pISSN 1229-1153 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 30, No. 3, pp. 217~226 (2015)
http://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2015.30.3.217

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

우리나라 식품안전보건지표의 개발 및 운용과정 정립에 대한 연구

변가람[1] · 최지혜[1] · 이종태[1,2]*
[1]고려대학교 대학원 보건과학과, [2]고려대학교 보건과학대학 보건정책관리학부

A Study on Establishing a Standardized Process for the Development and Management of Food Safety Health Indicators in Korea

Garam Byun[1], Giehae Choi[1], and Jong-Tae Lee[1,2]*
[1]*Department of Public Health Sciences, Graduate School, Korea University, Seoul, Korea*
[2]*Division of Health Policy & Management, College of Health Science, Korea University, Seoul, Korea*
(Received February 11, 2015/Revised May 9, 2015/Accepted June 26, 2015)

ABSTRACT - This study was conducted to establish a standardized process for developing food safety health indicators. With this aim, we proposed a standardized process, accessed the validity of the suggested process by performing simulations, and provided a method to utilize the indicators. Developing process for domestic environmental health indicators was benchmarked to propose a standardized process for developing food safety health indicators, and DPSEEA framework was applied to the development of indicators. The suggested standardized process consists of an exploitation stage and a management stage. In the exploitation stage, a total of 6 procedures (initial indicators suggestion, candidate indicators selection, data availability assessment, feasibility assessment, pilot study, and final indicator selection) are conducted, and the indicators are routinely calculated and officially announced in the management stage. The exploitation stage is operated by an interaction between a task force team who manages the overall process, and an advisory committee (minimum of 4 in academia, 2 in research, 4 in specialists of Ministry of Food and Drug Safety) who reviews and performs evaluations on the indicators. The standardized process was simulated with 45 initial indicators, and total of 4 indicators (17 detailed indicators) were selected: 'Proportion of domestic fruit/vegetable receiving 'acceptable' in the evaluation of pesticide/herbicide residues', 'Food-borne disease outbreaks', 'Food-borne legal infectious disease incidence', 'Salmonellosis incidence'. Synthetic food safety health index was derived by calculating percent difference with the data from 2010 to 2012. Results showed that when comparing the year 2010 to 2011, and 2011 to 2012, the overall food safety status improved by 10.37% and 9.87%, respectively. In addition, the contribution of indicators to the overall food safety status can be determined by looking into the individual indicators, and the synthetic index may be illustrated to enhance the ease of interpretation to the public and policy makers. In overall, food health safety indicators can be useful in many ways and therefore, attention should be drawn to conduct further studies and establish related legislations.

Key words : food safety health indicator, health risk information system, risk management, environmental health indicator

최근 식품안전관리의 방향이 매체지향적인 관리에서 수용체지향적인 관리로 전환되고 있다. 이에 따라 적절한 식품안전보건관리 측면의 정책안을 수립하는데 있어, 식품오염을 일으키는 유해물질 관련 정보뿐만 아니라 오염된 식품을 섭취하였을 때 발생할 수 있는 건강영향에 대한 정보의 활용에 대한 필요성이 증대되었다. 이러한 경향은 WHO, 미국을 비롯한 국제기구 및 외국에서 이미 오래 전에 언급되었던 주제로서, 필요한 정보를 효과적으로 나타내기 위해 식품 위해 요인의 발생부터, 노출, 건강영향에 이르는 체계적인 식품안전보건지표시스템이 구축되어 운영 중이다[1,2]. 식품안전보건지표는 식품 위해 요인과 건강 사이의 상호관계를 설명할 수 있는 정보로서, 건강에 영향을 미치는 식품 위해 요인에 관한 지표(건강관련식품지표: Health-related food safety indicators)와 위해 요인에 노출됨으로써 발생하는 건강영향에 대한 지표(식품관련건강지표: Food-related health indicators)로 이루어진다.

식품안전보건지표 구축을 통하여 기대하는 것은 단일 위

*Correspondence to: Jong-Tae Lee, Division of Health Policy & Management, College of Health Science, Korea University, Anam-dong 5-ga, Seongbuk-gu, Seoul 136-713, Korea
Tel: 82-3290-5668, Fax: 822-2298-0248
E-mail: jtlee@korea.ac.kr

