

## 식품으로 인한 유해물질 노출평가를 위한 설문지 개발\*

신상아<sup>1</sup> · 최슬기<sup>1,2</sup> · 김혜미<sup>1</sup> · 이경윤<sup>1</sup> · 신상희<sup>1,3</sup>  
이정원<sup>1</sup> · 유수현<sup>1</sup> · 남혜선<sup>4</sup> · 윤혜정<sup>4</sup> · 정효지<sup>1,2§</sup>

서울대학교 보건대학원 보건영양학교실,<sup>1</sup> 서울대학교 보건환경연구소,<sup>2</sup>  
삼성서울병원 영양팀,<sup>3</sup> 식품의약품안전평가원<sup>4</sup>

### Developing a Questionnaire to Assess Exposure to Food-Borne Hazards\*

Shin, Sangah<sup>1</sup> · Choi, Seul Ki<sup>1,2</sup> · Kim, Hyemi<sup>1</sup> · Lee, Kyung Youn<sup>1</sup> · Shin, Sanghee<sup>1,3</sup>  
Lee, Jung Won<sup>1</sup> · Yu, Soo Hyun<sup>1</sup> · Nam, Hye-Soen<sup>4</sup> · Yoon, Hae-Jung<sup>4</sup> · Joung, Hyojee<sup>1,2§</sup>

<sup>1</sup>Department of Public Health Nutrition Graduate School of Public Health, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

<sup>2</sup>Institute of Health and Environment, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

<sup>3</sup>Department of Dietetics, Samsung Medical Center, Seoul 135-710, Korea

<sup>4</sup>National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Seoul 363-954, Korea

#### ABSTRACT

The aim of this study was to develop a reliable dietary questionnaire to assess human exposure to food-borne hazards. Eleven food-borne hazards were chosen as a priority control list through a literature review and advisory committees. The 11 food-borne hazards were phthalate, aflatoxin, bisphenol A, polycyclic aromatic hydrocarbons, dioxin, polychlorinated biphenyls, mercury, lead, cadmium, arsenic, and acrylamide. The characteristics, exposure level, and paths of these hazards were reviewed, and questionnaire items were identified to assess human exposure from the literature. A questionnaire was developed for each selected food based on its characteristics. Based on the items in the individual questionnaires, a comprehensive questionnaire, which contained demographic characteristics, job information, socioeconomic factors, health related lifestyles, and dietary behaviors, was developed. A 99-item food frequency questionnaire (FFQ) to assess food-borne hazard exposure was also developed. The FFQ included frequency of food intake during the previous year, container type for purchasing and storing food, and cooking method. The questionnaire developed in this study could be applied to assess dietary factors during an exposure assessment of food-borne hazards in a large population. A validation study for the questionnaire is needed before applying it to surveys. (*Korean J Nutr* 2011; 44(1): 61 ~ 73)

**KEY WORDS:** human exposure assessment, dietary questionnaire, food borne hazard.

#### 서론

경제발달에 따른 생활수준의 향상으로 국민의 건강에 대한 관심이 높아지면서 식품안전에 대한 관심이 증가하고 있다. 과학기술 및 식품산업의 발달은 현대인의 식생활에 큰 변화를 가져왔고, 사용 가능한 식품의 종류와 양을 다양하게 함으로써 우리의 식생활을 풍요롭게 하였다. 그렇지만

식품환경의 변화는 식품을 통해 노출되는 유해물질에 대한 위험도가 증가하는 부정적인 결과를 초래하였고, 특히 최근 들어 식품의 국제적인 교류가 증가하면서 유해물질의 노출 경로가 더욱 다양해지고 있고, 식품 중의 유해물질은 국민 건강을 위협하는 요인으로 작용하고 있다.<sup>1)</sup>

식품으로 인한 건강문제는 모든 국가가 가지고 있는 건강 문제로서 이로 인한 경제적인 손실이 매우 커지고 있다. Codex에서는 식품매개 유해물질 (food-borne hazard)을 '건강에 부정적인 영향을 줄 가능성이 있는 생물학적, 화학적, 물리적 물질 혹은 상태 (a biological, chemical or physical agent in, or condition of, food, with the potential to cause an adverse health effect)'라고 정의하고 있다.<sup>2)</sup>

접수일: 2010년 9월 13일 / 수정일: 2010년 12월 22일  
채택일: 2011년 1월 12일

\*This research was supported by the grant from the Korea Food and Drug Administration (10162유해영648).

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail: hjjoung@snu.ac.kr

유해물질은 관련 산업 종사자의 경우, 산업장에서의 노출량이 가장 크지만, 일반인의 경우 호흡, 식수 및 식품 섭취로 인한 노출이 가장 큰 요인이다. 수은 노출의 99%,<sup>3)</sup> 구리 노출의 87%,<sup>4)</sup> 다이옥신 노출의 90% 이상<sup>5)</sup>이 식품에 의해 노출이 되고 있다고 보고되었다. 식품 및 음용수에 의한 유해물질 노출은 평생 동안 만성적으로 노출되는 특징이 있고, 또한 이러한 유해물질은 식품의 생산, 가공 및 조리, 유통과정, 포장재 등에 의해 체내로 유입될 수 있다.

식품으로 인한 유해물질 노출은 식품 섭취량뿐만 아니라 조리 과정, 가공 과정, 포장 용기로부터의 이행, 체내 흡수율 등의 복합적인 요인을 고려하여 평가하여야 한다. 그동안 우리나라에서 수행된 식품 유해물질 노출평가는 일부 유해물질에 대해서 부분적으로 이루어졌으나,<sup>6-8)</sup> 타당성이 검증된 식생활 설문지를 이용한 노출 평가 연구는 매우 부족한 실정이다. 또한 기존의 식품을 통한 유해물질 노출 평가는 개인의 유해물질 노출량 파악보다는 국민건강영양조사 등의 국가 통계자료를 이용하여 인구 집단의 평균 노출량을 추정하는데 초점을 맞추고 수행되었다.<sup>9,10)</sup> 이러한 노출량 평가 방법은 집단의 유해물질 노출 수준을 평가할 수 있지만 개인별 섭취량 조사를 통해 유해물질의 노출량을 파악할 수 없으므로, 유해물질 노출 위험 집단을 선별할 수 없다는 한계점을 가지고 있다. 개인별 식품 섭취량 조사를 통한 유해물질 노출 평가의 기존 연구는 주로 24시간 회상법을 이용한 1일 섭취량 평가<sup>11)</sup> 또는 유해물질 노출 기여식품으로 알려진 제한된 식품섭취빈도 조사<sup>8)</sup>를 이용하여 평가하였으나, 통합적인 유해물질 노출 평가는 이루어지지 못하였다.

식품으로 인한 유해물질은 만성적으로 노출되는 경우가 많기 때문에 평소 섭취량 (usual intake)을 조사하는 것이 필요하다. 식품 섭취는 매일 섭취하는 음식의 종류와 양이 다르기 때문에 일간 변동 (daily variation)이 매우 크다. 따라서 24시간 회상법이나 식사기록법으로 평소 섭취량을 조사하기 위해서는 여러 날 반복하여 섭취조사를 실시해야 한다. 여러 날 반복 섭취조사는 개인의 평소 섭취량을 정확하게 조사할 수 있으나, 조사 과정에서 시간, 노력, 비용이 많이 들기 때문에 대규모 역학연구에서 활용하기는 어렵다는 단점이 있다.<sup>2)</sup> 따라서 유해물질 노출평가를 위한 대규모 역학연구에서는 정확도는 낮지만 실행가능성이 높은 식품섭취빈도조사지를 이용하여 정성적인 평가를 실시할 수 있다. 식품별로 유해물질 노출에 기여하는 정도를 반영한 과학적이고 설명력이 높은 식품섭취빈도조사지를 개발한다면, 앞으로 유해물질 노출량을 파악하는 연구에서 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 그렇지만 우리나라에서는 상용 식품의 유해물질 함량 데이터베이스가 구축되어 있지 않기

때문에 식사조사를 통한 유해물질 함량을 정확하게 분석하기 어려운 실정이다. 따라서 정확도는 낮지만 섭취수준의 순위를 비교할 수 있는 식생활 조사지를 개발하여 활용할 수 있을 것이다.

이에 본 연구의 목적은 유해물질 인체 노출 요인의 가장 큰 부분을 차지하는 식생활에 대해 유해물질 인체 노출 조사 결과의 신뢰성을 높일 수 있는 표준화된 설문지를 개발하는 것이다. 개발한 설문지는 대규모 인구 집단을 대상으로 식품으로 인한 유해물질 노출량을 평가하여, 우리나라 국민의 유해물질 노출 수준을 평가할 수 있는 기초자료로 사용할 수 있을 것이다.

