNHANES.**

도출된 식품목록의 식품군별 변화 양상을 보면, 채소류가 13종으로 가장 많이 증가되었으며 곡류(12종), 육류(5종), 유제품(4종), 감자류, 견과류, 버섯류, 과일류가 각각 2종씩 추가되었다(Fig. 1). 무엇보다도 2009년 TDS의 대표식품에서 제외되었던 버섯류에 표고버섯, 느타리버섯이 새롭게 등장하였다. 즉, 본 연구에서 선정된 대표식품 목록에는 우리 국민이 섭취하는 것으로 조사된 모든 식품군이 포함되어 그 포괄성이 부각된다. 2009년 TDS에서는 중금속 함량이 높을 것으로 추정되는 식품 11종으로 미역, 명태/동태, 갈치, 조기, 게, 참치통조림, 바지락조개, 장어, 낙지, 콩치, 넙치/광어가 별도로 추가되었다. 그러나 본 연구에서 고안된 대표식품 목록은 특정 오염물질의 식이노출량 평가를 위한 것이 아니라 모든 유해물질의 식이 노출량을 평가하기 위한 것이므로, 기존 TDS에서처럼 일부 오염물질 함량이 높은 것으로 알려진 식품은 별도로 고려되지 않았다.

그럼에도 불구하고, 새로운 식품목록은 2009년 TDS의 대표식품을 대부분 포함하였다. 2009년 TDS의 대표식품과 비교하여 새

롭게 등장한 식품 50종은 다음과 같다: 메밀국수/생면국수(생것), 빵가루, 우동, 칼국수(생면), 빵, 스낵과자, 잼/팥소 빵, 카스테라, 케이크, 햄버거, 수수, 팔시루떡, 전분, 당면, 순두부, 들깨, 땅콩, 가지, 고사리, 붉은고추, 나박김치, 동치미, 깻잎/콩잎 장아찌, 미나리, 부추, 숙주나물, 쪽갓, 우엉, 토마토주스, 피망, 느타리버섯, 표고버섯, 참외, 포도주스, 소시지, 수입쇠고기, 쇠고기 부산물, 오리고기, 어류젓, 게맛살, 오징어 말린 것, 미역 마른 것, 들기름, 버터, 올리브유, 유채씨기름/채종유, 채소음료, 청주, 마요네즈, 용기라면, 새로운 대표식품 목록에 의한 식품섭취량 누적비율은 92.55%로 기존 2009년 TDS의 88.03%보다 4.52% 높았으며, 에너지 섭취량 누적비율(91.91% vs 86.55%)과 지방 섭취량 기여비율(89.66% vs 77.64%)도 현저하게 높아져 새로운 목록 도출기준의 포괄성이 다시 확인되었다(Table 2).

두 번째 단계로 우리 국민의 최근의 일상 식이에 가장 근접한 식품섭취량 자료로서, 연중 운영된 국민건강영양조사 원시자료 중에서 현재 이용할 수 있는 가장 최근 자료인 2008년과 2009년

국민건강영양조사의 식품섭취량 원시자료(20,21)를 통합하였다(Fig. 2). 통합된 섭취량 자료에 등장한 식품 687종을 식품별 섭취량에 근거하여 내림차순으로 정렬하고, 본 연구 1단계에서 제시한 기준에 따라 식품별 섭취량 누적비율 90%까지에 포함되는 식품 119종을 다소비 식품으로 우선 선택하였다. 여기에 식품섭취 빈도가 5% 이상인 식품 107종에서 상기한 119종에 포함되지 않은 식품 40종을 추가하였다. 또한 지방섭취량에 대한 누적기여비율 80%까지에 포함되는 식품 39종에서 상기한 159종에 포함되지 않은 식품 6종을 추가하였다. 다음으로 유사한 식품의 중복선정을 피하기 위해, 이렇게 선택된 식품 165종을 식품성분표(22)의 분류기준에 따라 식품군별로 분류한 후, 매우 유사한 식품 30종에 대해 각 식품군내에서 다소비 순위와 다빈도 순위를 비교하여 상대적으로 순위가 낮은 식품 15종을 제외시켰다. 또한 각 식품군

에서 대표식품으로 선정되지 않은 식품에 대한 검토를 통해 식품 구성과 성상이 현저히 달라서 mapping이 어려운 식품 중 다소비 순위 400위 이상인 식품 10종을 대표식품 목록에 추가하여 최종적으로 160종이 대표식품으로 선택되었다(Table 3). 2008년과 2009년 국민건강영양조사는 연중조사 운영체제로 실시되어 4개월 식생활이 반영되었기 때문에 계절식품을 별도로 고려할 필요가 없었다.