해 요인과 관련된 일련의 지표들이 farm-to-fork(식품이 생산 및 공급되어 소비되기까지의 모든 경로)의 과정에서 오염원과 오염경로, 오염된 식품의 섭취를 통한 노출수준 및 그로 인해 발생할 수 있는 건강영향의 공중보건학적 규모를 대변하는 것이다. 이러한 지표들간의 유기적인 관계를 나타내기 위해서는 위해 요인부터 건강영향에 이르는 메커니즘을 포괄하는 모형이 필요하며, 이러한 모형을 토대로 식품보건지표를 개발할 시, 일관적이고 체계적인 모니터링의 운용과 명확한 정책적 개입 지점 파악이 가능하다. 국외에서는 multiple exposure-multiple effects (MEME), driving force-pressure-state-exposure-effect-action framework (DPSEEA) 등 다양한 모형에 기반하여 식품안전을 포함한 다양한 환경영역에서 환경보건지표를 생산하고, 이를 통해 통합적인 환경매체 관리를 하고 있다[3].

국내에서도 지표시스템의 필요성과 유용성에 의거해 2007년-2010년에 걸쳐 『지역사회 환경보건 평가방안연구 I』 및 『환경보건지표의 발굴 및 개발에 관한 연구』가 시행되었다[4-7]. 그 결과 DPSEEA 모형을 적용한 환경보건지표 개발과정을 구축하였고, 현재 운용 중에 있다. 그러나 환경보건지표를 개발하는 과정에서 국외와 다르게 환경과 식품안전을 별개로 인식하는 국내여건을 반영하여 식품분야를 제외하였다. 따라서 식품안전분야에 한해서는 체계적인 지표시스템이 부재하고 단순히 개별지표를 생산하는 수준에 머물러 있는 실정이다.

이에 2012년 국내 식품안전보건지표를 개발을 목적으로 『식품 중 유해물질 관리를 위한 식품보건지표 선정 및 평가 방법 개발』 연구가 실행되었다[8]. 기 언급한 바와 같이 해당 연구는 국내 실정에 적합한 식품안전보건지표의 개발 및 운용과정을 제시하는 것을 일차적인 목적으로 하였다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 구체적으로 국내외의 식품보건지표 개발현황 및 활용실태를 조사하여 이를 기반으로 국내 식품안전보건지표의 생산절차를 매뉴얼(manual)화 하였다. 또한, 지표선정 과정을 명확하게 재정비하고 선정 과정이 제대로 운용될 수 있음을 확인하기 위해 제안된 매뉴얼에 따라 식품안전보건지표 개발의 전반적인 과정을 시뮬레이션 하였다. 마지막으로 선정된 식품안전보건지표를 활용하기 위한 방안의 한 예로써 통합식품안전보건지수를 제시하였다. 식품안전보건지표는 외국의 경우 식품안전관리를 위해 활발히 활용되고 있는데 비하여, 국내에서는 그 개념이 아직 많이 알려지지 않았고 관련 연구도 부족하여 이에 대한 관심이 필요하다. 또한, 2012년 국내에서 시행된 연구에서 제시한 식품안전보건지표[8]는 지표 산출을 위한 모니터링 시스템 부족 등의 데이터의 제한으로 인해 지표의 개수나 질에 한계점이 있다. 따라서 데이터의 한계를 보완하고 추가적인 지표 산출을 위해서는 향후 지속적인 연구가 이루어져야 한다. 국내 식품안전관리분야에서 지표연구의 활성화를 위해서는 현재 식품안전보건지표 개발연구의 내용을 정리하여 관련 연구자 및 정책결정자들의 이해를 도울 필요가 있다. 본 논문은 이러한 필요성에 따라 식품안전보건지표 국내 활용을 위한 정립절차를 모색하여 제시하는 것을 목적으로 수행되었다.

Materials and Methods

국내 식품안전보건지표 개발을 위해 먼저 지표 개발을 위해 사용할 수 있는 모형에 대하여 이론적으로 그 장단점을 고찰하여 연구에 사용할 모형을 채택하였다. 채택한 모형을 기반으로, 국내외 및 국제기구에서 실시된 지표관련 사업을 조사하여 각 사업의 지표 정립과정 및 최종 채택된 지표에 대해 고찰하고, 이를 토대로 식품안전보건지표 개발과 운영을 위한 절차를 제안하였다. 제안된 절차의 모든 단계가 원활히 운용될 수 있는지를 검증하기 위해 가용 자료를 활용하여 시뮬레이션을 실시하여 국내에서 활용 가능한 식품안전보건지표를 선정하였다. 마지막으로, 선정된 식품안전보건지표의 구체적인 활용방안으로써 통합식품안전보건지수를 산출하였다.