## 연구방법

### 대상 유해물질 선정

우리 국민의 유해물질 노출 수준 평가 및 우선순위를 결정하기 위해 환경부의 우선관리 대상 물질,<sup>1)</sup> 2000년 이후 식품의약품안전청에서 지원한 유해물질별 연구과제 수, 식품의약품안전청에서 지원하여 수행한 양지연,<sup>12)</sup> 나혜진<sup>13)</sup> 등의 연구결과, 국제적인 연구 동향에 대한 자료를 토대로 11가지 유해물질을 대상 물질로 선정하였다. 또한 우선순위 선정은 유해물질 전문가 및 식품의약품안전청의 자문을 받아서 결정하였다.

### 유해물질 노출 요인 및 경로 조사

선정된 11개의 유해물질에 대해 관련된 웹사이트, 연구 논문 및 보고서 등을 검토하였다. 각 물질별로 물리화학적 특성, 발생원 및 오염원, 노출경로 및 인체로의 노출방법, 식생활과 관련된 노출량 및 평가 방법, 해당 유해물질과 관련된 식품 및 식품으로 인한 노출 평가방법에 대해 정리를 하여 유해물질 노출 요인 및 경로를 분석하였다. 유해물질 노출 조사 방법의 국제적 동향을 파악하기 위해 국내외에서 발표된 문헌과 공식 웹사이트에 발표된 자료를 토대로 식품으로 인한 유해물질 노출조사를 위해 사용하는 방법과 문헌들을 조사하고 검토하였다.

### 설문문항 개발

유해물질 노출평가를 위한 설문지를 개발하기 위해 국내외에서 수행된 유해물질 노출조사에 대한 연구 동향을 파악하였고, 각 연구에서 사용한 노출조사 방법을 검토하였다. 국내 연구로는 Bisphenol A의 인체모니터링 (생체시료수집),<sup>14)</sup> 비스페놀 A의 인체안전기준 설정연구,<sup>15)</sup> PFOA (perfluorooctanoic acid), PFOS (Perfluorooctane Sulfonate)의 인체노출량 조사,<sup>16)</sup> 과불화 화합물의 인체노출평가,<sup>17)</sup> PVC

의료용품에 의한 [Di (2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)] 인체모니터링 (생체시료수집),<sup>18)</sup> Heterocyclic amines 민감군 규명을 위한 생체시료수집 연구,<sup>19)</sup> 유기염소계 농약류의 인체노출평가<sup>20)</sup>에서 사용한 설문 문항을 검토하여 본 연구에서 식생활 관련 설문 문항을 개발하는데 참고하였다. 외국의 유해물질 노출조사 방법은 프랑스의 National Ergonomical Research에서 실시한 프랑스의 총 식이조사방법과 미국, 호주, 캐나다, 영국의 Total Diet Survey (TDS) 내용을 검토하였고, 미국의 Agency for Toxic Substances and Disease Registry에서 실시한 TDH Exposure Investigation 연구와 Hispanic Community Health Study/Study of Latinos (HCHS/SOL) dietary behavior 연구의 식습관 및 식행태 문항 목록을 검토하였다.

국내외에서 기존에 수행된 유해물질 인체노출 조사를 식품 및 수분섭취, 유해물질의 유래물질 (보관, 포장용기 등) 및 환경 (거주지, 작업환경) 노출정도를 파악하는 설문문항을 이용하고 있었고, 조사항목은 파악하고자 하는 특정 유해물질의 노출경로를 반영하는 항목으로 구성되어 있었다. 본 연구에서는 국내외 유해물질 노출평가 방법 검토와 선정된 우선순위 11개의 유해물질별로 유해물질 특성 및 노출경로에 대한 문헌고찰을 토대로 각 유해물질별로 노출조사를 위해 필요한 항목을 정리하여 통합적인 노출평가를 위한 설문문항을 개발하였다. 노출경로에 따른 유해물질별 설문지는 가공/조리, 용기/포장, 저장, 환경의 분야로 구분하여 유해물질들의 특성과 노출경로, 노출 관련 식품 및 관련 식생활 문항으로 구성하였다.

### 통합적인 유해물질 인체노출조사 설문지 개발

11개 유해물질의 노출조사를 위한 조사항목을 토대로 이를 통합할 수 있는 설문지를 개발하였다. 유해물질 인체노출조사 설문지는 크게 일반적 특성 및 식품섭취행태로 구성되었다. 일반적 특성 설문지는 국민건강영양조사의 설문 문항을 기본으로 구성하였고, 유해물질 노출과 관련한 특성과 생활습관을 더 알아보기 위해 유해물질 관련 기존에 사용되었던 설문조사 항목을 참고하였다.<sup>21)</sup> 개발한 설문 문항에 대해 이해도 조사를 실시하고 결과를 반영하였다. 이해도 평가는 30, 40, 50대 여성 각 1명씩과 30, 40, 50, 60대 남성 각 1명씩 총 7명을 대상으로 심층면접을 통해 설문지에 대한 이해도를 평가하고, 문제가 있는 표현이나 방법을 개선하여 설문지에 반영하였다. 이해도 평가 결과 응답시 혼동 될 수 있는 항목에 대한 설명을 추가해야 한다는 의견이 많았으며, 나열된 보기 중 선택할 보기가 없는 경우 대체 보기가 필요하다는 의견이 있었다. 이해도 평가 의견 반

영은 용어 수정, 자세한 설명 추가, 보기 항목 변경 및 추가로 구분하여 설문지 수정에 반영하였다. 설문지 개발 과정을 Fig. 1에 제시하였다.

식품섭취빈도조사지에 사용한 식품 또는 음식 목록은 식품 중 유해물질 함량이 높은 식품과 한국인 다소비 식품 및 유해물질 노출 기여도가 높은 식품을 선정하였다. 이를 위해 국민건강영양조사지에서 사용하고 있는 식품섭취빈도조사지, 질병관리본부 유전체센터에서 사용하고 있는 식품섭취빈도조사지, 국민건강영양조사팀에서 새로 개발한 식품섭취빈도조사지, 국립암센터에서 개발한 식품섭취빈도조사지를 검토하였다. 유해물질의 농도가 높은 식품과 섭취빈도 및 양을 고려하여, 식품을 재분류하여 구성하였다. 설문지는 총 99개의 식품 또는 음식을 나열하고, 섭취빈도, 구매 및 보관용기, 조리방법 등을 포함하여 물질의 노출특성을 조사할 수 있도록 구성하였다.

## 결 과

### 대상 유해물질의 특성 및 노출경로

본 연구에서 대상 유해물질 선정을 위해서 우선순위 목록을 검토하여 식품으로 유래한 유해물질을 선정하였다. 선정된 11개의 유해물질에 대해 관련 노출평가 연구 및 문헌고찰을 검토하여 정리하였다.

### 아크릴아마이드

아크릴아마이드는 폴리아크릴아마이드 제조에 사용되는 화학물질로 피부자극, 점막에의 영향과 중추, 말초, 자율 신경계에 영향을 주어 혼수, 기억장애, 현기증을 일으키고, 심한 중독시에 혼돈, 방향감각 상실, 환각 증상이 나타나기도 한다. 아크릴아마이드는 Asparagine을 설탕과 함께 100℃ 이상으로 가열하면 생성된다.<sup>22)</sup> 감자칩이나 빵처럼 튀기거나

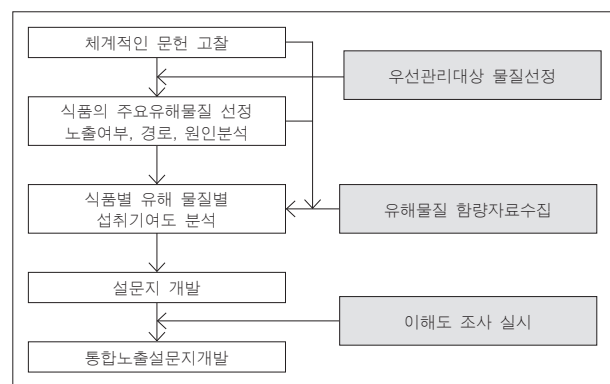


Fig. 1. Scheme for Developing a questionnaire for exposure assessment of food-borne hazards.

구운 전분 식품을 섭취할 때, 체내로 유입되고,<sup>23)</sup> 임신한 여성의 경우 식품으로 섭취된 아크릴아마이드가 혈액을 통해 태반을 거쳐 태아에게 노출될 가능성이 있다. 아크릴아마이드는 식수를 통해 경구로 투입되거나, 피부를 통해 체내로 흡수된다.<sup>24,25)</sup> 아크릴아마이드와 관련이 있는 식품은 감자 칩, 빵, 시리얼 등이 있다.