이와 같은 방법으로 선정된 대표식품을 계절적 제약이 있는 2007년 국민건강영양조사 원시자료로부터 선정된 대표식품 161종과 비교한 결과 제외된 식품은 18종이었다. 여기에서는 두 가지 다른 데이터셋에 기인하는 식품별 순위 차이에 의해 제외된 것도 있지만, 앞서 언급한 중복선정을 피하기 위해 제외된 식품도 있다. 예를 들면, 2007년 자료를 이용하여 선정된 대표식품

**Table 3. Food items (160) selected from 2008-2009 KNHANES**

Food group	Food name	By intake amount <sup>1)</sup>	By intake frequency <sup>2)</sup>	By contribution to fat intake <sup>3)</sup>	For 'best-fit' mapping <sup>4)</sup>
01	Buckwheat noodle, Wet form	Y			
01	<i>Muk</i> , Starch jelly	Y			
01	Wheat flour	Y	Y		
01	Bread crumbs		Y		
01	Wheat noodle, Dry form	Y			
01	Ramyeon	Y	Y	Y	
01	Udong	Y			
01	<i>Jajangmyeon</i> , Instant			Y	
01	Wheat Noodles, Wet form	Y			
01	Breads and cookies			Y	
01	Breads and cookies, Biscuits	Y	Y	Y	
01	Breads and cookies, Snacks	Y		Y	
01	Breads, jam or small red bean	Y			
01	Loaf bread	Y	Y	Y	
01	Cakes	Y		Y	
01	Hamburger			Y	
01	Barley	Y	Y		
01	Sorghum		Y		
01	Steamed rice cake with red bean	Y			
01	Brown rice	Y	Y		
01	Well polished rice	Y	Y	Y	
01	Glutinous rice	Y	Y		
01	Rice cakes, <i>Garaetteok</i>	Y	Y		
01	Corn	Y			
01	Millet		Y		
02	Potato	Y	Y		
02	Sweet potato	Y	Y		
02	Starch		Y		
02	Sweet potato starch vermicelli		Y		
03	Starch syrup		Y		
03	Sugar	Y	Y		
04	Soybeans	Y	Y	Y	
04	Tofu, Soybean curd	Y	Y	Y	
04	Soybean curd, Unpressed	Y			
04	Soybean milk	Y		Y	
05	Perilla seed		Y		
05	Peanuts			Y	
05	Chestnuts				Y
05	Sesame seeds		Y	Y	

Table 3. Continued

Food group	Food name	By intake amount <sup>1)</sup>	By intake frequency <sup>2)</sup>	By contribution to fat intake <sup>3)</sup>	For 'best-fit' mapping <sup>4)</sup>
06	Eggplant	Y			
06	Bracken	Y	Y		
06	Green young pepper	Y	Y		
06	Kimchi, Diced radish roots	Y	Y		
06	Kimchi, Watery Kimchi	Y			
06	Kimchi, Watery radish kimchi	Y			
06	Kimchi, Chinese cabbage	Y	Y	Y	
06	Kimchi, Young leafy radish	Y	Y		
06	Kimchi, Small radish	Y	Y		
06	Perilla leaves		Y		
06	Carrot	Y	Y		
06	Garlic	Y	Y		
06	Radish leaves	Y	Y		
06	Radish root	Y	Y		
06	Danmuji, salted radish in rice bran	Y	Y		
06	Water dropwort		Y		
06	Cabbage	Y	Y		
06	Chinese cabbage	Y	Y		
06	Chinese chive	Y	Y		
06	Lettuce	Y	Y		
06	Ginger		Y		
06	Mungbean sprout	Y	Y		
06	Spinach	Y	Y		
06	Crown daisy		Y		
06	Onion	Y	Y		
06	Cucumber	Y	Y		
06	Kimchi, Cucumber	Y			
06	Burdock		Y		
06	Soybean sprout	Y	Y		
06	Tomato	Y	Y		
06	Tomato, Juice	Y			
06	Welsh onion	Y	Y		
06	Sweet pepper		Y		
06	Squash or pumpkin	Y	Y		
07	Oyster mushroom		Y		
07	Button mushroom				Y
07	Oak mushroom		Y		
08	Persimmon, Hard	Y	Y		
08	Citrus fruit, Mandarin	Y	Y		
08	Strawberry	Y			
08	Strawberry, Jam				Y
08	Banana	Y			
08	Pear	Y	Y		
08	Peach	Y			
08	Apple	Y	Y		
08	Watermelon	Y	Y		
08	Orange	Y			
08	Orange juice	Y			
08	Oriental melon	Y			
08	Grape	Y	Y		
08	Grape juice	Y			
09	Chicken	Y	Y	Y	
09	Pork	Y	Y	Y	