모형 채택

식품안전보건지표의 범위를 한정하고 개별지표들의 성격을 규정하기 위해서는 식품 위해 요인과 건강영향 사이의 관계를 연결 지어주는 모형이 필요하다. 따라서 지표개발에 사용되는 여러 모형의 장단점을 비교하기 위해 기존문헌에서 지표 개발에 적절한 모형을 선택할 수 있도록 소개된 기준[3](Table 1)을 활용하였다. 해당 기준에 모두 부합하는 모형을 분석하고 그 중에서도 가장 효과적인 모형을 최종 선정하여 국내 식품안전보건지표개발에 필요한 절차를 설계하는데 참고하였다.

국내외 사례고찰

국내에서 사용 가능한 식품안전보건지표의 개발을 위해 우선적으로 유럽, 미국, 아시아 등 국외에서 현재 식품안전을 위해 개발 및 운용되고 있는 지표와 국내의 기 개발된 지표 또는 지수 등의 개발 현황 및 활용 사례를 조사하였다. 사례 조사를 위해 google, PubMed 등의 검색엔진에 ‘food indicator’, ‘environmental health indicator’, ‘health indicator’를 keyword로 검색하여 사업보고서 또는 논문 형태의 자료를 수집하였다. 각 사업 및 연구에서 지표 개발을 위해 사용한 절차 및 운용방안, 현재 공표되고 있는 지표 등을 비교・평가 하였다. 비교・평가의 결과는 국내 식품안전보건지표의 개발 및 운용을 위한 과정정립과정을 설계하고 초기지표를 제안하는 데 참고하였다.

Table 1. Attributes to be considered in selecting the most appropriate framework for the development of Food Safety Health Indicators in Korea

Framework attributes*	Contents
Purpose	Is the model explicitly designed for the development of indicators?
Inclusion	Does the model include environment and health components?
Causal chain approach	Is the concept of causal chain applied in the model?
Distal causal factors	Are there socio-demographic components, which are known causes of hazardous exposure and adverse health outcomes, included in the model?
Exposure route	Are the various routes of exposure included?
Actions/interventions	Are actions/interventions, such as reduction plans for exposure or treatments and preventions for adverse health outcomes, included in the model?
Multiple entry points for actions/interventions	Does the model allow inference on identifying multiple entry points for interventions?
Impacts of exposure on human health	Can the model be used to measure the impact of exposure on human health?

*Obtained from Jong-Tae L. The study of the selection and the evaluation of health indicators for management of hazardous substances in food. Ministry of Food and Drug Safety; Chungcheongbuk-do, Korea: 2010

식품안전보건지표 개발 및 운용을 위한 과정 정립

식품안전보건지표 개발 및 운용 과정을 정립하는 것은 향후 지속적으로 식품안전보건지표를 개발하고 일관되게 운용할 수 있는 토대를 제공한다. 이에 본 단계에서는 국내 식품안전보건지표를 개발하기 위해 필요한 일련의 과정 및 평가기준, 평가서 등을 제안하였다. 식품안전보건지표 개발 및 운용을 위한 과정을 제안하기 위해 전 단계(국내외 사례고찰)의 결과를 참고하였다. 이러한 절차는 식품매개질병을 예방하는데 중요하고 국내에서 바로 실행 가능한 자료가 있는 지표 만이 최종적으로 식품안전보건지표로 선정되도록 보장할 수 있어야 한다. 따라서 측정 가능성, 독립성, 신뢰성 등 지표가 가져야 할 조건을 기준으로 지표를 평가할 수 있도록 하였다(Table 2)[9].

개발 및 운용 과정에 따른 식품안전보건지표의 타당성 검토

본 단계에서는 전 단계(식품안전보건지표 개발 및 운용을 위한 과정 정립)에서 제안된 식품안전보건지표 개발 및 운용과정이 원활하게 진행될 수 있는지 검토하고, 사용 가능한 식품안전보건지표를 개발하기 위해 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션은 가용한 자료를 활용하여 전 단계에서 제안된 모든 과정을 재현해보는 것을 주 목적으로 하였다. 이를 위해 제안된 모든 절차를 단계적으로 실시하여 절차상의 문제가 있는지를 확인하고 최종 지표를 선정하는 방식으로 이루어졌다. 즉, 본 단계에서는 실제 식품안전보건지표를 제안해보는 것을 시작으로, 제안된 절차를 토대로 지표의 선정과정을 거치면서 각 단계의 문제점을 보완하도록 하였다. 그리고 확립된 지표 선정과정을 통해 최종 식품안전보건지표가 선정되도록 하였다.