#### PAHs (Polycyclic aromatic hydrocarbons)

PAHs는 2개 이상의 벤젠고리가 각을 지어 있거나 밀집된 구조로 이루어져 있는 유기화합물이다.<sup>26)</sup> 국제암연구소에서는 확인된 인체발암물질인 group 1로 분류하고 있다. 화학연료나 유기물의 불완전 연소시 부산물로 발생하고,<sup>27)</sup> 튀거나 굽는 등의 식품의 제조·가공 과정 중 형성된다.<sup>28)</sup> 또한 농산물이 오염된 토양에서 재배되거나 공기를 통해 오염되기도 한다.<sup>29)</sup> 대기 오염에 의한 호흡노출이나 숯불구이와 같은 직화 가열 조리 식품을 경구로 섭취하는 과정에서 노출된다. 관련식품으로는 육류, 식용유지, 곡류, 두류, 서류, 어패류, 채소류, 과일류 등이 있다.

#### 비스페놀A

비스페놀A는 에폭시 수지의 기본원료로<sup>30)</sup> 식품의 캔, 병마개, 식품포장재, 치과용 수지 등으로 사용되고 있다.<sup>31,32)</sup> 비스페놀A는 내분비계 장애물질로 분류되며 생식 독성을 일으키는 것으로 알려져 있다. 아세트산과 2분자의 페놀 축합에 의해 합성이 되고, 식품의 용기 포장에서 비스페놀A가 용출되어 노출된다.<sup>33,34)</sup> 와인 및 캔 식품 등의 식품 용기 및 포장재로부터 체내로 유입이 되고, 관련식품으로는 캔용기에 유통되는 식품, 유아용 젖병 등 식품 포장재 및 용기이다.<sup>35)</sup>

#### 프탈레이트류

프탈레이트는 내분비계 장애물질로 국제암연구소에서는 인체에서의 발암물질로는 분류되지 않는 group 3으로 지정하였고, EPA (United States Environmental Protection Agency)에서는 인체에서 발암 가능성이 있을 수 있는 물질인 group 2로 지정하였다. 프탈레이트류는 phthalic anhydride에 ethyl, butyl, benzyl, allyl 또는 alcohol 등으로

**Table1.** Dietary questions for each food-borne hazard substances

Hazard substance	Questions
Phthalate	1. Using restaurant wrap and using wrap behaviour 2. Related food purchase frequency, wrap packed food eating frequency and percentage of restaurant wrap packaging food storage
Bisphenola	1. A rigid, transparent plastic container using for cooking and food storage 2. Lifestyle related in plastic container 3. Baby bottle using behaviour 4. Purchase containers type, purchase frequency, and storage containers
Aflatoxin	1. Eating soy sauce and soybean paste made in home 2. Checking the expiry date 3. Polishing rice 4. Related food purchase frequency, storage temperature, storage period, checking moldy food, mold handling
Acrylamide	1. Eating burned foods 2. Related food intake frequency
Paahs	1. Related food (meats, seafoods) intake frequency, cooking method, how to cook meats 2. Cooking time by cooking methods
Pcbs	1. Related food intake frequency
Dioxins	1. Behaviour of washing fruits and vegetables behaviour 2. Animal-fat-related dietary behaviour 3. Chicken-skin-related dietary behaviour 4. Related food intake frequency
Mercury	1. Related food intake frequency
Arsenic	1. Amount of drink water 2. Types of drinking water in home and work place 3. Related food intake frequency
Cadmium	1. Amount of drink water 2. Related food intake frequency
Lead	1. Related food intake frequency



부터 고온에서 촉매에 의해 합성된다.<sup>36)</sup> 제품의 제조, 사용 및 처리과정에서 노출될 수 있고, PVC로 만들어진 장난감을 통해 유아에게 노출될 수 있다.<sup>37)</sup> 젓병, 식품기구, 랩으로 포장된 식품을 통해 체내로 유입된다.

#### 아플라톡신

아플라톡신은 건조 상태에서 매우 안정하고, 300°C 이상으로 가열할 때 분해된다.<sup>38)</sup> 대부분의 나라에서 아플라톡신 B1, B2, G1, G2나 총 아플라톡신의 허용기준을 정해 놓고 관리하고 있다. 국제암연구소에서는 확인된 인체발암물질인 group1로 지정하였으며, 아플라톡신은 돌연변이, 발암 및 기형, 간암 등을 일으키는 것으로 알려져 있다. 아플라톡신은 온도 24~35°C, 수분 7% 이상일 때, Asp. Flavus와 Asp. Parasiticus에 의해 생성되는 2차 대사산물로 농산물의 수확 및 저장과정 중에 곰팡이의 오염에 의해 발생한다.<sup>39)</sup> 관련 식품으로는 건조시켜 보관하는 곡류, 옥수수, 견과류, 칠리고추, 무화과, 건조과실류와 향신료를 통해 체내로 유입된다.

#### 다이옥신

다이옥신은 난분해성 물질로 오랫동안 축적이 되는 지속성 유기 오염물질이다.<sup>40)</sup> 국제암연구소에서는 group1, EPA에서는 groupA1로 지정하여 분류하였다. 클로리네이트드 페놀과 유도체, 클로리네이트 비페닐 에테르, PCBs (Polychlorinated Biphenyl) 등 여러 화학제품을 생산할 때 불순물로 생성된다.<sup>41)</sup> 강과 바다에 오염되어 있는 다이옥신은 어패류에 노출되어 어패류의 지방조직에 축적이 되어 이를 섭취하는 사람에게 노출된다.<sup>42)</sup> 다이옥신은 97~98% 정도가 음식을 통해 체내로 유입되고, 일부 호흡을 통해 유입된다.<sup>43)</sup> 관련식품으로는 전체 노출량의 73% 이상이 어류로부터 노출되고, 쇠고기, 낙농유제품, 우유, 닭고기, 돼지고기, 모유 등을 통해 노출된다.

#### PCBs (Polychlorinated Biphenyl)

PCBs는 물에 불용성이고 유기용매에 대한 용해도가 높다. 산과 알칼리에 안정하고 열에도 안정한 불연성 화합물이고, 다이옥신과 마찬가지로 오랫동안 축적이 되는 잔류성 유기오염물질이다.<sup>44)</sup> PCBs는 면역체계, 신경계, 내분비계 및 생식능력에 영향을 미치고, 지방조직과 모유에 축적되는 특성이 지닌다.<sup>45)</sup> 피부흡수나 호흡을 통해 체내 노출되기도 하나, 대부분 섭취하는 식품을 통해 노출이 된다. 관련식품으로는 어류, 알류, 유제품, 육류, 가금류 등이 있다.

#### 납

체내에 흡수된 납은 대사되지 않고, 대부분은 배출이 되지만, 약 20% 정도는 배출되지 않고, 혈액, 뼈, 치아, 신장,

골수, 뇌 등에 축적이 되어 중독을 일으킨다.<sup>46)</sup> 납중독은 말초 신경계에 이상을 유발하여, 현기증, 경련, 발작, 혼수상태를 일으키고, 불임과 돌연변이를 유발한다. 먹는 물과 통조림 식품에서 검출되고 오염된 토양에서 재배된 농작물에서도 검출된다.<sup>47)</sup> 납은 먹는 물과 섭취하는 식품을 통해 대부분 노출되고, 일부 대기를 통한 피부 흡수로 노출이 된다. 관련식품은 어류, 패류 등이 있다.

#### 수 은

수은은 상온에서 액체 상태로 존재하는 금속으로 체내에 흡수되면 주로 뇌, 간, 신장 등에 축적이 된다.<sup>48)</sup> 수은 중독이 되면 만성신경계 질환을 일으켜 운동장애, 언어장애, 난청, 사지마비 등이 발생하고, 태아의 신경계 부작용을 초래한다. 각종 산업폐수에 함유된 유기 및 무기 수은이 환경으로 배출되고, 먹이연쇄를 통해 고등한 어류에 노출되어, 결국 인체로 유입된다.<sup>49,50)</sup> 관련식품으로는 다랑어류, 새치류, 상어류, 옥돔, 연어, 참치 통조림 등 주로 어류를 통해 노출된다.

#### 카드뮴

카드뮴은 반감기가 길고, 체내에 유입된 카드뮴은 배설 및 대사가 잘 되지 않기 때문에 체내에 만성적으로 축적된다.<sup>51)</sup> 국제암연구소에는 group 1로 분류하고 있고, 급성 중독 증상으로는 인후점막 통증, 두통, 가슴통증, 기침, 호흡곤란, 체중증가 등을 일으키고, 만성중독으로는 폐장, 신장장해, 이파이이파이병을 일으킨다. 산업폐수, 폐기물의 매립, 슬러지를 포함한 토양으로부터 유출되고, 이러한 카드뮴에 오염된 식품 또는 물을 마실 때 체내로 흡수된다.<sup>52)</sup> 관련식품으로는 카드뮴에 오염된 곡류, 과일, 야채, 시금치, 두류 등이 있다.