Table 3. Continued

Food group	Food name	By intake amount <sup>1)</sup>	By intake frequency <sup>2)</sup>	By contribution to fat intake <sup>3)</sup>	For 'best-fit' mapping <sup>4)</sup>
09	Pork, Belly	Y	Y	Y	
09	Pork, Edible viscera			Y	
09	Pork, Ham	Y	Y		
09	Sausage			Y	
09	Beef, Korean beef meat	Y	Y	Y	
09	Beef, Imported beef meat	Y	Y	Y	
09	Beef, Edible viscera	Y		Y	
09	Beef, Beef feet, Soup	Y			
09	Duck	Y		Y	
10	Egg	Y	Y	Y	
11	Hair tail				Y
11	Mackerel	Y	Y	Y	
11	Fish roe, Salt-fermented				Y
11	Halibut				Y
11	Jeot, Salt-fermented fish		Y		
11	Tuna, Canned in oil	Y	Y	Y	
11	Anchovy, Dried	Y	Y	Y	
11	Alaska pollack	Y			
11	Eel				Y
11	Yellow croaker	Y			
11	Fish paste	Y	Y		
11	Whelk, Canned				Y
11	Seafood, Salt-fermented		Y		
11	Little neck clam		Y		
11	Shrimp				Y
11	Squid	Y	Y		
12	Laver		Y		
12	Sea tangle		Y		
12	Sea mustard		Y		
13	Milk	Y	Y	Y	
13	Sherbet	Y			
13	Ice cream	Y		Y	
13	Yoghurt, Liquid type	Y			
13	Yoghurt, Curd type	Y			
14	Perilla seed oil		Y		
14	Butter		Y		
14	Sesame oil		Y	Y	
14	Coffee creamer		Y	Y	
14	Soybean oil	Y	Y	Y	
14	Grape seed oil		Y	Y	
15	Vegetable beverages	Y			
15	Fruit juice	Y			
15	Rice beverages	Y			
15	Cider	Y			
15	Coke	Y	Y		
15	<i>Takju</i> , Korean rice alcohol	Y			
15	Beer	Y	Y		
15	<i>Soju</i> , Distilled liquor	Y	Y		
15	Sake		Y		
15	Green tea, Dried, Infusion	Y			
15	Coffee, Powder, Instant		Y		
15	Coffee, Instant coffee solution	Y			
15	Coffee, Canned	Y			

Table 3. Continued

Food group	Food name	By intake amount <sup>1)</sup>	By intake frequency <sup>2)</sup>	By contribution to fat intake <sup>3)</sup>	For 'best-fit' mapping <sup>4)</sup>
15	Cocoa powder				Y
15	Coffee mix with sugar and cream	Y	Y	Y	
16	Soy sauce	Y	Y		
16	Red pepper powder	Y	Y		
16	<i>Gochujang</i> , Fermented red pepper paste	Y	Y		
16	<i>Doenjang</i> , Soybean paste	Y	Y	Y	
16	Mayonnaise		Y	Y	
16	Seasoning powder		Y		
16	Salt	Y	Y		
16	Vinegar		Y		
16	Mixed soybean paste with red pepper paste	Y	Y		
16	Pepper powder		Y		
17	<i>Mandu</i> , Dumpling	Y			
17	Curry, Sauce	Y			
17	Ramyeon, Instant cup	Y		Y	

<sup>1)</sup>Mean daily intake per capita was sorted in descending order, and 119 food items covering over 90% of accumulated food intake were selected

<sup>2)</sup>Consumption frequency was sorted in descending order, and 107 food items amounting for a frequency of 5% or higher were considered.