지수화를 통한 통합식품안전보건지수의 산출

식품안전보건지표는 유해물질 오염원으로부터 노출로 인한 건강영향에 이르기까지 다양한 영역을 포함하고, 각 영역의 지표는 세부지표로 구성되기도 한다. 그런데 개별적인 지표 값 만을 제시한다면 정책관리자와 국민이 국내 식품안전보건상태를 종합적으로 판단하기 어려울 수 있다. 따라서 이러한 한계점을 극복하기 위한 식품안전보건지표의 활용방안으로써 연도별 지역별 식품안전보건지수를 통합한 통합식품안전보건지수를 산출하여 전반적인 식품안

Table 2. Criteria to satisfy in order to be selected as an indicator

Criteria*	Contents
Measurability	The indicators selected should be measurable on a quantitative data basis and also capable of rendering evolutionary trends over certain periods of time.
Risk	The selected indicators should represent risk, not hazard
Independence	The selected indicators should not overlap with each another.
Reliability	The indicators must not be sensitive to any bias.
Availability	The information required for the indicators must at all times be easily available.
Representativeness	The whole of the indicators must be representative for the entire food chain.
Clarity	There must be no ambiguous relationship between an increase or decrease of an indicator and human health status.
Continuity	The indicators should have already been measured over a long period of time, and expected that they will be further followed up during many years to come.

*Obtained from Jong-Tae L. The study of the selection and the evaluation of health indicators for management of hazardous substances in food. Ministry of Food and Drug Safety; Chungcheongbuk-do, Korea: 2010

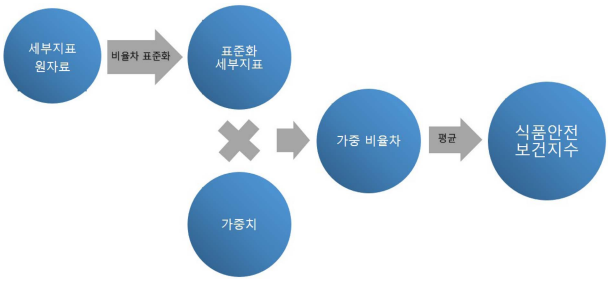

Fig. 1. Schematic diagram of the calculation of Synthetic Food Safety Health Index.

전보건수준을 평가하였다.

식품안전보건지표는 원 자료의 형태에 따라 전국단위, 광역시도단위, 시군구 단위 등으로 산출 가능한 지역적 해상도가 상이하다. 따라서 2011년과 2012년자료를 활용하여 전국단위와 광역시도단위의 식품안전보건지표를 산출하였다. 통합식품안전보건지수의 산출은 개별 세부지표의 값 산출, 표준화, 가중치 산출, 통합의 과정으로 이루어졌다. 먼저 개별 세부지표 값 산출을 위해 최종 선정된 식품안전지표 중 지수화에 활용 가능한 세부지표를 선정하여 각 세부지표의 값을 계산하였다. 개별 세부 지표 값은 아래의 공식에 따라 비율차(percent difference)를 산출하여 표준화하였다.

$$\text{비율차} = [(\text{전년도지표값} - \text{당해년도지표값}) / (\text{전년도와 당해년도 지표값의 평균})]$$

표준화된 세부지표는 각각에 해당하는 가중치를 산출하였다. 가중치는 각 지표의 중요도를 평가할 5개 기준 항목(타당도, 식품안전보건학적 의미, 정책 관련성, 지역 차이의 설명 가능성, 사후평가 이용가능성)을 정한 후, 지표를 평가한 결과를 토대로 지표간의 중요도를 고려하여 산출하였다. 각 지표별로 산출된 가중치와 표준화된 비율차의 곱으로 '가중 비율차'를 산출하고, 전체 지표의 '가중 비율차'를 평균 낸 값을 '식품안전보건지수'로 산정하였다 (Fig. 1).

Results

모형 채택

국내 식품보건지표 개발에 사용될 모형을 선정하기 위해 지표개발에 사용되는 11개 모형의 장단점을 모형이 갖추어야 할 7개 조건을 고려하여 평가하였다[3]. 이러한 조건을 모두 만족하는 모형은 MEME[10], EPHI[11], DPSEEA[12]로 총 3개였다(Table 3).