#### 비 소

비소는 부식제와 비산화성 산, 알칼리에 녹지 않고, 질산에 녹는 특성을 가지고 있다. 자연계에 널리 존재하여, 수생물에 의한 독성을 일으키고, 환경 중에 잔류성이 크다.<sup>53)</sup> 오염된 토양에서 재배되는 쌀, 농작물, 어패류 등을 통해 노출된다.

#### 유해물질의 노출 조사를 위한 식생활 문항

노출경로에 따른 유해물질별 설문지는 총 11가지의 유해물질에 대해 가공/조리, 용기/포장, 저장, 환경의 분야로 구분하여, 각 유해물질들의 특성과 노출경로, 노출 관련 식품 및 관련 식생활 문항을 포함하는 설문지를 개발하였다. 각 유해물질의 특성을 근거로 노출 조사를 위한 통합적 설문 문항을 도출한 근거를 살펴보면 다음과 같다.

아크릴아마이드는 원재료에서 생성되기 보다는 원재료를 120℃ 이상의 온도에서 가열할 때 당이 감소되면서 아스파라긴이 응결되는 maillard 반응에 의해 생성되기 때문에<sup>24)</sup> 아크릴 아마이드 전구체인 아스파라긴이 많이 함유된 식품, 단백질이 많이 함유된 식품과 전분 (당)이 많이 함유된 식품을 조리, 가공한 식품에서 아크릴아마이드가 많이 검출된다. 따라서 아크릴아마이드 노출평가를 위한 식생활 문항으로는 튀긴 요리나 구운 요리 섭취시 탄 부분의 섭취 유무에 대한 문항을 개발하였다. 식품섭취빈도조사지에 아크릴아마이드가 높은 식품에 대해 1년 동안 섭취 빈도에 대한 질문을 포함하였다.

PHAs는 직접적으로 열에 많이 노출되는 식품, 볶음과 구이, 튀김을 이용한 식품, 오랜시간 가열하는 육류와 튀김 식품에서 많이 검출이 되고, 조리과정에서 흡입으로 인해 노출될 수 있기 때문에 식품의 조리방법별 섭취 빈도, 조리 방법 및 익힌 정도, 조리방법별 조리시간을 파악하는 문항을 개발하였다.

비스페놀 A는 주로 PC (polycarbonate)재질의 용기에서 유래되어 인체에 노출되기 때문에 플라스틱 용기사용 여부와 그 종류 및 사용습관을 파악하는 문항을 도출하였다. 가정에서 음식을 조리, 섭취, 보관시 투명하고 단단한 플라스틱을 사용하는 경우 (전자레인지 용기, 조리도구, 수저, 식기, 젓병, 보관용기 등)를 조사하는 문항과 플라스틱 용기에 뜨거운 음식물 보관여부, 뜨거운 물과 거친 수세미를 이용한 설거지 습관 여부를 묻는 문항을 개발하였다. 식품섭취 빈도조사지에 1년 동안 비스페놀 A 함량이 높은 식품에 대한 섭취빈도, 캔이나 플라스틱 용기에 담긴 식품의 구매 빈도, 식품 보관용기에 대한 질문을 포함하였다.

프탈레이트는 플라스틱 가소화 과정에서 사용되는데 PVC 재질의 랩이나 용기가 음식이나 식품과 접촉하였을 때 용출이 되고, 특히 업소용 랩을 통한 용출량이 가장 높은 것으로 보고된다. 따라서 프탈레이트 노출을 평가하기 위한 식생활 문항으로 가정에서 업소용 랩의 사용여부와 사용용도 (전자레인지 조리시, 음식 보관시)에 대한 문항을 개발하였다. 또한 식품섭취빈도조사지에 1년 동안 업소용 랩으로 포장된 식품의 구매 빈도, 업소용 랩으로 포장된 식품의 섭취 빈도, 보관용 업소용 랩으로 포장하는 비율에 대한 질문을 포함하였다.

아플라톡신은 식품의 저장기간, 보관온도, 보관방법에 따라 노출 정도가 다른데, 특히 우리나라 식생활 특성 중 장류 섭취와 쌀의 도정 정도에 따라 아플라톡신의 인체 노출 정도가 다르기 때문에 이를 반영하는 문항을 포함하였다. 가정에서 담근 장류의 섭취 유무, 장류에 발생한 곰팡이 섭

취 유무, 시중에서 판매되는 장류, 고춧가루, 후추, 칠리가루 등의 식품 구입시 유통기한 확인 유무, 섭취하는 쌀의 도정 정도에 대한 문항을 개발하였다. 식품섭취빈도조사지에 아플라톡신의 함량이 높은 식품의 1년 동안 섭취빈도, 식품의 보관온도 (상온, 냉장, 냉동), 평균저장기간 (1개월 미만, 1~6개월, 6~12개월, 1년 이상), 곰팡이 확인 유무, 곰팡이 처리 방법 등에 대한 질문을 포함하였다.

다이옥신은 오염된 토양에서 채소나 과일로 유래되고, 육류 중 지방조직에 주로 축적이 되어 인체 내 유입이 되는 특성이 있다. 따라서 다이옥신의 노출평가를 위한 식생활 문항으로는 채소 및 과일 섭취시 세척 방법, 육류 섭취시 지방과 껍질 섭취 여부를 묻는 질문을 포함하였고, 식품섭취 빈도조사지에 다이옥신의 함량이 높은 식품의 1년 동안 섭취 빈도에 대해서 질문하였다.

PCBs는 농도가 높은 식품으로 알려진 어류, 패류, 난류, 유지류, 유제품, 육류와 토양 및 지하수를 통해 오염의 가능성이 있는 채소류 및 곡류, 주식인 쌀을 포함한 식품 목록을 선정하였다. 또한 식물성 기름의 과잉 사용이 PCBs의 노출 위험을 증가시킬 가능성이 있으므로 조리시 이용하는 기름의 종류를 파악할 필요성이 있다. 따라서 PCBs의 노출평가를 위한 식생활 문항으로는 조리시 사용하는 기름의 종류에 대한 문항을 개발하였고, 식품섭취빈도조사지를 이용하여 PCBs 함량이 높은 식품에 대해 1년 동안 섭취 빈도를 질문하였다.

납은 다양한 식품을 통해서 노출되기 때문에 납의 농도가 높은 것으로 알려진 식품 중 우리나라에서 거의 섭취가 이루어지지 않는 식품을 제외하고, 납 노출평가를 위한 식품을 선정하여 섭취빈도를 평가하는 설문지를 개발하여 1년 동안 섭취 빈도를 질문하였다.

수은은 주로 어패류를 통해 노출되기 때문에 어패류를 중점적으로 수은 노출평가를 위한 식품을 선정하고 설문지를 개발하여 1년 동안 섭취 빈도를 질문하였다.

카드뮴은 주 노출원이 식수로 보고되고 있고, 주요 노출 식품으로는 곡류, 어패류 및 해조류, 굽는 조리방법을 이용한 식품 등으로 알려져 있다. 따라서 카드뮴 노출평가를 위한 식생활 문항으로는 하루 동안 총 섭취하는 물의 양을 질문하였고, 식품섭취빈도조사지를 이용하여 카드뮴 함량이 높은 식품의 1년 동안 섭취 빈도를 질문하였다.

비소는 물을 통해 노출되는 양이 가장 많았기 때문에 하루에 총 섭취하는 물의 양과 음용수, 조리수로 사용하는 물의 종류에 대한 문항을 개발하였다. 식품섭취빈도조사지를 이용하여 비소함량이 높은 식품의 1년 동안 섭취 빈도를 질문하였다.

각 유해물질의 식생활 문항은 Table 1에 제시하였다.

**통합 설문지의 식생활관련 문항개발**

국내외에서 관리되고 있는 유해물질의 종류를 미국의 FDA, EPA, 우리나라의 식품의약품안전청, 환경부, 보고된 연구보고서 및 논문 등을 검토한 후 우선순위 목록에 따라 통합적 설문지 개발에 필요한 11개의 우선순위 유해물질을 선정하였다. 선정된 유해물질은 유해물질 전문가의 자문의 견을 반영하여 식재료 상태의 식품 생산으로부터 최종적으로 우리 몸으로 섭취되는 과정 중 유해물질로부터의 오염이 될 수 있는 경로를 분석하여 분류하였다. 식품의 생산 (환경) 과정, 가공 및 조리 과정, 저장과정, 용기 및 포장 과정으로 단계로 나누어 각 단계별로 해당하는 유해물질이 포함 되도록 하였다.

