국내외 식품 중 화학물질의 모니터링 데이터베이스 및 위해평가 시스템 동향

The Trend of Monitoring Database and Risk Assessment Systems for Food Chemical in National and Regional Levels

정다인[1], 강희승[2], 황명실[2], 황인균[2], 민성기[3], 이헌주[1*]

Da-in Jeong[1], Hui-Seung Kang[2], Myung-Sil Hwang[2], In Gyun Hwang[2], Sung-Gi Min[3], HunJoo Lee[1]

[1]켐아이넷㈜, [2]식품의약품안전평가원, [3]고려대학교 컴퓨터학과

[1]Cheminet Co., Ltd, [2]National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, [3]Department of Computer science, Korea University

서 론

경제성장에 따라 인간은 대기, 토양, 수질, 식품 등 다양한 오염원으로부터 화학물질에 점점 더 심각하게 노출되고 있다. 이 중 식품은 다른 노출인자와는 달리 매우 복잡한 매질(matrix)의 특성을 가지고 있으며, 민족의 식습관에 매우 큰 영향을 받을 뿐만 아니라 생산 · 제조 · 유통 및 가공 등 식품공급사슬에서 새로운 유해물질이 생성 혹은 증가/감소 등 매우 복잡한 기전을 가지고 있다. 식품을 통한 화학물질의 노출 시나리오의 복잡성, 대용량 모니터링 자료 처리 문제 등으로 노출량 추정에 어려움을 겪고 있다. 전 세계적으로 미국, 유럽연합, 호주 · 뉴질랜드 등 각국의 식품안전을 담당하는 정부기관에서는 위해평가를 수행하는 전담부서를 설치하고, 자국민들의 식품 중 화학물질에 대한 모니터링자료, 국가 단위 식생활조사 자료 및 인구집단 특성자료를 연계하여 국가마다 고유한 컴퓨터 데이터베이스 기반의 위해평가 시스템을 개발하여 탐색적 내지는 규제목적의 노출평가 및 위해평가를 실시하고 있다.

본고에서는 국내외 정부기관에서 구축 및 활용하고 있는 식품 중 화학물질의 모니터링 데이터베이스 관리체계와 위해평가 시스템 동향에 대하여 조사하고 데이터베이스 구성 및 위해평가 시스템이 제공하고 있는 주요 기능들을 살펴보고자 한다.

본 론

1. 국내 연구 동향

식품 등의 위해평가 조항(제 13조)이 신설된 식품위생법이 개정되고, 위해평가를 포함한 식품안전기본법이 입법예고(2005.2.12)됨에 따라 2005년 7월 28일 이후 식품안전관리정책 수립 시 위해평가 수행이 의무화되면서, 위해평가의 수요 및 중요성이 증가하고 있다.

우리나라의 식품 중 유해물질에 대한 모니터링 데이터

* Correspondence to: HunJoo Lee
Cheminet Co., Ltd., 43 Mokdongjungang-ro, Yangcheon-gu, Seoul, Korea
Tel: 82-2-2647-4930 Fax: 82-2-2647-4932 E-mail: adstar2000@empas.com

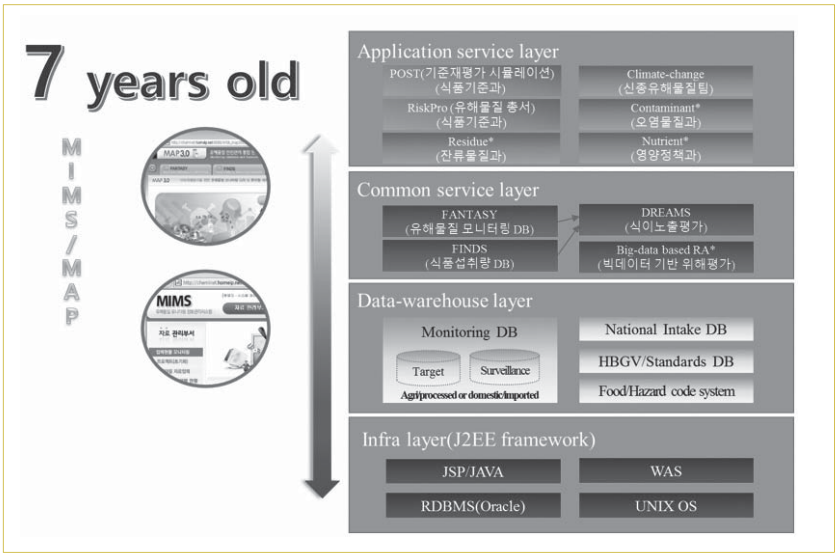

그림 1. MIMS/MAP 플랫폼 소프트웨어 아키텍쳐.

베이스는 2005년 KRIS DB가 구축되면서 유해물질별 위해성 평가를 위한 과학적, 객관적 자료로서의 축적이 이뤄지기 시작했다. 2009년 식품 중 유해물질들의 안전기준 데이터를 통합관리하기 위하여 '식품 중 유해물질 안전기준 DB' 프로그램을 개발하고 148개 물질의 26,700건의 자료를 입력하며 데이터베이스를 구축하였다. 2009년 식품의약품안전평가원에서는 과학적인 안전관리를 위한 위해평가 기반을 마련하고, 신속하고 정확한 위해평가 수행을 위하여 2009년에 유해물질모니터링데이터베이스 · 평가프로그램(MIMS/MAP)[1] 시스템을 구축하고, 기능을 강화하기 위해 현재까지 지속적인 업데이트를 수행하고 있다(그림1).