이들 중 가장 효과적인 모형을 최종 선정하기 위해 각 모형의 특징을 비교하였다. 먼저 세 모형은 식품 위해 요인의 발생에서 이에 따른 질환발생까지의 단계를 나누는 방식이 상이하였다. 유해물질이 생성되어 건강에 영향을 미치기까지의 유기적인 관계를 여러 영역으로 구분하는 것은 관리가 필요한 정책적 개입지점을 파악하는데 있어 중요하다. MEME 모형은 contexts, exposure, health outcome, action으로, EHPI 모형은 Hazard, Exposure, Health effect, Intervention으로 4개 영역으로 구성된 반면, DPSEEA 모형은 driving force, pressure, state, exposure, effect, action의 6개 영역으로 단계를 구분하였다. 하지만 MEME와 EHPI 모형은 노출되는 경로에 대한 영역구분을 상세히 하지 않아, 건강에 영향을 미치는 위해 요인이 사회적 환경과 같은 근원적(distal) 요인인지, 개인의 생활습관 같은 직간접적(proximal) 요인인지를 구분하지 못하였다. 이러한 단점을 극복한 모형이 DPSEEA 모형(Fig. 2)으로, 위해 요

Table 3. Evaluation of currently used framework models based on the framework attributes

Framework attributes**	Models*										
	PSR	DSR	DPSIR	BoD	MEA	Causal Web	MEME	EPHI	HIA	IEHIA	DPSEEA
Purpose	○	○	○	×	×	×	○	○	×	○	○
Inclusion	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Causal chain approach	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○
Distal causal factors	×	×	○	×	×	×	○	○	○	○	○
Exposure route	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○
Actions/interventions	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○
Multiple entry points for actions/interventions	×	×	○	×	○	×	○	○	×	×	○
Impacts of exposure on human health	×	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○

*PSR, Pressure-State-Response; DSR, Driving Force-State-Response; DPSIR, Driving Force-Pressure-State-Impact-Response; BoD, Burden of Disease Framework; MEA, Millennium Ecosystem Assessment; MEME, Multiple Exposures-Multiple Effects; EPHI, Environmental Public Health Indicator; HIA, Health Impact Assessment; IEHIA, Integrated Environmental Health Impact Assessment; DPSEEA, Driving Force-Pressure-State-Exposure-Effect-Action

**Obtained from Hambling, Tammy, Philip Weinstein, and David Slaney. A review of frameworks for developing environmental health indicators for climate change and health. International journal of environmental research and public health 8, no. 7 (2011): 2854-2875.

Driving forces: macro scale factors, such as population growth and economic development, which can trigger changes in the environment
Pressure: factors such as production and consumption which may affect the level of pollution
State: the level of environmental hazards
Exposure: the level of exposure to environmental hazards
Effect: adverse health effects caused by exposure to environmental hazards, such as food poisoning morbidity and mortality
Action: policy plans aimed to prevent or manage adverse health effects from exposure to environmental hazards

Fig. 2. An example of DPSEEA model used for the development of Korean Food Safety Health Indicators.

인이 질병발생에 영향을 미치는 과정을 5개 영역으로 나누어 정책적 개입지점을 명확하게 파악할 수 있게 하였다. DPSEEA 모형은 또한 국외 환경보건지표개발과정에서 가장 널리 활용되고 있다. 따라서 식품안전보건지표 개발에 가장 적합한 모형으로서 DPSEEA 모형을 최종적으로 선정하였다.

DPSEEA 모형의 Driving forces는 인구성장, 경제발전 등 환경적 변화를 일으킬 수 있는 요인을 나타낸다. Pressure는 인간활동으로 인한 오염물질의 배출을 나타내고, State는 이로 인해 환경 중에 분포하는 위해 요인의 수준을 의미한다. Exposure는 오염식품의 섭취와 같이 환경 위해 요인에 노출되는 수준을 나타내며, Effect는 위해 요인 노출로 인해 생기는 건강영향으로, 식중독 등의 질병이나 사망이 이에 해당한다. Action은 환경 위해 요인으로 인한 건강영향을 예방 및 관리하기 위한 정책적 개입을 의미하며, 모형의 어느 단계에서도 행해질 수 있다.

국내외 사례 고찰

현재 WHO, 미국, 벨기에 등의 국제기구를 비롯한 개별 국가에서 통합적인 환경보건지표를 개발하여 식품안전을 하위 영역으로 두고 있다. 또한, 국내에서도 환경보건지표와 식품안전관련 지수가 개발되어 사용되고 있다.

WHO에서는 The health and environment analysis for decision-making project (HEADLAMP)를 통해 DPSEEA모형을 적용한 환경보건지표 개발 지침을 제안하였다[13]. 이에 따라 WHO 유럽지부에서는 Environment and health information system (ENHIS)을 개발하여 국가간 환경보건 상태의 비교평가를 가능하게 하였다. ENHIS의 영역으로 대기질, 식품안전, 화학물질안전, 수질위생, 교통사고, 주거환경, 방사선문제, 근로환경 등이 있다. 이 중 식품안전 영역에 해당하는 지표로는 어린이의 식품 내 화학유해물질에 대한 노출, 모유 속 잔류유기오염물질, 어린이의 혈중 납 농도가 있다[1].