따라서 개발된 설문지는 유해물질과 관련된 식품섭취빈도와 구매시 주로 사용하는 용기, 보관시 주로 사용하는 용기, 주로 사용하는 조리방법별에 따라 유해물질 노출 수준을 평가할 수 있는 문항을 개발하였다. 섭취 빈도는 국민건강영양조사의 빈도와 같은 방식으로 '거의 먹지 않음, 월 1회, 월 2~3회, 주 1회, 주 2~4회, 주 5~6회, 일 1회, 일 2회, 일 3회 이상'의 총 9개의 빈도로 구분하였다. 포장 용기로부터의

노출량과 저장과정을 통한 노출량, 조리과정에서 발생하는 노출량을 평가하기 위해 식품의 구매시 주로 사용하는 용기의 종류 [캔(통조림), 플라스틱, 비닐팩/랩, 기타], 보관시 주로 사용하는 용기 [캔(통조림), 플라스틱, 비닐팩/랩, 기타], 식품별 주로 사용하는 조리 방법 (직화구이/훈제, 팬 구이/오븐, 튀기기, 삶기/찌기/끓이기, 그대로 먹기)에 대한 선택을 할 수 있도록 구성하였다. 개발된 설문지의 예는 Fig. 2에 제시하였다. 전체 설문지는 2010년도 식품의약품안전청 용역연구개발과제 과제번호 10162유해영648 (유해물질 노출평가를 위한 조사 연구-식생활 관련 중심으로) 최종보고서에 제시되어 있다.

개발한 설문지의 식품 목록은 각 유해물질별 농도가 높은 식품 목록을 고려하였고, 각 조사에서 사용한 식품 중분류를 비교하여 본 연구에서 재분류하였다. 총 19개의 식품군으로 분류하였고, 19개의 식품군 내에서 유해물질과 관련하여 자세한 조사가 필요한 식품으로 세부 분류하여 총 99가지의 식품 목록으로 식품섭취빈도조사지의 식품 목록을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 설문지의 식품 분류 및 세부 목록은 Table 2에 제시하였다.

개발한 설문지를 이용하여 유해물질 노출 평가는 대상자가 응답한 식품별 섭취 횟수를 1일 평균 섭취 횟수로 환산

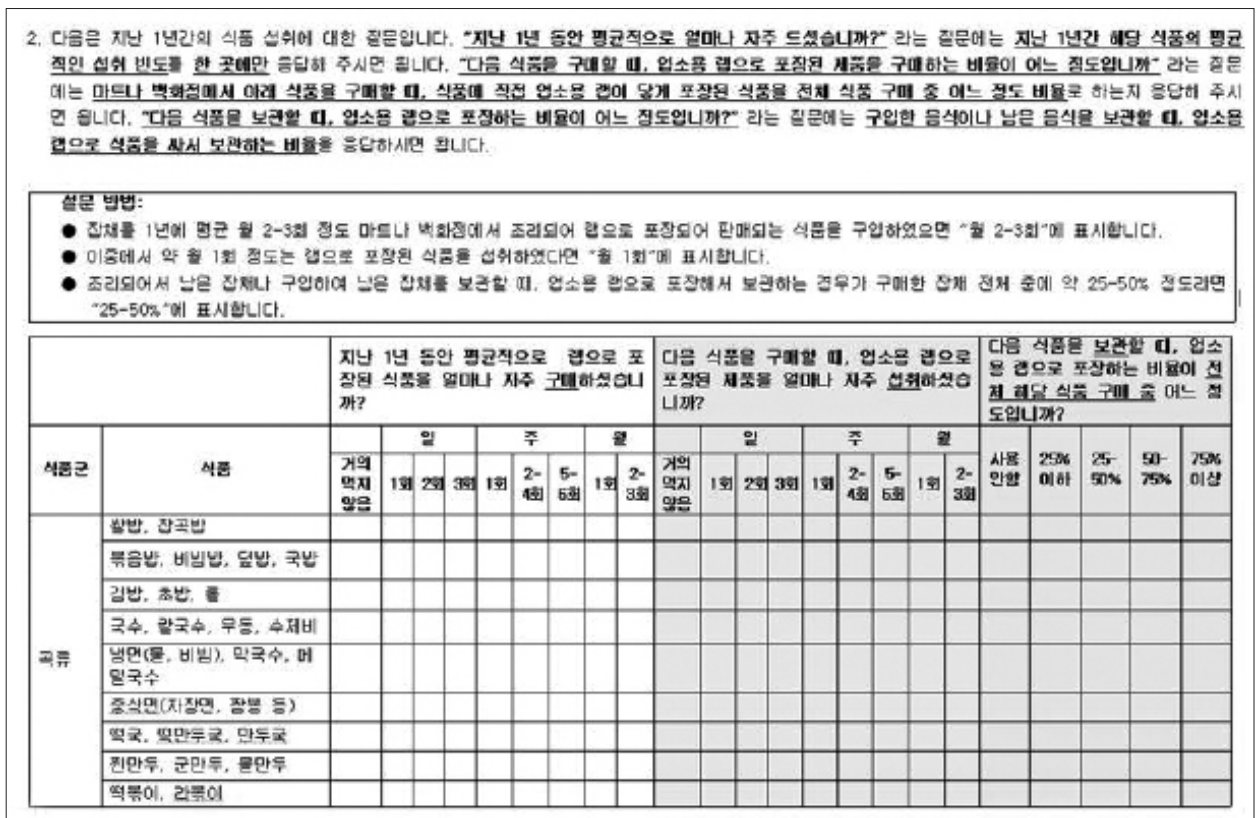


Fig. 2. Dietary question to assess intake, purchase, packaging, and storage of food.

**Table 2.** Food items of FFQ for exposure assessment from food-borne hazard substances

Food groups	Foods
1. Rices	Multi grain rice Cooked rice Pilaff, bibimbab Rawfish with rice, sushi
2. Corns	Corn (steamed/roasted corn) Popcorn
3. Noodles, mandu and Rice cakes	Ramyeon, cup ramyeon Noodle, kalguksu, udon, sujebi, spaghetti Jajangmyeon, jjamppong Naengmyeon, buckwheat noodle Mandu soup, ricecake-mandu soup, ricecake soup Rice cakes, topokki
4. Breads, snacks	White bread Red bean bread, steamed bread, streusel bun Castella, cake, muffin Croquette, doughnut Pizza Hamburger, sandwich Cookie, cracker, biscuit Snack Cereal
5. Potatoes, sweet potatoes and starches	Boiled potato, baked potato, steamed potato, potato soup, potato stew Fried potato, pan-fried potato, potato boiled in soy sauce French fried, potato chip Steamed sweet potato, baked sweet potato Fried sweet potato, mattang Japchae
6. Sugars and sweeteners	Honey, jam, syrup Gum, candy, jelly, caramel, yeot Chocolate
7. Pulses	Soybean boiled with soy sauce Soybean curd Soybean milk Soybean paste stew, fermented soybean paste stew Canned bean Red bean, red bean flour, rice gruel with red bean
8. Nuts and seeds	Peanut, almond, walnut, pine nut, pistachio nut, macadamia nut
9. Vegetables	Ssam vegetables (lettuce, perilla leaves, cabbage, kale, chicory, pak choi) Radish (raw, pickled radish, dried radish cubes) * except kimchi Raw carrot Balloom flower root, codonopsis lanceolata Namuls (soybean sprout, spinach, hobaknamul, chwinamul etc) Raw tomato Raw cucumber *except kimchi Raw red pepper Welsh onion, wakegi *except kimchi Onion Chinese cabbage kimchi Other kimchi (kkakduki, yeolmukimchi, nabakkimchi, godeulppaegi, gatkimchi, pakimchi etc.) Canned vegetables (canned tomato, canned pickle, cucumber preserved with salt, jalapeno, canned salad)