MIMS/MAP은 국가에서 생산된 식품 중 유해물질 모니터링 자료를 체계적으로 수집하고 관리하며 데이터를 분석할 수 있는 통합 데이터베이스이다. 식품의약품안전처의 식품평가부에서는 위해평가에 필요한 유해물질 모니터링 자료들을 축적하고 있다. 뿐만 아니라 위해평가에 필요한 국가 수준의 영양조사 및 식품섭취 실태조사로부터 도출된 한국인의 식품섭취량, 체중 정보 등을 업데이트하고 이 자료들을 연계하여 위해평가에 활용하고 있다. 그리고, 리스크 프로파일(독성 프로파일 및 위해사례 등), 기준규격, 식품구성성분(Food composition) 데이터베이스를 구축하여 유해물질 모니터링 자료 추출 및 평가는 물론 기준재평가 시뮬레이션이나 노출평가까지 다양한 물질에 대하여 일괄적으로 처리할 수 있는 시스템을 구비하였다. 식품 섭취량 데이터와 식품 중 화학물질 함량 데이터를 연계하여 식이를 통한 노출을 평가하고 식품 중 화학물질에 대한 추정 노출량을 기설정된 관련 기준치와 비교 평가하는 시스템으로, 나아가 국내 · 국외적 식품 관련 기준 규격 설정 등의 위해관리에 적용하여서 범국가적인 관리 및 정보의 제공과 공유가 이뤄질 수 있다. 세계보건기구(WHO)와 같은 국제기관과의 데이터 정보교류 및 국제협력을 위해 GEMS/FOOD programme에 데이터를 업로드 하고 식품섭취량 데이터 송부 기능도 개선해 나가고 있다.

2. 국외 시스템 동향

가) WHO/FAO

WHO/FAO의 경우, 전 세계 식품의 오염도 조사 및 인체노출 자료 수집과 위해평가를 목적으로 GEMS/Food (Global Environment Monitoring System) 프로그램의 활동을 통하여 데이터베이스의 유지관리를 하고 있다. 해당 자료는 식품 중 오염물질 및 농약의 잔류수준에 대해 국제적으로 공신력 있는 기관을 통해 수집되었거나, 국제적으로 권고되는 절차에 근거한 총 식이조사(TDSs) 또는

1) MIMS/MAP : Monitoring Information Management System / Monitoring database and Assessment Program(Ⅲ)

동량식이조사로부터 식품 화학물질의 식이 노출량을 추정한 자료를 수집하고 있다. GEMS/Food 국제 데이터베이스는 식품 중 오염물질과 잔류농약에 대하여 개별형 및 집계형 자료로 구성되어 있고, 전문용어 사용과 자료 제출방법의 이해를 도와주는 정보를 제공해 오고 있다.

WHO는 전자자료 제출의 프로토콜과 데이터베이스로부터의 자료 검색과 보고서 생성뿐만 아니라 GEMS/Food 데이터베이스로 자료를 직접 입력할 수 있게 하는 컴퓨터 시스템도 개발한바 있고, 개별 및 집합형 식품 중 오염물질의 농도 자료에 대한 실험실용 운용프로그램(OPAL I)은 신청하는 즉시 곧 사용할 수 있도록 하고 있다. 또한 총 식이조사 및 동량식이조사를 통한 오염물질의 식이노출 자료를 제출하기 위하여 OPAL Ⅱ 프로그램을 제공하고 있다.

GEMS/Food 데이터베이스는 인터넷을 통하여 WHO의 SIGHT(Summary information on global health trends)웹사이트에서 접근하여, 각 국가의 자료를 제출할 수 있도록 하는데, 자료 제출자에 의하여 비밀로 판단된 자료는 제출자의 명시적 허가 없이 공표하지 않는 시스템을 갖추고 있다. 이러한 방법으로 오스트레일리아, 뉴질랜드, 미국, 유럽 등의 국가별 식품 중 화학물질의 농도 자료 등에 대해서도 국제적인 데이터베이스를 구축하고 있다(그림 2).

나) 미국

FDA에서는 Total diet study를 이용하여 식품섭취량을 조사하고 있으며, 환경청(EPA)에서는 보건복지부(DHHS)의 협조를 받아 미국 국민의 건강영양검진조사인 NHANES의 dietary intake data를 가공 · 활용하여 DRES (Dietary Risk Evaluation System), DEEM (Dietary Exposure Evaluation Model), DEPM (Dietary Exposure Potential Model) 등의 노출량평가 시스템을 운영하고 있으면서, 환경오염이 국민의 건강과 식생활에 미치는 영향을 체계적 · 지속적으로 모니터링하고, 과학적 근거에 입각한 관련 대책 마련과 시행 그리고 평가와 피드백(feedback)에 진력하고 있다.

DEEM 구성 중 주요 모듈 조사 및 분석에서는 급성 및 만성 노출평가 알고리즘 정보 등을 제공하고, 지원하는 노출평가 및 확률모형 분석은 points estimate, simple distribution, Probabilistic or Monte Carlo