미국의 U.S.-Mexico Border Field Office에서는 환경 위해 수준과 그에 따른 건강 영향을 모니터링 하는 'Environmental Health Indicators for U.S.-Mexico border'을 개발하여 국경지역의 환경을 개선하고자 하였다[2]. 해당 지표의 개발은 DPSEEA 모형에 근거하고 있으며, 수질, 대기질, 폐기물, 식품, 자연재해, 인위적 사고, 인프라 등의 영역으로 구성된다. 식품영역에 해당하는 지표에는 '식품매개질환사고 발생 수', '식품매개체에 의한 5세 미만 어린이의 설사 발생률', '식품취급 기본 위생 인지 인구 비율' 등이 있다. 제안된 식품매개질환사고 발생수는 수인성질환과 식품매개질환을 별도로 취급하지 않고 있다는 제한점이 있으며, 자료의 한계로 인해 식품영역의 지표는 여전히 개발 중에 있다.

벨기에에서는 DPSIR (driving force-pressure-state-impact-response) 모형을 적용한 MIRA (milieurapport) indicator를 개발하여 지역의 환경상태를 나타내는 데 활용하고 있다[14]. 지표의 영역에 식품안전보건 분야는 따로 지정되어있지 않지만, 농약확산, 환경, 사람·건강 분야에 관련지표가 포함되어있다. 하지만 관련지표들이 중금속 및 잔류화학물질의 수준에만 초점이 맞추어져 있어, 다양한 식품 위해요인과 그에 따른 건강영향을 포괄적으로 다루고 있지 않다는 한계가 있다.

국내의 환경부에서도 환경보건정책 지원 및 모니터링을 위해 환경보건지표 개발사업을 진행하였다[4-7]. 환경보건지표의 개발은 DPSEEA 모형을 적용하여 실내 공기질, 실외 공기질, 기후변화, 소음, 수질, 화학물질, 폐기물 등 7개 영역에서 국내실정에 적절한 지표들을 다루고 있다. 그러나 지표개발의 특성 상 식품안전영역이 제외되었다. 식품의약품안전처에서는 식품안전과 관련하여 어린이 식생활 안전지수와 식중독예보지수를 운용하고 있으나, 이 지수들은 모형을 적용하지 않은 지표로 구성되며, 전체 인구의 포괄적인 식품안전을 다루지 못한다는 한계점이 있었다.

식품안전보건지표 개발 및 운용을 위한 과정 정립

국내 식품안전보건지표 개발 과정은 국내 환경보건지표의 개발과정을 주로 참고하여 설계하였으며, 크게 개발단계와 운용단계로 나뉜다[15]. 식품안전보건지표의 개발단계는 초기지표 제안, 후보지표 선정, 자료 현황 조사, 실행가능성 평가, 파일럿 스터디, 최종 지표 선정의 6단계로 구성된다(Fig. 3). 이 6개 단계는 전반적인 식품안전보건지표 개발을 총괄하는 Task Force팀과 각 개발 단계에서 제안된 지표를 검토 및 평가하는 자문위원회(최소 학계 4