**Table 2.** Continued

Food groups	Foods
10. Mushrooms	Mushroom Canned mushroom (canned agaricus bisporus)
11. Fruits	Eat with peel (strawberry, plum, cherry, jujube, olive, wild grape, blueberry, korean cherry, cranberry) Eat without peel (citrus fruit, banana, apple, pear, watermelon, oriental melon, peach, persimmon, orange, apricot, lemon, pineapple, melon, mango, actinidia arguta) Canned fruits (apricot, fruit cocktail, grape, mango, rambutan, caper) Fruit juices (orange juice, grape juice, apricot juice, apple juice, strawberry juice etc)
12. Meats	Roasted beef, beef rib Beef bulgogi, beef-rib stew, beef boiled in soy sauce(jangjorim) Pork belly Bossam, boiled beef Stir-fried spicy pork, pork bulgogi, pork-rib stew, pork boiled in soy sauce(jangjorim) Samgyetang, boiled chicken soup, chicken boiled with rice, duck stew Fried chicken Stir-fried chicken ribs, chicken boiled in soy sauce, braised chicken, jjimdak Duck (roasted) Sweet and sour pork, beef with sauce Pork cutlet, beef cutlet, chicken cutlet Ham, sausage Sliced beef with sauce and dried Pork feet, intestine, sundae Canned silkworm pupa
13. Eggs	Boiled egg, steamed egg (include quail's egg) Fried egg, folded egg
14. Fishes and shellfishes	Mackerel, pacific saury, spanish mackerel * include baked, boiled in soy sauce Hair tail, yellow croaker * include baked, boiled in soy sauce Raw fish Tuna, salmon, shark, whale meat Fresh water fishes (cat fish, crucian carp, israeli carp, loach etc) Anchovy, stir-fried anchovy Shrimp, crab, lobster Squid, octopus, whip-arm octopus, hanchi, webfoot actopus Shellfishes (hard-shelled mussel, little neck clam, scallop, marsh snail etc) Salt-fermented fishes (salt-fermented shrimp, salt-fermented squid, salt-fermented viscera, salt-fermented roe, salt-fermented anchovy, salt-fermented shellfish etc) Fish products (fish paste, crab flavored fish paste, fish sausage) Canned fish (canned tuna, canned mackerel, canned pacific saury, canned anchovy)
15. Seaweeds	Sea mustard, sea tangle, laver, sea lettuce
16. Milks	Milk Curd type yoghurt, liquid type yoghurt Cheese Ice cream Cream (whipping, fresh)
17. Oils and fats	Peanut butter
18. Beverages	Carbonated beverages (coke, clean soda pop) Sweetened beverages (sikhye, icetea etc) Coffee drinks (except canned coffee) Canned coffee Teas (cassia tora l tea, boxthorn tea, green tea, roasted barley tea, ginger tea etc) Wine Canned beer
19. Prepared foods	Retort pouched foods, instant foods (instant cooked rice, instant soup etc)

하여 유해물질 농도가 높은 식품을 많이 섭취할 경우, 노출 위험이 높은 것으로 고려할 수 있다. 식생활 및 용기·포장 유래 유해물질 및 조리방법을 통한 유해물질 노출은 각 유해물질 노출 기여도가 높은 용기, 포장 및 조리방법의 이용 빈도가 높을수록 노출량이 상대적으로 증가할 것으로 추정 가능하다. 또한 용기·포장, 조리방법을 통한 유해물질 노출량에 대한 보고가 있다면, 사용 빈도 자료와 연계하여 유해물질 노출량 평가가 가능하다.

## 고 찰

본 연구에서는 식품으로 인한 유해물질 노출수준을 파악하기 위하여 일반적인 식품의 구매, 조리, 보관, 섭취 등 여러 가지 경로를 통한 복합적인 노출요인을 조사하기 위한 표준화된 통합적인 설문지를 개발하였다. 대상물질로 선정된 11가지의 유해물질의 노출수준을 조사할 수 있는 통합 설문 문항으로는 일반적 특성, 가족관계, 거주환경, 출산력, 식생활, 건강상태, 건강관련 생활습관, 출산력, 식생활, 건강상태, 건강관련 생활습관, 지난 1년간 섭취한 식품의 빈도와 구매시 주로 사용하는 용기, 보관시 주로 사용하는 용기, 주요 조리 방법에 대한 질문으로 구성되었다.

그동안 우리나라에서도 식품으로 인한 유해물질 노출평가 연구가 일부 수행되었다.<sup>4-6)</sup> 국민건강영양조사 자료를 이용하여 우리나라 국민의 평균 노출량을 추정한 연구가 수행되었고,<sup>7,10)</sup> 24시간 회상법을 이용하여 1일 섭취량 평가,<sup>11)</sup> 특정 유해물질과 관련이 있다고 보고된 일부 제한된 식품만을 사용하여 식품섭취빈도조사를 이용하여 유해물질 노출평가를 실시한 연구<sup>8)</sup>가 있다. 그렇지만 물질별 특성과 노출경로를 파악하고, 우리 국민의 특성에 맞는 설문 문항을 개발하여 이해도 평가 및 타당도 평가를 실시하여 개발된 설문지를 이용하여 식품으로 인한 노출평가를 실시한 연구는 수행되지 못하였다.

식품섭취수준에 따른 유해물질 노출에 대해 박헌진 등<sup>21)</sup>은 유해물질 안전관리 중·장기 발전방안 수립을 위한 연구에서 과학적 유해관리 체계구축을 위해 한국인 식습관 특성에 맞는 표준식이모델 수립 및 식품 중 유해물질 모니터링 및 인체노출 평가를 추진 전략으로 제시하였다. 이외에 여러 연구에서 한국인의 성별, 연령별 식품섭취 수준 및 식품섭취패턴을 파악하기 위한 각 식품군별 섭취량 조사<sup>25)</sup> 및 식품 내 유해물질 함량 모니터링<sup>9,15,56,57)</sup> 연구가 수행되었다.

식품 중 오염물질 섭취량 분석은 국민건강영양조사의 24시간 회상법을 이용한 식품섭취량 자료와 계절별 영양조사 자료를 이용하여, 다소비·다빈도 식품 및 열량공급원, 연

령, 지역, 계절적 특성을 고려하여 대표식품을 선정한 후, 대표식품의 중금속 함량을 분석하여 대표식품을 통한 유해물질 섭취량을 추정하고 있다. 이종옥 등<sup>58)</sup>은 일반 어류 13종과 다량어류 및 새치류의 수은과 메틸수은 함량을 분석하여 2001년 국민건강영양조사의 식품섭취량 자료를 이용하여 어류를 통한 수은과 메틸수은의 섭취량을 분석하였다. 김희연 등<sup>59)</sup>은 다소비 해산어류와 담수어의 비소, 카드뮴, 구리, 납, 망간, 아연, 수은 함량을 분석하여 2005년 국민건강영양조사의 1인 1일당 어류 섭취량을 이용하여 1인 1일당 중금속 (비소, 카드뮴, 구리, 납, 망간, 아연, 수은)의 섭취량을 산출하는 연구를 수행하였다. 박정덕<sup>11)</sup>은 24시간 회상법을 이용하여 산출한 대상자들의 1일 식품 섭취량을 산출한 후, 수산식품 20종의 비소 함량 데이터를 이용하여, 대상자들의 1일 비소 섭취량을 추정하였고, 최경호<sup>8)</sup>는 항생물질 노출량 평가를 위해 이들의 노출 기여 식품으로 알려진 육류, 어류, 유제품 위주의 식품 목록으로 구성된 식품섭취빈도조사지를 이용하여 1일 동안 평균 섭취량은 평가하여, 식품 섭취량과 소변 시료에서의 항생제 대사산물 검출 빈도와의 상관성을 보고하였다.

식품 섭취량 이외의 식생활 요인도 유해물질 노출에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데 식생활 요인에 대한 연구는 대부분 설문조사를 통해 식생활 특성을 조사하였다. 포장용기, 캔 제품, 비닐랩 사용 실태<sup>6)</sup> 및 유아용 젖병,<sup>60)</sup> 한약 복용, 식수 이용 등<sup>61)</sup>의 특성에 따른 유해물질 노출평가가 이루어졌다. 일부 건강식품섭취를 통해서 유해물질이 노출될 수 있다고 알려져 있다. 식품의약품안전청에서는 2005~2007년에 건강기능식품 제조업소를 점검한 결과, 건강 기능성 식품 내에서 의약품 검출 14.3%, 벤조피렌 검출 6.1%, 납 기준 초과 2.0%, 사용불가 식품 첨가물 검출 2.0% 등으로 인체 유해물질 성분이 상당히 검출되었다.<sup>62)</sup>

대부분의 연구가 일부 특정 유해물질에 대해 한정된 식품만을 대상으로, 그로 인한 유해물질 노출평가를 실시하였기 때문에 통합적인 노출평가가 실시되지 못하였다. 본 연구를 통해 개발된 통합적인 유해물질 노출 평가 설문지는 우리나라 주요 상용 식품으로 인한 유해물질의 종류와 특성을 파악하고, 국내외 자료를 이용하여 식품으로 인한 노출평가 방법을 수집, 정리하여, 식생활 특성에 따른 객관적인 유해물질 인체 노출 평가를 실시하도록 개발하였다. 그렇지만 우리나라에서 문제가 되고 있는 유해물질의 종류는 매우 많고, 유해물질에 따라 노출경로가 다르기 때문에 모든 유해물질을 대상으로 식생활 조사지를 개발하는 것은 한계가 있었다. 따라서 본 연구에서는 11개 유해물질을 선정하여 각 물질에 대한 특성에 대한 문헌고찰 및 자문회의를 통

해 이를 통합적으로 평가할 수 있는 통합 설문지를 개발하였다. 그렇지만 본 연구에서 선정된 유해물질도 노출경로가 매우 다르기 때문에 하나의 설문지로 모든 유해물질의 노출 수준을 평가하는 것은 불가능할 것으로 사료된다. 설문지 개발을 위한 유해물질 함량, 노출 수준, 노출 경로 등에 대한 국내 기초 자료가 매우 부족하여 주로 외국 자료에 의존함에 따라 우리나라의 유해물질 노출 실태를 반영하는데 실질적인 한계가 있었다. 또한 개발된 조사지에 제시한 식품 목록들의 유해물질 함량에 대한 DB가 없으므로 조사지를 이용한 유해물질 노출평가는 단순 섭취빈도를 이용한 정성적 평가에만 사용이 가능하다는 한계점이 있다.