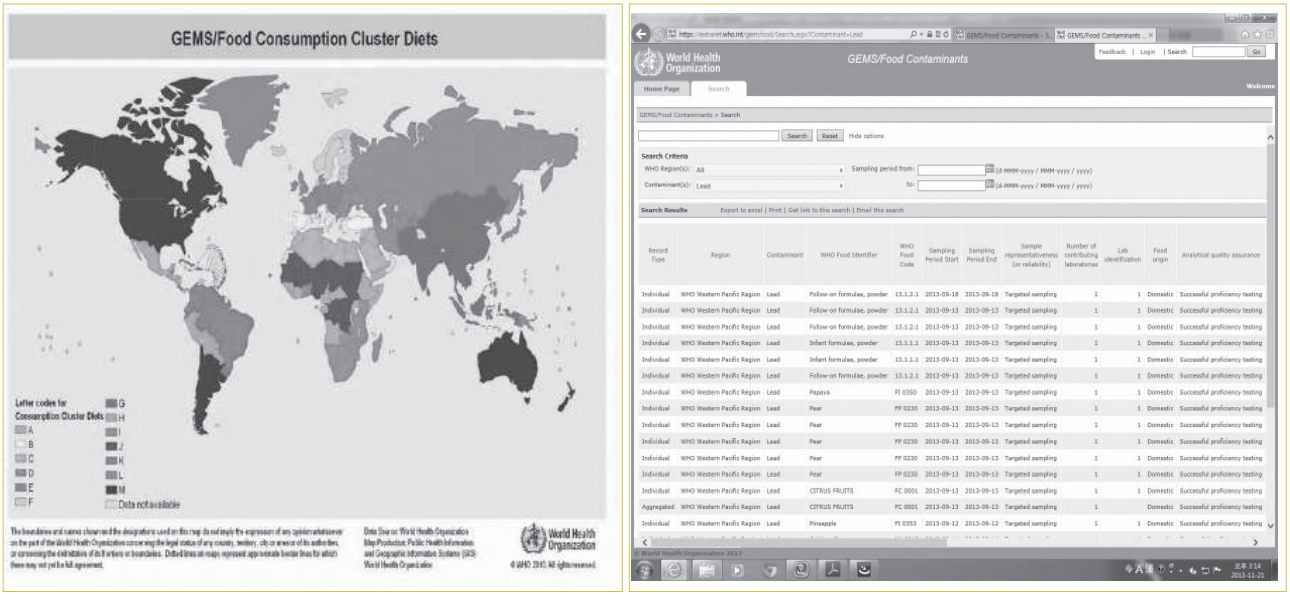

그림 2. GEMS/Food 프로그램 예시.

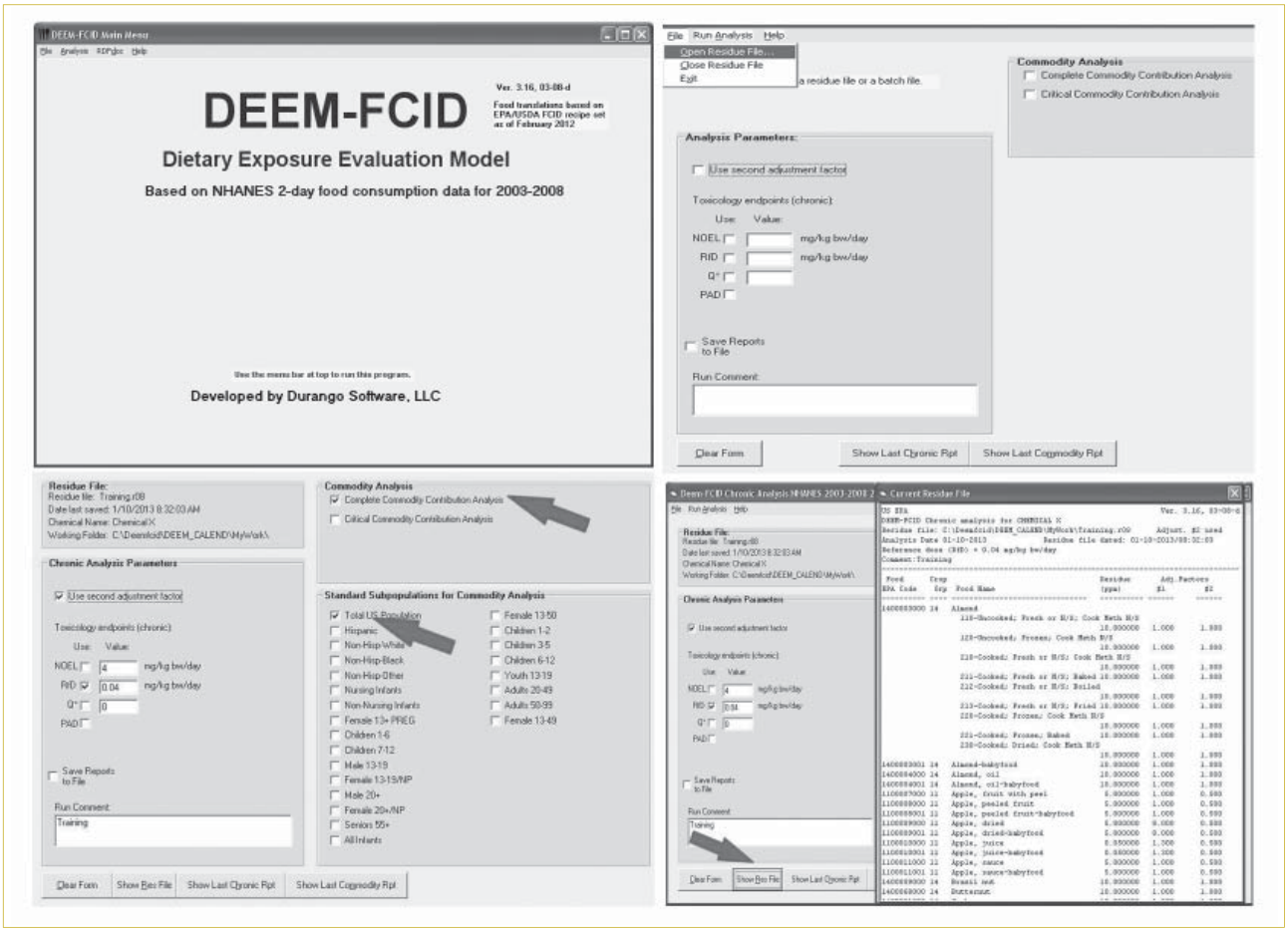

그림 3. DEEM-FCID 프로그램 예시.

Assessment 등 이다. DEPM에는 USDA PDP, FDA's TDS 등의 DB로 구성되어 있고, dBASEIV for FoxPro을 기반으로 stand-alone소프트웨어를 분석한다. 또한 dBASE IV 파일 내에 오염도 모니터링 자료 데이터베이스 형식의 물리적 정보를 제공한다(그림 3).

또한, 식품위해를 비교할 수 있는 프로그램인 FDA-iRISK는 식품 중 미생물 및 화학물질을 섭취한 인구 집단별 질병의 유발 가능성을 분석한다. 프로그램 사용자는 7가지 요소인 식품, 위해요인, 우려 대상군(고령층 및 면역취약계층), 식품 생산 또는 가공 체계, 섭취 패턴, 용량-반응(건강에 영향을 미칠 수 있는 노출정도), 위해요인 측정법(Hazard metrics)의 데이터를 입력하게 된다. 이를 통해 식품 생산 체계에서 단계별로 중재했을 때의 파급력과 대상 연구를 유연하게 살펴 볼 수 있도록 해주며, 그 결과도 공중 보건 측정법인 장애보정 손실년수(DALYs [Disability-Adjusted Life Year], 질병이나 사망으로 인해 손실된 생명 연수)로 제공한다.