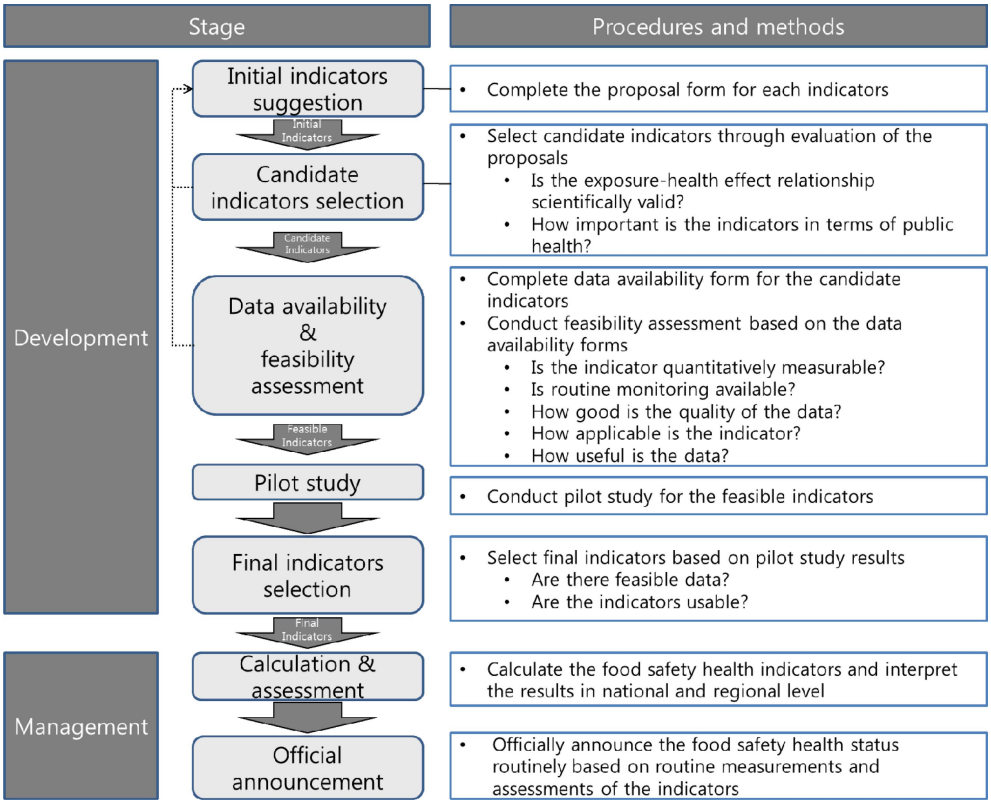

Fig. 3. Main procedures and methods of each stage for the selection of Food Safety Health Indicators. *obtained from Jong-Tae L. The study of the selection and the evaluation of health indicators for management of hazardous substances in food. Ministry of Food and Drug Safety; Chungcheongbuk-do, Korea: 2010.

명, 연구계 2명, 식약처 관련부서 전문가 4명)의 단계적 역할분배를 통해 운영되도록 하였다.

초기지표 제안에서는 전문가 및 비전문가로부터 식품안전보건을 나타내는데 있어 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대되는 지표를 '지표제안서'(지표 이름, 중요성 및 필요성, 정의, 설명, 참고지표)의 형태로 제안자의 개인 인적 사항과 함께 제안 받는다. 제안된 지표는 '초기지표'라 하며 제안서에 기제된 정보를 토대로 후보지표 선정단계에서 3가지 핵심지표 평가기준(노출-건강영향 관계 과학적 타당성, 건강영향을 고려한 시급성 정도, 공중보건 중요성)에 대해 자문위원회의 평가를 받는다. '초기지표' 중 평가기준에 부합하여 선정된 지표를 '후보지표'라 한다. 선정된 '후보지표'에 대한 정보는 초기지표 제안서에 불과하여 제안서의 내용이 불충분하기 때문에 자료 현황 조사의 단계가 필요하다. 자료 현황조사의 단계에서는 Task Force팀이 선정된 '후보지표'에 대해 '식품안전보건지표개발을 위한 자료 현황 조사서'(DPSEEA상의 위치, 지표 산출방법 및 단위, 산출 시 필요한 자료, 자료 출처 및 형태, 적용 가능한 범위 및 규모)를 작성하도록 한다. 실행가능성 평가단계에서는 '자료 현황 조사서'에 제시된 자료가 '실행가능성 평가를 위한 기준'(측정 가능성, 지속적 모니터링 가능성, 데이터의 질, 지표의 적용범위, 데이터의 유용성 및 해석가능성)에 부합하는지 자문위원의 검토 및 평가를 받는다. 평가 결과는 실행가능성의 정도에 따라 '실행가능성이 있는 지표', '준비는 되어 있으나 실행가능성이 낮은 지표', '추가 조사・연구가 필요한 지표'로 분류하여 '실행가능성 평가서'를 Task Force팀에서 작성한다. '실행가능성이 있는 지표'에 한하여 파일럿 스터디를 실시하고, 그 외의 지표는 추후 재검토를 실시할 수 있도록 한다. 파일럿 스터디 에서는 자료 현황 조사단계에서 작성된 '자료 현황 조사서'를 토대로 지표를 산출하고 '파일럿 스터디 결과표'(산출가능여부, 산출 결과 또는 산출 불가 이유, 관련부처)를 작성한다. '파일럿 스터디 결과표'는 자문위원에게 전달되어 최종지표 선정단계로 진입한다. 최종선정단계에서는 파일럿 스터디 결과표를 토대로 자문위원이 '지표 최종선정을 위한 기준'인 수집 자료의 실행가능성(자료의 가용성, 자료의 질)과 지표의 적용가능성(비교 가능성, 정책 활용 가능성)을 평가한다. 지표는 4개의 각 선정 기준에 대해 다수결의 의견을 받아들여 '미흡', '양호', '매우 양호'의 세 가지로 구분된다. 수집자료의 실행가능성과 지표의 적용가능성 항목에서 각각 적어도 하나의 양호로 평가된 지표를 '최종지표'로 선정한다. 일련

의 개발 과정을 거쳐 선정된 식품안전보건지표는 지표의 특성에 따라 국가수준 또는 광역시도단위에서 산출되고, 주기적으로 공표함으로써 운용된다.