<sup>3)</sup>Contribution to total fat intake was listed in descending order, and 39 food items within 80% of cumulative fat intake were considered.

<sup>4)</sup>10 food items were added to increase the efficiency of 'best-fit' mapping process.

목록에 포함되었던 깨소금과 흰깨, 백미와 밥, 국수(생면)와 칼국수(생면)의 경우에는 그 재료와 성상 등이 매우 유사하여 관련 유해물질도 비슷할 것이므로 다른 필요한 식품의 포함을 위해 다 소비와 다빈도 순위가 높은 1개 식품(흰깨, 백미, 국수생면)만을 포함시켰다. 2008년과 2009년의 통합된 자료에서 선정된 대표식품 목록에 새롭게 추가된 식품 17종은 다음과 같다(Table 3).

대표식품으로 선정된 식품들을 식품성분표의 분류 기준에 따라 17개 군으로 분류하여 비교해 본 결과, 채소류가 34종(22%)으로 가장 많았으며 곡류(25종), 음료류(14종), 과일류(13종), 육류(11종), 어패류와 조미료류가 각각 10종이었다. 다른 식품군에도 식품이 골고루 분포되었다. 1단계에서 2007년 국민건강영양조사 원시자료에 근거하여 선정된 161종 식품과 비교 시 식품 수가 가장 많이 증가된 식품군은 과일류(3종)이었으며, 많이 감소된 식품군은 조미료류(3종)와 곡류(2종)였다. 본 연구에서 분석대상으로 최종 선정된 160종의 식품목록은 식품섭취량의 90.93%, 에너지 섭취량의 91.36%, 지방섭취량의 89.05%를 포괄하는 것으로 나타났다.

지금까지 우리나라 TDS에서는 대표식품을 선정하고, 이들 식품으로부터만 기인된 오염물질의 섭취량을 산출하였기 때문에 총 노출량이 과소평가 되었을 수 있다. 보다 정확한 노출량을 산출하기 위해서는 모든 식품으로부터의 유해물질 섭취량이 합산되어 유해물질별 총 섭취량이 산출되어야 할 것이다. 그럼에도 불구하고 현실적으로 한정된 예산과 연구기간이라는 제약 때문에 우리 국민이 섭취하는 모든 식품을 분석하기는 매우 어려운 실정이다. 2008년에 발표된 호주 TDS 보고서(18)를 보면, 섭취량 자료로 사용된 1995년 호주 국민영양조사에서 4,500종 식품이 등장하였지만 실제로 관심물질의 함량이 분석된 식품은 96종에 불과하였다. 그러나 분석되지 못한 식품의 관심물질 함량으로 가장 유사한 식품의 관심물질 분석결과를 적용하는 방법인 'best-fit' data mapping을 이용하여 모든 식품으로부터의 화합물별 총 섭취량을 추정하였다(18).

따라서 우리나라의 기존 TDS에서 오염물질 섭취량이 과소평가되었던 점을 보완하기 위해 본 연구에서는 우리나라 최초로

'best fit' data mapping을 시도하였다. 그 결과로 대표식품으로 선정된 식품의 분석결과를 분석되지 않은 식품에 적용하는 mapping(Table 4) 과정에서 고려되어야 하는 세부 사항을 다음과 같이 정리할 수 있었다.