수학 로직과 몬테카를로 시뮬레이션을 활용해 수집한 자료로, 각종 위해요인별 식품 오염 위험성을 비교하고, 순위를 선정한다. 한 가지 식품과 오염요소들을 분석하는 일반적인 위해평가 프로그램에 반해, FDA-iRISK는 여러 위해인자(미생물 및 화학물질)와 식품을 비교할 수 있다(그림 4).

해당 프로그램은 웹기반 시스템으로, 무료로 제공된다

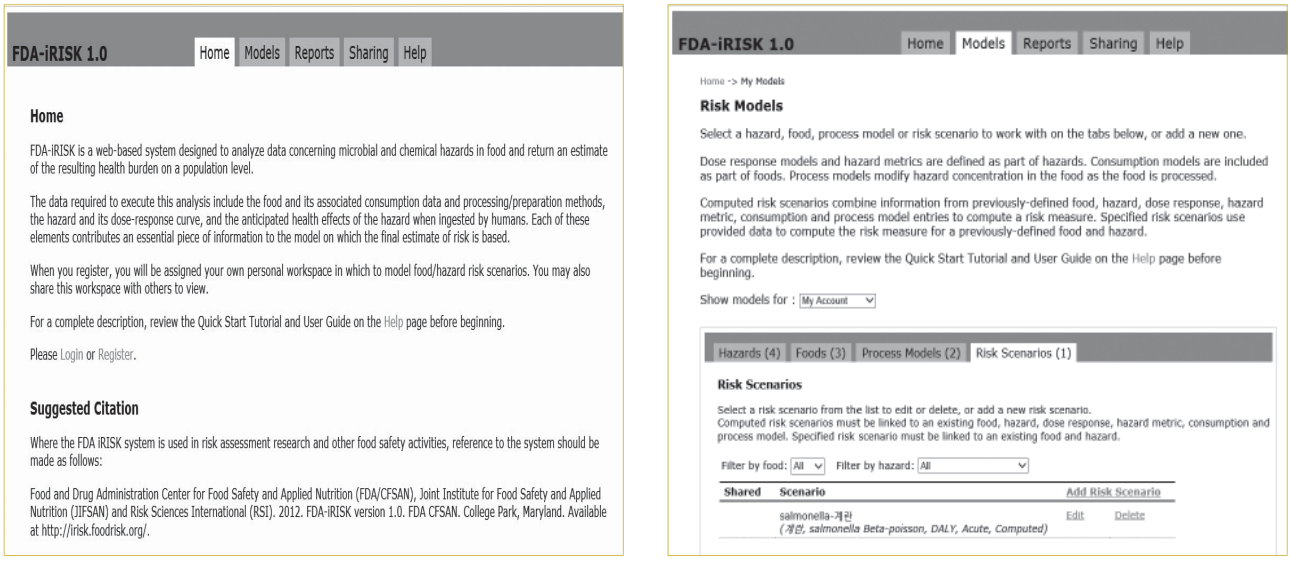

그림 4. iRISK 프로그램 예시.

는 점에서 사용자가 500여명을 넘었으며 접속 국가도 다양한 것으로 알려진다. 이용자 수와 열람할 수 있는 도출물이 많아질수록 식품 공급에서의 위해 및 위해 저감화 시나리오가 견고해질 수 있다.

다) 호주/뉴질랜드(Food Standards Australia New Zealand)

FSANZ에서는 유해물질 노출평가를 목적으로 식품데이터 베이스 프로그램 DIAMOND (DIetAry Modelling of Nutritional Data, 1995)를 개발하여 식이노출평가에 활용해오고 있다. DIAMOND프로그램의 특징은 농약, 오염물질 등 의도적 · 비의도적 화학물질 외에도 식품첨가물, 영양 및 기타 식품 원료로 식품 화학물질에 대한 식이노출을 계산하기 위해 만들어진 컴퓨터기반 노출평가 프로그램으로, SAS가 제공하는 통계 소프트웨어를 사용하고 있다.

DIAMOND는 데이터 저장부분과 노출평가 섹션의 두 가지 주요 부분으로 구성되어 있고 식이 노출을 추정하기 위해서는 특정 식품에 대한 식품 화학물질의 농도 데이터와 식품 소비수준, 소비자의 나이, 성별, 체중 등 소비자에 대한 정보 데이터를 필요로 한다. 추가적으로 유사한 식품을 함께 그룹화 할 수 있는 식품 분류 및 그룹화 시스템, 혼합음식을 기본재료로 분리시키는 조리법 데이터 세트, 노출이나 섭취량에 필요한 안전 수준을 나타내는 보건기준 등이 요구되며, 식품 소비량은 호주와 뉴질랜드에서 이루어지는 영양 조사에 의해 얻어진 데이터를 사용한다. 현재 DIAMOND를 포함하여 여러 개로 분리되어 있던 호주뉴질랜드의 식품영양 DB는 기존 플랫폼이 가지는 SAS 프로그램의 결합으로 인한 사용자 인터페이스의 한계 대용량 DB분석의 한계를 인지하여 2010년부터 Harvest를 계획하여 개발 중에 있다.

Harvest는 여러 개의 흩어져 있던 데이터베이스를 한 곳에 밀집하여 모든 프로젝트를 관리하고 작업할 수 있는 새로운 web 기반의 데이터베이스 시스템이다. Harvest에서는 작업자가 실시간으로 의견교환을 할 수 있고, 사용자에 따라 변경된 이력이 기록되어 데이터 변경에 대한 추적이 가능하며, 데이터뿐만 아니라 보고서, 문서, 프레젠테이션 등 다양한 형태의 결과물들이 저장될 수 있다.