현재까지 식품별 유해물질 함량 데이터베이스가 구축된 자료가 유용하지 않기 때문에 각 식품별로 유해물질 농도의 대푯값을 알 수 없다. 따라서 본 연구를 통해 개발된 노출평가 식생활 설문조사지의 식품섭취빈도 조사지로 개인의 유해물질 노출량을 정확하게 측정하는 것은 한계가 있지만, 유해물질 함량이 높은 식품을 자주 섭취할수록 유해물질 노출량이 높아질 것이라 가정할 수 있다. 따라서 개발된 조사지에서 측정된 각 식품의 섭취 횟수를 이용하여 개인 간 또는 집단 간 유해물질 노출 수준을 상대적으로 비교 평가하는데 유용하게 사용할 수 있다. 본 연구의 또 다른 한계점으로는 한약재와 건강기능성 식품을 통한 유해물질 노출 섭취량을 반영하지 못하였다는 점이다. 그동안 한약재 및 건강기능성식품 중의 유해물질 함량에 대한 연구가 있었으나,<sup>63-67)</sup> 실제로 한약재나 건강기능성식품을 섭취하는 대상자에 대한 인체노출평가에 대한 선행연구가 부족하였기 때문에, 본 연구에서 근거기반의 노출평가 설문문항을 개발하는데 한계가 있었다. 최근 들어 한약재와 건강기능성식품의 섭취량이 계속적으로 증가하고 있기 때문에, 건강기능성 식품 및 한약재를 통한 유해물질 노출 정도에 관한 연구가 지속적으로 필요하고, 이러한 연구 결과를 바탕으로 이들 식품에 대한 복용실태를 통합적으로 조사하고, 유해물질 노출정도를 정량적으로 파악하는 연구가 필요하다.

본 통합적 노출평가 식생활 설문 조사지의 타당도 (validity) 검증은 위해 식사조사의 gold standard라고 알려진 식사기록법을 사용하여 3일간의 개방형 식사조사 결과와 식생활 조사지의 식품섭취문항을 비교하여 정확도 (accuracy)를 검증하고, 조사지의 신뢰도를 측정하기 위해 일정한 기간을 두고 반복 조사를 실시하여 재현성 (repeatability)을 평가한 후에 연구에 사용하여 한다.

본 연구에서 개발한 통합적 노출평가를 위한 식생활 설문 조사지를 이용하여 차후 대규모 인체노출평가 역학 연구에서 식생활 요인의 조사를 가능하게 될 것이다. 또한 식생활

요인 조사 결과를 활용하여 위험 집단의 선별 및 노출 수준 평가에 사용하여 유해물질 노출관리 정책이나 사업을 기획하는 기초 자료로 활용 될 수 있다는데 그 의의가 있다.

## 요 약

본 연구는 유해물질 인체 노출 요인의 가장 큰 부분을 차지하는 식생활에 대한 과학적이고, 유해물질 인체 노출 조사 결과의 신뢰성을 높일 수 있는 표준화된 설문지를 개발하는 것이다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 본 연구에서는 문헌고찰 및 자문회의를 통해 식품으로 인한 유해물질 노출의 대상물질을 11종 선정하였다. 11개 유해물질은 프탈레이트, 아플라톡신, 비스페놀A, PAHs, 다이옥신, PCBs, 수은, 납, 카드뮴, 비소, 아크릴아마이드를 선정하였다.

2) 선정된 유해물질별로 종류와 특성을 파악하고, 식품을 통한 노출 수준, 노출방법, 노출경로 등을 조사하였다. 유해물질별로 노출 특성을 반영하여 선정된 11개의 유해물질 노출평가를 위한 공통 설문 문항을 도출하였다.

3) 11개의 유해물질 노출평가를 위한 설문지를 토대로 통합적인 설문지를 개발하였다. 개발한 식생활 조사지는 인구학적 특성, 직업 특성, 사회경제적 특성, 건강 관련 특성, 식품 섭취 형태 관련 문항을 포함하였다. 식품섭취행태를 조사하기 위해 19개의 식품군을 세분화하여 총 99개의 식품목록으로 개발하였고, 지난 1년간 섭취한 식품의 빈도와 구매시 주로 사용하는 용기, 보관시 주로 사용하는 용기, 주로 사용하는 조리방법에 대한 질문을 포함하였다.

이상의 연구 결과를 토대로 본 연구에서 개발한 식품으로 인한 통합적 유해물질 노출평가 설문 조사지를 이용하여 우리 국민의 유해물질 노출 수준을 파악하고, 위험 집단을 선별하는 연구 수행을 실시할 수 있을 것이다. 이를 통해 유해물질 노출관리를 위한 정책 수립을 위한 기초 자료를 생산할 수 있다는데 그 의의가 있다.

## Literature cited

- 1) Jung H. Developing a questionnaire for exposure assessment of food-borne hazards. Research Report of KFDA; 2001
- 2) Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Codex alimentarius commission, procedural manual, 12th edition; 2002
- 3) Kim G, Lee J, Park H, Kim D, Yu S, Chung Y. A Study on exposure and health effect of mercury. Report of NIER 2008; 30: 155-162
- 4) Pang Y, MacIntosh DL, Ryan PB. A longitudinal investigation of aggregate oral intake of copper. *J Nutr* 2001; 131(8): 2171-2176
- 5) Korea Food and Drug Administration. What is food-borne di-