첫 번째, mapping의 근거가 되는 대표식품이 매우 신중하게 선정되어야 한다. 각 식품군에서 1개 이상의 식품이 대표식품으로 선정되어야만 최소한의 유사성을 확보한 mapping이 가능하고, 지용성인 환경호르몬과 농약 등의 유해물질을 위해 식품의 지방함량까지 고려하여 대표식품을 선정해야 한다. 본 연구의 대표식품 선정과정에서는 가능한 한 다양한 종류의 식품을 포함시키기 위해 다소비와 다빈도 식품으로 1차 선별된 식품 중에서 매우 유사한 식품들 중 1개만 선택하였으며, 돼지고기와 구성성분이 크게 다른 돼지고기 부산물을 별도로 추가하였다. 중금속의 경우 어류, 버섯류, 해조류, 연체류, 갑각류 등에서 높은 함량이 보고 되었으므로(23), 중금속이 관심물질인 경우에는 어류의 서식 환경에 따라 유해물질에 대한 노출뿐만 아니라 체내축적률이 달라질 수 있다는 점에 근거하여 어류의 서식환경이나 생태학적 분류기준도 고려하여 대표식품이 선정되어야만 한다. 따라서 어패류의 대표식품 선정에는 담수어류와 해수어류의 구분뿐만 아니라 해저면에서의 서식여부 등까지 고려하여 식품을 선정하였다. 한편, 분석대상인 유해물질에 따라 대표식품 선정 시 특정 식품이 고려될 수 있다. 예를 들어, 생선 부산물과 육류 부산물에는 중금속이 더 높게 함유되어 있는 것으로 알려져 있기 때문에 기본 목록에 포함되어 있는지 확인하고, 제외되었다면 추가선택을 신중히 고려해 보아야 할 것이다.

두 번째, 동일한 식품재료이지만 성상이 다른 식품은 수분함량에 근거한 환산계수를 이용하여 분석결과를 적용한다. 예를 들어, 황태와 코다리(명태)로 mapping 되었지만(Table 4), 명태의 유해물질 분석결과를 2가지 식품에 적용하는 경우에는 수분함량 차이(명태 80.3%, 코다리 75.1%, 황태 10.6%)를 고려하여 환산하는 방법이 있다.

세 번째, 분석대상인 유해물질에 관한 기존 모니터링 자료에 대한 통계적 군집분석을 통해 도출된 cluster를 참고하여, 분석되



**Table 4. Food mapping (example)**

Food code	Food name <sup>1)</sup>	Mapped to <sup>2)</sup>
1007	Buckwheat noodle, Wet form	Chinese noodle, Wet form
1052	Biscuit, Military type	Breads and cookies, Biscuits
2040	Sweet potato starch vermicelli, Boiled	Sweet potato starch vermicelli, Dried
4004	Mungbeans	Soybeans
4024	Soybean powder	Soybeans
5059	Black sesame	White sesame
6038	Red pepper, Leaves	Perilla, Leaves
6055	Leaf beet (Chard)	Spinach
6262	Ssamchu	Chinese cabbage
7038	Winter fungus, Flamm velutipes	Oyster mushroom
8003	Persimmon, Soft	Persimmon, Hard
8007	Persimmon, Dried	Persimmon, Hard
8048	Mango	Peach
8057	Melon	Watermelon
8160	Raisin	Grape
10015	Quail's egg	Egg
11119	Black sea bream	Bastard halibut
11135	Blanquillo	Bastard halibut
11172	Alaska pollack, Dried	Alaska pollack
11175	Alaska pollack, Semi-dried	Alaska pollack
11196	Yellow croaker	Bastard halibut
11461	Hen clam	Little neck clam
11498	Orient hard clam	Little neck clam
11516	Turban shell	Whelk, Canned
11551	Hard-shelled mussel	Little neck clam
14018	Rape seed oil	Perilla seed oil
15062	<i>Gyeolmyeongja tea</i> , Seeds	Green tea, Dried, Infusion
16027	Mirim	Sake
16060	<i>Cheonggukjang</i> , Fermented soybean	<i>Doenjang</i> , Soybean paste

<sup>1)</sup>Food items that are not included in the representative food list selected in this study.

<sup>2)</sup>Food items in the representative food list are mapped in order to substitute for contaminant levels when estimating total dietary exposure to contaminants.

지 않은 식품의 mapping 근거 식품을 가능한 한 같은 cluster 내의 분석물질 함량이 유사한 식품으로 고려해야 한다.

네 번째, 조리 및 가공 과정에서 유해물질의 함량이 변화되는 것으로 보고되어 있으므로(24,25), 대표성이 확보된 섭취량 자료로부터 각 식품이 재료로 사용된 음식명에 근거하여 식품별로 대표 조리법이 선정되어야만 조리법에 따른 유해물질의 함량 변화가 실제에 가깝게 반영될 수 있다.