또한, 여러 개의 데이터베이스(식품섭취량, 오염도, 영양성분, 레시피 등)을 포함하고 있으며 사용자 편의의 평가를 수행할 수 있도록 각 데이터베이스 간에 내부시스템

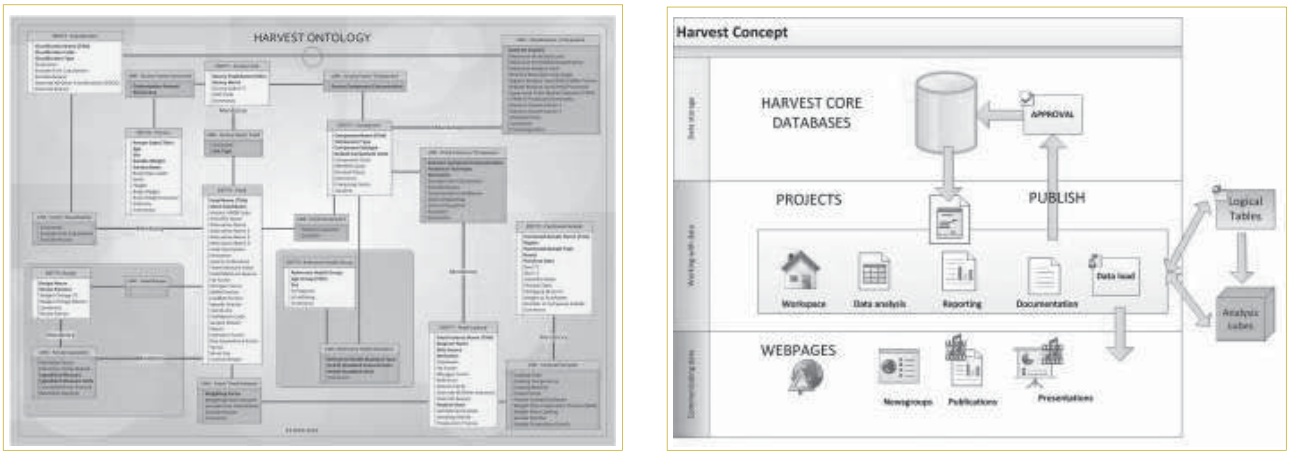

그림 5. Harvest 시스템의 구성도.

LINK를 구성하여 통합작업을 수행할 수 있는 프로그램이다(그림 5).

라) 독일

독일 환경청(Umwelt Bundes Amt, German Enviromental Survey(GerEs))에서는 독일 국민 건강조사(German National Health Survey)와 연계하여 유해물질에 대한 인체노출 조사를 실시한다. 1980년대 중반 성인 인구를 대상으로 시작되었으며, 조사 대상 범위를 넓혀 현재는 어린이까지 조사하고 있다. 노출평가 항목으로는 혈액 내 납, 카드뮴, 수은 등의 농도와 뇨 중의 비소, 카드뮴, 수은, 니코틴, 코티닌, PCP, PAH, DE HP, 유기인계 살충제 등의 농도를 조사하고, 식품섭취는 식품섭취빈도지(FFQ)를 이용하여 조사하는데 일반적 특성 및 생활습관 설문조사를 실시하여 노출평가에 이용한다(Becker *et al.*, 2007).

마) 프랑스

프랑스에서는 1일 유해물질 소비량을 추정하기 위하여 French National Institute for Agricultural Research (INRA)에서 수행하는 National individual dietary consumption survey(INCA2)를 이용하고 있다. 노출평가 항목으로 mycotoxin, 미량원소(trace elements) 등을 분석하고, 이러한 분석결과를 이용하여 1일 유해물질 소비량을 추정한다(Arnich et al., 2012; Sirot et al., 2013) (그림 6).

바) 스웨덴

스웨덴에서는 National Food Administration과 그 외 관련기관에서 주관하여 유해물질 노출평가를 실시하고 있다. 노출평가 항목으로는 duplicate portion study 또는 market basket survey(대표 식품 구입 후 분석)를 이용하여 방사성 물질, 중금속, 유기오염물, 기타 오염물질의 함량을 분석하고 있다. 7일 간의 식사기록법과 식품수급표 등을 이용하여 유해물질의 노출량을 추정한다(Becker, 2000).

사) 네덜란드

네덜란드의 RIVM(Netherlands National Institute for Public Health and the Environment)에서는 MCRA(Monte Carlo Risk Assessment) 시스템을 제공하고 있다. MCRA는 식이에서 화학물질 노출의 정량적으로 정확한 수준과 확률적인 값으로 노출 분포를 예측한다. 노출의 변이와 불확실성을 포괄적인 정보로 제공하고 민감도 분석 등을 통하여 위해평가에 영향을 미치는 변수를 확인 가능하게 한다. 불확실성을 고려하는 통계적인

Table 2
Mean levels in foods (mg/kg fresh weight).