- oxin? Research Report of KFDA; 2007
- 6) Park SY, Kim S, Kim C, Lee S, Yoo KY, Yang M. Biological monitoring in a Korean population. Research Report of KFDA; 2002
  - 7) Lee KG. Monitoring and risk assessment of furan in processed foods. Research Report of KFDA; 2007
  - 8) Choi KH. Human exposure assessment for antibiotics in the water environment. Research Report of KFDA; 2007
  - 9) Moon JS. Dietary intake and risk assessment of heavy metals in Korean foods. Research Report of KFDA; 2001
  - 10) Kim HY, Kim JI, Kim JC, Park JE, Lee KJ, Kim SIm, Oh JH, Jang YM. Survey of heavy metal contents of circulating agricultural products in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 2009; 41(3): 238-244
  - 11) Park JD. Assessment of exposure to arsenic in Korean. Research Report of KFDA; 2004
  - 12) Yang J. Development of food-CRS (Chemical Ranking & Scoring) system associated with environmental pollutants. Research Report of KFDA; 2008
  - 13) Na HJ. Making out road map and risk assessment on each risk materials and driving current problems. Research Report of KFDA; 2007
  - 14) Hong YC. Biomonitoring of bisphenol A (Acquisition of Biomaterial). Research Report of KFDA; 2006
  - 15) Lee HM. Study for establishment of health based guidance value of bisphenol A. Research Report of KFDA; 2009
  - 16) Kim Y. The survey of exposure level for PFOS and PFOA in human. Research Report of KFDA; 2006
  - 17) Choi K. Exposure assessment of major perfluorinated compounds among Koreans. Research Report of KFDA; 2009
  - 18) Hong YP. Collection of biological samples for Di (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) exposur assessment according to use of PVC medical devices in Korean. Research Report of KFDA; 2006
  - 19) Moon JD. Collection of human specimens for the study of genetic susceptibility on heterocyclic amines metabolism. Research Report of KFDA; 2008
  - 20) Song JS. Biomonitoring of organochlorine pesticides residue in general population. Research Report of KFDA; 2009
  - 21) Park HJ. A Study on guideline for questionnaire survey in risk analysis. Research Report of KFDA; 2007
  - 22) Korea Food and Drug Administration. What is food-borne acrylamide?. Research Report of KFDA; 2007
  - 23) Hagmar L, Björk J, Sjödin A, Bergman A, Erfurth EM. Plasma levels of persistent organohalogenes and hormone levels in male human adults. *Arch Environ Health* 2001; 56(2): 138-143
  - 24) Abramsson-Zetterberg L. The dose-response relationship at very low doses of acrylamide is linear in the flow cytometer-based mouse micronucleus assay. *Mutat Res* 2003; 535(2): 215-222
  - 25) Schettgen T, Rossbach B, Kütting B, Letzel S, Drexler H, Angerer J. Determination of haemoglobin adducts of acrylamide and glycidamide in smoking and non-smoking persons of the general population. *Int J Hyg Environ Health* 2004; 207(6): 531-539
  - 26) Korea Food and Drug Administration. What is food-borne PHAs?. Research Report of KFDA; 2008
  - 27) Bojes HK, Pope PG. Characterization of EPA's 16 priority pollutant polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in tank bottom solids and associated contaminated soils at oil exploration and production sites in Texas. *Regul Toxicol Pharmacol* 2007; 47(3): 288-295
  - 28) Kazerouni N, Sinha R, Hsu CH, Greenberg A, Rothman N. Analysis of 200 food items for benzo[a]pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study. *Food Chem Toxicol* 2010; 39(5): 423-436
  - 29) Nwaneshiudu OC, Autenrieth RL, McDonald TJ, Donnelly KC, Degollado ED, Abusalih AA. Risk of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) exposure from ingested food: the Azerbaijan case study. *J Environ Sci Health B* 2007; 42(2): 201-209
  - 30) Korea Food and Drug Administration. What is Food-Borne Bisphenol A? Research Report of KFDA; 2008
  - 31) Chapin RE, Adams J, Boekelheide K, Gray LE Jr, Hayward SW, Lees PS, McIntyre BS, Portier KM, Schnorr TM, Selevan SG, Vandenberg JG, Woskie SR. NTP-CERHR expert panel report on the reproductive and developmental toxicity of bisphenol A. *Birth Defects Res B Dev Reprod Toxicol* 2008; 83(3): 157-395
  - 32) NZFSA. Bisphenol A-information sheet <<http://www.nzfsa.govt.nz/science/chemical-information-sheets/fact-sheet-bisphenol-a.pdf>>. Accessed, 2010 aug 6
  - 33) Kang JH, Kondo F, Katayama Y. Human exposure to bisphenol A. *Toxicology* 2006; 226(2-3): 79-89
  - 34) Lim DS, Kwack SJ, Kim KB, Kim HS, Lee BM. Risk assessment of bisphenol A migrated from canned foods in Korea. *J Toxicol Environ Health A* 2009; 72(21-22): 1327-1335
  - 35) The Scientific Committee on Food S. Opinion of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food on a request from the Commission related to 2, 2-bis (4-hydroxyphenyl) propane (Bisphenol A). *EFSA Journal* 2006; 428: 1-75
  - 36) Kang TS. Biomonitoring of hazardous compound -phthalates. Research Report of KFDA; 2009
  - 37) Wormuth M, Scheringer M, Vollenweider M, Hungerbühler K. What are the sources of exposure to eight frequently used phthalic acid esters in Europeans? *Risk Anal* 2006; 26(3): 803-824
  - 38) Han JY. Health risk assessment for aflatoxin in foods and suggestion of regulatory option [Master thesis]. Seoul: Duksung Women's University; 2006
  - 39) Jang MR, Lee CH, Cho SH, Park JS, Kwon EY, Lee EJ, Kim SH, Kim DB. A survey of total aflatoxins in food using high performance liquid chromatography-fluorescence detector (hplc-fld) and liquid chromatography tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). *Korean J Food Sci Technol* 2007; 39(5): 488-493
  - 40) Startin TR RM, Wright C, Parker I, Gilbert J. Surveillance of British food for PCDDs and PCDFs. *Chemosphere* 1990; 20: 793-798
  - 41) Huwe JK. Dioxins in Food: A Mordern Agricultural Perspective. *J Agric Food Chem* 2002; 50: 1751-1764
  - 42) EPA US. The national dioxin study. Tiers 3, 5, 6, and 7. In: EPA440/4-87 (ed). Volume 003. Washington DC; 1987
  - 43) Czuczwa JM, Hites RA. Airborne dioxins and dibenzofurans: sources and fates. *Environ Sci Technol* 1986; 20(2): 195-220
  - 44) Lee JO. The Food safety evaluation of Dioxins and PCBs. Research Report of KFDA; 2006
  - 45) Erickson MD. Analytical chemistry of PCBs. 2nd Ed. ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Lewis publishes; 1997
  - 46) Korea Food & Drug Administration. What is Food-Borne Lead?. Research Report of KFDA; 2007
  - 47) SR L. Case studies on Food Safety Issues in Korea. Seoul; Su-kaksa; 1999. p.266-269
  - 48) Ministry of Environment,. <[http://www.me.go.kr/kor/info/info\\_view.jsp?gubun=3&code=A10501&inpymd=20040908152904](http://www.me.go.kr/kor/info/info_view.jsp?gubun=3&code=A10501&inpymd=20040908152904)>. Accessed, 2010 aug 6
  - 49) Kim CW, Kim YW, Chae CH, Son JS, Park SH, Koh JC, Kim DS. The Effects of the Frequency of Fish Consumption on the Blood Mercury Levels in Koreans. *Korean J Occup Environ Med* 2010; 22(2): 114-121
  - 50) Kim EH, Kim IK, Kwon JY, Koo JS, Han SH, Kim SK, Park YW, Noh JH, Lee DH. The effect of fish consumption on blood mercury level of pregnant women. *Korean J Obstet Gynecol*



- 2000; 48: 2527-2534
- 51) Jarup L, Berglund M, Elinder CG, Nordberg G, Vahter M. Health effects of cadmium exposure-a review of the literature and a risk estimate. *Scand J Work Environ Health* 1998; 24(Suppl 1): 1-51
  - 52) Jarup L, Akesson A. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicol Res* 2009; 238(3): 201-208
  - 53) Lee MY, Chung JH. Safety and risk assessment of arsenic in drinking water. *Toxicol Res* 2002; 18(2): 107-116
  - 54) Mattram DS, Wedzicha BL, Dodson AT. Acrylamide is formed in the maillard reaction. *Nature* 2002; 419: 448-449
  - 55) Myeon JP, Kim HR, Choi WS, Jo SE, Lee BR, Koo JW, Lee KS, Park CY. The relation between employees' lifestyle and their health status in an electronics research and development company. *Korean J Occup Environ Med* 2009; 21(1): 1-9
  - 56) Bae DH. Distributions and risk assessment of ethyl carbamate in processed foods (II). Research Report of KFDA; 2005
  - 57) Shin Y, Kwak JE, Hwang YS, Park AS, Kim DG, Han EJ, Kim BS, Choi BH. Monitoring of heavy metals in herbal medicines from markets in seoul by ICP-MS. The report of seoul metropolitan government research institute of public health and environment. 2007; 43: 226-246
  - 58) Lee JO, Oh KS, Shi YS, Park SS, Suh JH, Lee EJ, Lee YD, Choo MH, Song MS, Woo GJ. The monitoring of total mercury and methylmercury in fish. The Annual Report of KFDA; 2005
  - 59) Kim HY, Kim JC, Kim SY, Lee JH, Jang YM, Lee MS, Park JS, Lee KH. Monitoring of heavy metals in fishes in Korea-As, Cd, Cu, Pb, Mn, Zn, Total Hg. *Korean J Food Sci Technol* 2007; 37(4): 353-359
  - 60) Korea Food & Drug Administration. Monitoring study of bisphenol A and phthalates in food and food package. Research Report of KFDA; 1999
  - 61) Roh JH. Biological monitoring exposure to lead and lifestyle factors as determinants of blood lead level. Research Report of KFDA; 2005
  - 62) Lee KM. Study on the Improvement of management system to enhancement of safety and quality of health functional foods. Research Report of KFDA; 2008
  - 63) Kim JW, Chio HY, Cho JH, Kim DH, Kang IH, Shim YH, Kim EK, Myung SW. Studies on monitoring hazardous substances of natural medicines (I) - Studies on heavy metals of natural medicines in market. *Korean J Herbology* 2002; 17(2): 235-245
  - 64) Park MK, Kim SY, Hwang HU. A study on the heavy metal contents in herbal medicines - cultivated herbal medicines at North Gyeongbuk Area. *J Environmental Sci* 2004; 13(12): 1117-1122
  - 65) Kim SJ, Baek SH, Lee SY, Kim DH. A Study on heavy metal content in extracts of medicinal herbs. *J Life Sci Nat Res* 2007; 29: 117-128
  - 66) Lee MK, Park JS, Lim HC, Na HS. Determination of heavy metal contents in medicinal herb. *Korean J Food Preswev* 2008; 15(2): 253-260
  - 67) Park H, Choi K, Jung J, Lee S. Metal exposure through consumption of herbal medicine, and estimation of health risk among Korean population. *Korean J Environ Health* 2006; 32(2): 186-191
  - 68) Lee KM. Study on the improvement of management system to enhancement of safety and quality of health functional foods. Research Report of KFDA; 2005