이와 같은 mapping 과정의 원칙과 고려사항 및 대표식품의 선정, 개인별 섭취량 자료 등을 이용하여 유해물질에 대한 총 노출량과 그 분포를 도출하게 되면, 개인별 유해물질의 총 섭취량뿐만 아니라 우리 국민의 유해물질별 총 섭취량의 분포까지 도출할 수 있게 됨으로써 우리 국민의 노출수준별 안전관리도 가능하게 될 것이다. 이러한 방법으로 산출되는 결과는 다른 나라의 유해물질 노출량 자료와도 비교 가능할 뿐만 아니라 가장 실제에 가까운 노출량으로 평가될 수 있을 것이다.

## 요 약

한국형 TDS에 필요한 차별화된 포괄적인 식품목록을 도출하기 위해, 가장 최근에 실시된 2009년 TDS에서 사용된 것과 동일한 식품섭취량 자료를 사용하여 대표식품 선정기준을 확대·

보완하고 그 결과를 비교하였다. 식품별 섭취량 누적비율 90%까지 확대, 섭취빈도 5% 이상으로 확대 및 추가 고려요인으로 지용성 오염물질을 위한 지방섭취량 누적비율 80%까지에 포함되는 식품을 고려하여 총 161종의 식품이 선정되었다. 도출된 대표 식품 목록은 우리 국민이 2007년에 섭취한 것으로 조사된 모든 식품군을 포함하고 있어 그 포괄성이 입증되었다. 다음 단계로, 한국인의 일상적인 식이를 대표할 수 있는 식품섭취량 자료를 확보하기 위해, 총 18,022명을 대상으로 실시된 2008년도와 2009년도 국민건강영양조사의 식품섭취량 자료를 통합하고 여기에 등장한 687종 식품을 이용하여, 상기 기술된 선정기준에 따라 165종 식품을 선정하여 기본목록을 작성하였다. 이들을 식품군별로 분류한 후 유사식품의 중복선정을 피하기 위해 매우 유사한 식품 30종에 대해 각 식품군 내에서 다소비 순위와 다빈도 순위를 비교하여 상대적으로 순위가 낮은 식품 15종을 제외시키고, 각 식품군에서 대표식품으로 선정되지 않은 식품에 대한 검토를 통해 식품 구성과 성상이 현저히 달라서 mapping이 어려운 식품 10종을 추가하여 160종이 대표식품으로 최종 선정되었다. TDS 분석대상으로 최종 선정된 160종의 식품목록은 식품섭취량의 90.93%, 에너지 섭취량의 91.36%, 지방섭취량의 89.05%를 포괄하는 것으로 나타났다. 예산과 연구기간의 제약으로 모든 식품이 분석될 수는 없으므로 분석되지 않은 식품을 가장 유사한 대표

식품의 유해물질 분석결과에 매칭하는 방법인 'best-fit' mapping 과정을 적용한다면 유해물질별 총 섭취량의 산출이 가능하게 될 것이다. 본 연구에서는 우리 국민의 식생활을 반영할 수 있는 대표성 있는 식품섭취량 자료를 확보하여 체계적인 방법으로 대표 식품을 선정하고, mapping을 통해 모든 식품을 포괄할 수 있는 방법을 제시함으로써 유해물질별 총 노출량을 평가할 수 있는 기반을 마련하였다.