Food group	n*	Al	As	Cd	Co	Hg (LB)	Hg (UB)	Ni	Pb	Sb (LB)	Sb (UB)
Bread and dried bread products	14	2.60	0.025	0.0193	0.0115	0.000	0.005	0.097	0.017	0.0009	0.0011
Breakfast cereals	6	0.70	0.009	0.0053	0.0141	0.000	0.005	0.182	0.005	0.0005	0.0009
Pasta	4	2.87	0.007	0.0114	0.0016	0.000	0.005	0.050	0.002	0.0015	0.0017
Rice and wheat products	5	1.32	0.012	0.0083	0.0020	0.000	0.005	0.038	0.002	0.0009	0.0011
Croissant-like pastries	6	3.45	0.023	0.0137	0.0187	0.001	0.006	0.133	0.011	0.0018	0.0019
Sweet and savoury biscuits and bars	24	4.00	0.026	0.0299	0.0222	0.001	0.006	0.228	0.010	0.0020	0.0021
Pastries and cakes	18	5.43	0.019	0.0085	0.0164	0.001	0.006	0.190	0.009	0.0038	0.0038
Milk	38	0.57	0.012	0.0011	0.0036	0.000	0.005	0.036	0.006	0.0001	0.0006
Ultra-fresh dairy products	75	0.72	0.012	0.0018	0.0042	0.000	0.005	0.072	0.006	0.0003	0.0008
Cheese	32	0.63	0.028	0.0024	0.0153	0.001	0.006	0.202	0.008	0.0009	0.0012
Eggs and egg products	30	0.77	0.014	0.0011	0.0057	0.000	0.005	0.067	0.004	0.0001	0.0006
Butter	6	2.06	0.019	0.0008	0.0455	0.001	0.006	0.054	0.009	0.0010	0.0013
Oils	10	0.69	0.014	0.0005	0.0014	0.000	0.005	0.039	0.003	0.0002	0.0007
Margarine	4	1.68	0.021	0.0010	0.0079	0.000	0.005	0.036	0.009	0.0018	0.0021
Meat	64	0.60	0.019	0.0012	0.0048	0.000	0.005	0.051	0.008	0.0012	0.0015
Poultry and game	38	0.72	0.016	0.0011	0.0049	0.000	0.005	0.038	0.004	0.0004	0.0008
Offal	16	0.47	0.019	0.0526	0.0906	0.000	0.005	0.064	0.020	0.0016	0.0018
Delicatessen meats	79	2.42	0.040	0.0094	0.0066	0.005	0.010	0.101	0.014	0.0011	0.0014
Fish	46	0.87	1.424	0.0073	0.0049	0.133	0.134	0.048	0.004	0.0010	0.0013
Crustaceans and molluscs	37	21.09	2.519	0.1666	0.0398	0.014	0.016	0.151	0.113	0.0021	0.0022
Vegetables (excluding potatoes)	269	2.51	0.011	0.0122	0.0061	0.000	0.005	0.093	0.008	0.0006	0.0010
Potatoes and potato products	48	0.69	0.010	0.0215	0.0088	0.000	0.005	0.105	0.005	0.0004	0.0009
Pulses	18	4.60	0.014	0.0088	0.0219	0.000	0.005	0.383	0.013	0.0022	0.0022
Fruit	75	1.01	0.010	0.0021	0.0046	0.000	0.005	01.12	0.005	0.0005	0.0010
Dried fruits, nuts and seeds	4	4.67	0.020	0.0170	0.0297	0.000	0.005	10.19	0.017	0.0004	0.0007
Ice creams, sorbets, frozen desserts	2	4.90	0.029	0.0075	0.0357	0.000	0.005	0.353	0.009	0.0018	0.0020
Chocolate	10	15.59	0.049	0.0286	0.1391	0.014	0.017	1.352	0.023	0.0042	0.0042
Sugars and sugar derivatives	8	1.63	0.015	0.0109	0.0068	0.000	0.005	0.104	0.008	0.0088	0.0089
Water	46	0.23	0.011	0.0005	0.0010	0.000	0.005	0.017	0.002	0.0002	0.0007
Non-alcoholic beverages	26	0.83	0.010	0.0017	0.0030	00.00	0.005	0.057	0.006	0.0006	0.0010
Alcoholic beverages	10	0.65	0.006	0.0009	0.0026	0.000	0.005	0.042	0.009	0.0010	0.0013
Coffee	30	0.54	0.009	0.0008	0.0126	0.000	0.005	0.074	0.003	0.0010	0.0013
Other hot beverages	31	4.10	0.010	0.0031	0.0191	0.001	0.006	0.205	0.007	0.0011	0.0014
Pizzas, quiches and savoury pastries	4	3.40	0.035	0.0101	0.0065	0.000	0.005	0.093	0.007	0.0012	0.0014
Sandwiches and snacks	30	2.04	0.032	0.0101	0.0117	0.001	0.006	0.093	0.007	0.0007	0.0010
Soups and broths	22	0.68	0.010	0.0059	0.0032	0.000	0.005	0.036	0.005	0.0006	0.0009
Mixed dishes	84	2.71	0.048	0.0133	0.0108	0.000	0.005	0.134	0.008	0.0014	0.0016
Dairy-based desserts	28	3.02	0.023	0.0113	0.0224	0.001	0.006	0.266	0.006	0.0030	0.0031
Compotes and cooked fruit	8	1.42	0.007	0.0059	0.0039	0.001	0.006	0.064	0.012	0.0010	0.0012
Seasonings and sauces	12	2.05	0.068	0.0169	0.0108	0.001	0.006	0.223	0.013	0.0006	0.0009
Miscellaneous foods	2	5.61	0.016	0.0229	0.0158	0.000	0.005	0.351	0.020	0.0010	0.0013

* n: Each sample = 15 subsamples; LB: lowerbound; UB: upperbound.

Table 3a
Detailed estimated dietary exposure (mean and 95th percentiles) of the French population to trace elements in the 2nd TDS (µg/kg bw/day) – adults.

Food group	Al			As			Inorganic As						Cd			Co		
	Mean (MB)	P95 (MB)	Contrib. (MB)	Mean (MB)	P95 (MB)	Contrib. (MB)	Mean (LH)*	Mean (HH)*	P95 (LH)*	P95 (HH)*	Contrib. (LH)*	Contrib. (HH)*	Mean (MB)	P95 (MB)	Contrib. (MB)	Mean (MB)	P95 (MB)	Contrib. (MB)
Bread and dried bread products	3.52	8.17	9	0.038	0.090	5	0.008	0.008	0.018	0.018	3	3	0.0350	0.0827	22	0.02	0.04	9
Breakfast cereals	0.04	1.18	0	0.000	0.009	0	0.000	0.000	0.002	0.002	0	0	0.0003	0.0076	0	0.00	0.02	0
Pasta	2.00	6.36	5	0.006	0.018	1	0.001	0.001	0.004	0.004	0	0	0.0088	0.0280	6	0.00	0.00	1
Rice and wheat products	0.20	1.22	0	0.007	0.028	1	0.002	0.002	0.007	0.007	1	1	0.0026	0.0117	2	0.00	0.00	1
Croissant-like pastries	0.47	3.75	1	0.003	0.025	0	0.001	0.001	0.005	0.005	0	0	0.0020	0.0153	1	0.00	0.02	2
Sweet and savoury biscuits and bars	0.68	5.54	2	0.003	0.023	0	0.001	0.001	0.005	0.005	0	0	0.0030	0.0195	2	0.00	0.03	2
Pastries and cakes	1.62	7.55	4	0.007	0.026	1	0.001	0.001	0.005	0.005	1	0	0.0032	0.0121	2	0.00	0.02	2
Milk	0.65	4.50	2	0.016	0.095	2	0.007	0.014	0.043	0.085	3	5	0.0015	0.0092	1	0.00	0.03	3
Ultra-fresh dairy products	0.88	3.32	2	0.014	0.047	2	0.006	0.012	0.021	0.042	3	4	0.0020	0.0079	1	0.01	0.02	3
Cheese	0.14	0.46	0	0.007	0.024	1	0.003	0.007	0.011	0.021	1	2	0.0010	0.0029	1	0.01	0.02	4
Eggs and egg products	0.19	1.22	0	0.003	0.013	0	0.000	0.000	0.001	0.001	0	0	0.0002	0.0010	0	0.00	0.01	1
Butter	0.22	1.24	1	0.003	0.009	0	0.002	0.003	0.006	0.009	1	1	0.0001	0.0004	0	0.00	0.02	2
Oils	0.11	0.36	0	0.002	0.006	0	0.001	0.002	0.003	0.006	0	1	0.0001	0.0002	0	0.00	0.00	0
Margarine	0.08	0.73	0	0.001	0.009	0	0.001	0.001	0.005	0.009	0	0	0.0001	0.0006	0	0.00	0.01	0
Meat	0.38	1.16	1	0.015	0.040	2	0.000	0.001	0.001	0.004	0	0	0.0008	0.0023	0	0.01	0.02	3
Poultry and game	0.24	1.03	1	0.007	0.029	1	0.000	0.002	0.000	0.009	0	1	0.0004	0.0015	0	0.00	0.01	1
Offal	0.01	0.26	0	0.000	0.011	0	0.000	0.000	0.000	0.001	0	0	0.0010	0.0265	1	0.00	0.05	1
Delicatessen meats	0.74	2.66	2	0.014	0.038	2	0.001	0.002	0.002	0.006	0	1	0.0019	0.0069	1	0.00	0.01	1
Fish	0.23	1.38	1	0.238	1.255	30	0.002	0.002	0.009	0.009	1	1	0.0012	0.0077	1	0.00	0.01	1
Crustaceans and molluscs	1.09	10.45	3	0.131	1.262	17	0.002	0.002	0.024	0.024	1	1	0.0086	0.1286	5	0.00	0.02	1
Vegetables (excluding potatoes)	4.62	14.13	11	0.017	0.041	2	0.011	0.012	0.026	0.030	4	4	0.0161	0.0510	10	0.01	0.02	5
Potatoes and potato products	0.56	1.53	1	0.008	0.023	1	0.002	0.006	0.007	0.016	1	2	0.0186	0.0479	12	0.01	0.02	4
Pulses	0.54	7.38	1	0.001	0.015	0	0.001	0.001	0.010	0.011	0	0	0.0010	0.0139	1	0.00	0.02	1
Fruit	1.80	6.28	4	0.018	0.067	2	0.009	0.010	0.032	0.038	4	4	0.0037	0.0150	2	0.01	0.03	4
Dried fruits, nuts and seeds	0.17	2.22	0	0.001	0.010	0	0.000	0.000	0.001	0.001	0	0	0.0008	0.0112	1	0.00	0.02	1
Ice creams, sorbets and frozen desserts	0.54	4.80	1	0.003	0.028	0	0.001	0.003	0.013	0.025	1	1	0.0010	0.0088	1	0.00	0.03	2
Chocolate	1.18	9.02	3	0.005	0.042	1	0.001	0.001	0.008	0.012	0	0	0.0021	0.0159	1	0.01	0.08	6
Sugars and sugar derivatives	0.48	1.64	1	0.004	0.014	1	0.001	0.001	0.003	0.004	0	0	0.0052	0.0239	3	0.00	0.01	1
Water	1.99	5.69	5	0.066	0.231	8	0.066	0.066	0.231	0.231	27	24	0.0042	0.0122	3	0.01	0.02	5
Non-alcoholic beverages	0.80	4.57	2	0.012	0.067	1	0.012	0.012	0.067	0.067	5	4	0.0011	0.0073	1	0.00	0.02	2
Alcoholic beverages	1.64	7.58	4	0.015	0.069	2	0.015	0.015	0.069	0.069	6	5	0.0015	0.0067	1	0.01	0.05	6
Coffee	1.40	5.73	3	0.038	0.161	5	0.038	0.038	0.161	0.161	16	14	0.0027	0.0112	2	0.02	0.08	11
Other hot beverages	5.10	33.95	13	0.013	0.089	2	0.013	0.013	0.089	0.089	5	5	0.0013	0.0087	1	0.01	0.04	3
Pizzas, quiches and savoury pastries	1.29	8.81	3	0.010	0.061	1	0.002	0.002	0.012	0.012	1	1	0.0033	0.0213	2	0.00	0.01	1
Sandwiches and snacks	0.40	4.29	1	0.006	0.059	1	0.001	0.001	0.012	0.012	0	0	0.0018	0.0172	1	0.00	0.03	1
Soups and broths	1.16	8.43	3	0.012	0.094	2	0.008	0.009	0.060	0.068	3	3	0.0055	0.0309	3	0.00	0.02	2
Mixed dishes	1.52	7.58	4	0.026	0.254	3	0.013	0.013	0.127	0.127	5	5	0.0079	0.0430	5	0.01	0.03	3
Dairy-based desserts	1.12	7.86	3	0.006	0.055	1	0.003	0.006	0.025	0.049	1	2	0.0025	0.0196	2	0.01	0.05	4
Compotes and cooked fruit	0.32	3.17	1	0.001	0.010	0	0.001	0.001	0.005	0.006	0	0	0.0011	0.0131	1	0.00	0.01	0
Seasonings and sauces	0.22	0.75	1	0.006	0.020	1	0.006	0.006	0.020	0.020	2	2	0.0019	0.0098	1	0.00	0.00	1
Particular foods	0.01	8.88	0	0.000	0.026	0	0.000	0.000	0.026	0.026	0	0	0.0000	0.0363	0	0.00	0.03	0
Total	40.3	69.7	100	0.784	1.794	100	0.242	0.278	0.456	0.509	100	100	0.157	0.265	100	0.18	0.31	100

(continued on next page)

그림 6. INCA2의 가공식품에서 미량원소 모니터링 결과.