## 감사의 글

본 연구는 2011년도 식품의약품안전청 용역연구개발과제의 연구개발비 지원(11162식품안073)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. USFDA/WHO. GEMS/FOOD total diet studies. In: Report of a joint US FDA/WHO International workshop on total diet studies in cooperation with the Pan American Health Organization. World Health Organization, Geneva, Switzerland (1999)
2. WHO. WHO global strategy for food safety: Safer food for better health. World Health Organization, Geneva, Switzerland (2002)
3. WHO. Instructions For Electronic Submission of Data on Chemical Contaminants in Food and the Diet. World Health Organization, Geneva, Switzerland (2003)
4. WHO. Total diet study-recipe for safer food. Available from: [http://www.who.int/entity/foodsafety/chem/TDS\\_recipe\\_2005\\_en.pdf](http://www.who.int/entity/foodsafety/chem/TDS_recipe_2005_en.pdf). Accessed Aug. 02, 2011.
5. WHO/FAO. Consultations and workshops, Dietary exposure assessment of chemicals in food. Report of a Joint FAO/WHO Consultation Annapolis 2-6 May Maryland, USA. World Health Organization, Geneva, Switzerland (2005)
6. Korea Food and Drug Administration/Korea Health Industry Development Institute. Dietary intake and risk assessment of heavy metals in Korean foods. Seoul, Korea, Korea Health Industry Development Institute, Seoul, Korea (2001)
7. Korea Food and Drug Administration/Korea Health Industry Development Institute. Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Seoul, Korea, Korea Health Industry Development Institute, Seoul, Korea (2002)
8. Korea Food and Drug Administration/Korea Health Industry Development Institute. Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Seoul, Korea, Korea Health Industry Development Institute, Seoul, Korea (2003)
9. Korea Food and Drug Administration/Korea Health Industry Development Institute. Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Seoul, Korea, Korea Health Industry Development Institute, Seoul, Korea (2004)
10. Korea Food and Drug Administration/Korea Health Industry Development Institute. Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Seoul, Korea, Korea Health Industry Development Institute, Seoul, Korea (2005)
11. Korea Food and Drug Administration/Korea Health Industry Development Institute. Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Seoul, Korea, Korea Health Industry Development Institute, Seoul, Korea (2006)
12. Korea Food and Drug Administration. Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Korea University, Seoul, Korea (2007)
13. Korea Food and Drug Administration. Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Korea University, Seoul, Korea (2008)
14. Korea Food and Drug Administration. Dietary intake and risk assessment of contaminants in Korean foods. Korea University, Seoul, Korea (2009)
15. Choi Y, Kim J, Lee HS, Hwang IK, Park HK, Oh CH. Selenium content in representative Korean foods. J. Food Compos. Anal. 22: 117-122 (2009)
16. Lee HS, Cho YH, Park SO, Kye SH, Kim BH, Hahm TH, Kim MH, Lee JO. Dietary exposure of Korean population to arsenic, cadmium, lead, and mercury. J. Food Compos. Anal. 19(S1): S31-S37 (2006)
17. Lee HS, Kim BH, Jan YA, Park SO, Oh CH, Kim JY, Kim HY, Chung SY, Sho YS, Suh JH, Lee EJ. Developing food list for risk assessment of contaminants in Korean foods. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 660-670 (2005)
18. Food Standards Australia New Zealand. The 22nd Australian Total Diet Study. Available from: <http://www.foodstandards.gov.au/srcfiles/ATDS.pdf>. Accessed June 10, 2011.
19. Ministry of Health and Welfare/Korea Centers for Disease Control & Prevention. 2007 National Health Statistics - The 4<sup>th</sup> Korea National Health & Nutrition Examination Survey (KNHANES IV). Seoul, Korea (2008)
20. Ministry of Health and Welfare/Korea Centers for Disease Control & Prevention. 2008 National Health Statistics - The 4<sup>th</sup> Korea National Health & Nutrition Examination Survey (KNHANES IV). Seoul, Korea (2009)
21. Ministry of Health and Welfare/Korea Centers for Disease Control & Prevention. 2009 National Health Statistics - The 4<sup>th</sup> Korea National Health & Nutrition Examination Survey (KNHANES IV) Seoul, Korea (2010)
22. National Rural Resources Development Institute. Food Composition Table. 7<sup>th</sup> ed. Rural Development Administration, Suwon, Korea (2007)
23. Korea Food and Drug Administration. Human Risk Assessment of Heavy Metals in Food for Safety Management Systems. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea (2010)
24. Ersoy B, Yanar Y, Kucukgulmez A, Celik M. Effects of four cooking methods on the heavy metal concentrations of sea bass fillets (*Dicentrarchus labrax* Linne, 1785). Food Chem. 99: 748-751 (2006)
25. Perello G, Marti-Cid R, Llobet JM, Domingo JL. Effects of various cooking processes on the concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in foods. J. Agr. Food Chem. 56: 11262-11269 (2008)