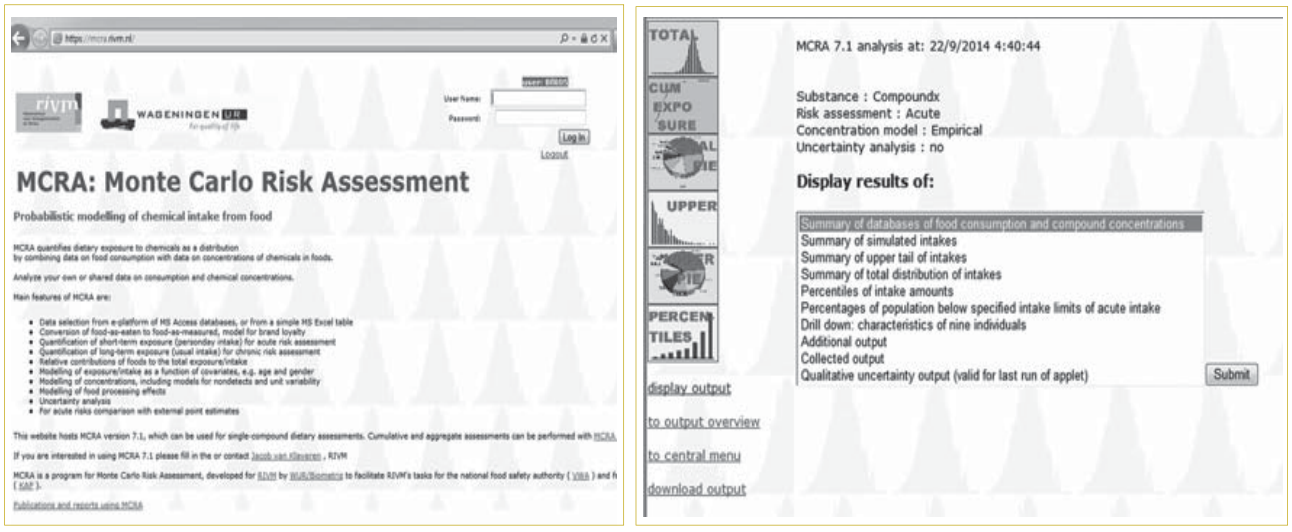

그림 7. MCRA 프로그램 예시.

모델을 사용하면서 평가의 신뢰성을 높이고 데이터간의 차이를 파악하며 노출 민감군에 대한 정보를 얻을 수 있다. 미국 FDA의 iRISK와 같이, 웹 기반의 프로그램으로 사용자의 접근성이 좋고, 통계적인 계산 기능이 강화된 만큼 그래프 등의 가공 데이터 결과물의 기능이 다양하게 제공된다.

결 론

위해평가 결과의 경우 관련 식품산업체나 자국의 농어민들의 판매에 미치는 파급효과가 매우 크기 때문에 독립성과 투명성을 가진 정부기관에 의하여 이루어지고 있는 실정이다. 또한 정부기관의 관할 업무에 따라서 위해평가 대상 매체 식품 및 화학물질 역시 독립적 혹은 통합적으로 관리함을 알 수 있다.

위해평가에는 화학물질의 독성적 프로파일을 비롯하여 다양한 인구집단에 따른 식이패턴 자료, 식품의 기준규격, 식품 중 화학물질의 모니터링 자료, 인체노출허용량의 정량적 자료 및 과거 사례자료 등 방대한 자료가 요구되며 단순한 자료의 축적이 아닌 체계적이고 유기적으로 연계되고 정제된 통합 데이터베이스가 요구된다.

하지만 현실은 해당 자료들이 각 국가마다 서로 다른 정부기관들에서 생산된 자료를 통합하여 사용하다보니 서로 다른 목적으로 서로 다른 크기로 생산되어 데이터 통합이 매우 어렵고 정보 부족(data gap)으로 결합이 쉽지 않은 것이 현실이며 가능하더라도 연계작업에 소요되는 비용이나 연계과정에서 발생하는 불확실성 역시 매우 많이 발생하고 있다.

위해평가의 최종 목표는 가장 현실성 있는 위해도의 산출이며 이를 실현하기 위해서는 불확실성을 최소화하기 위한 독성학, 식품공학, 식품영양학, 화학분석학, 환경보건학, 컴퓨터과학 및 통계학 등 다양한 과학 분야 전문가들 간의 기술의 융합과 더불어 각 국가별 부처간 협력, 이해 당사자 간의 소통체계 확립이 매우 중요한 만큼 기술, 경제 및 정책 등 통섭적 차원에서의 위해평가 소프트웨어 및 하드웨어 마련 및 지원체계가 매우 절실하다고 하겠다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 식품의약품안전처의 연구개발비(14162위해분702)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. https://www.who.int/

2. https://www.epa.gov/

3. https://irisk.foodrisk.org/

4. https://www.foodstandards.gov.au/

5. https://mcra.rivm.nl/

6. Becker, C. G., Fonseca, C. R., Haddad, C. F. B., Batista, R. F. and Prado, P. I. 2007. Habitat split and the global decline of amphibians. Science 318, 1775–1777.

7. Arnich N, Sirot V, Riviere G, Jean J, Noel L, Guerin T, et al. 2012. Dietary exposure to trace elements and health risk assessment in the 2nd French Total Diet Study. Food Chem Toxicol 50:2432–2449.

8. Sirot V, Fremy JM, Leblanc JC, 2013. Dietary exposure to mycotoxins and health risk assessment in the second French total diet study. Food Chem Toxicol., 52, 1–11.