개발과정에 따른 식품안전보건지표의 타당성 검토

개발과정의 타당성을 검토하고 수정하기 위해 전 과정을 가용한 인원으로 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션을 위해 Task Force팀의 역할은 연구진이, 자문위원회의 역할은 4명의 전문가를 섭외하여 시행하도록 하였다.

『식품 중 유해물질 관리를 위한 식품보건지표 선정 및 평가 방법 개발』의 1차 년도에서 국외 식품안전보건지표를 참고한 결과 총 45개의 초기지표가 제안되었다. 2차 년

Table 4. List of indicators suggested in the simulation of developing Food Safety Health Indicators, and selection status of the indicators in each stage

Initial indicator[1]	Candidate indicators selection[2]	Data availability & feasibility assessment[3]	Final indicators selection[4]
Proportion of domestic fruit/vegetable receiving 'acceptable' in the evaluation of pesticide/herbicide residues	✔	✔	✔
Food-borne disease outbreaks	✔	✔	✔
Food-borne legal infectious disease incidence	✔	✔	✔
Salmonellosis incidence	✔	✔	✔
Proportion of butchered/cut meat receiving 'acceptable' in the evaluation of *Salmonella* sp.	✔	✔	
Proportion of poultry farm receiving 'acceptable' in the evaluation of *Salmonella* sp.	✔	✔	
Proportion of butchered/cut meat receiving 'acceptable' in the evaluation of *E. coli*	✔		
Proportion of grocery receiving 'acceptable' in the evaluation of *E. coli*	✔		
Proportion of grocery receiving 'acceptable' in the evaluation of *L. monocytogenes*	✔		
Proportion of fruit/vegetable receiving 'acceptable' in the evaluation of lead/cadmium	✔		
Proportion of imported fruit/vegetable receiving 'acceptable' in the evaluation of pesticide/herbicide residues	✔		
Proportion of grocery receiving 'acceptable' in the evaluation of aflatoxin/ deoxynivalenol	✔		
Proportion of mollusks, shell, and fish receiving 'acceptable' in the evaluation of mercury residues	✔		
Proportion of imported grocery receiving 'acceptable' in the evaluation of banned food dye	✔		
Food poisoning incidence	✔		
Proportion of imported animal foods receiving 'acceptable' in the evaluation of hazard level			
Proportion of feeds receiving 'acceptable' in the evaluation of dioxin and dioxin-like PCBs residues			
Proportion of grocery receiving 'acceptable' in the evaluation of acrylamide residues			
Proportion of swine farms receiving 'acceptable' in the evaluation of Salmonella sp			
Proportion of grocery receiving 'acceptable' in the evaluation of veterinary drug residues			
Proportion of grocery receiving 'acceptable' in the evaluation of other hazard residues			
Proportion of meat products receiving 'acceptable' in the evaluation of sulfite residues			
Proportion of dairy & processed egg products receiving 'acceptable' in the evaluation of dioxin/ dioxin-like components residues			
Standard compliance rate of appliances, containers, and packings			
POPs in breast milk			
Children's dietary exposure of toxic chemicals in food			
Dietary exposure of toxic chemicals in food			
Childhood blood lead level			
Heavy metal exposure level in infants and teenagers			
POPs exposure level in infants and teenagers			
Foodborne disease incidence in children under 5			
Norovirus incidence			
HACCP system evaluation index			
Performance rate of safety inspection in agriculture and fisheries, and livestock products			
Performance rate of self-quality inspection in food manufacture and processing			

[1]Initial indicators proposed in the simulation of initial indicators suggestion stage.
[2]The initial indicators selected in the candidate indicators selection stage are defined as candidate indicators.
[3]The candidate indicators selected in the data availability & feasibility assessment stage are defined as feasible indicators.
[4]The feasible indicators selected in the final indicator selection stage are defined as final indicators.

도에서 핵심지표 평가기준에 따라 평가한 결과 15개 후보 지표가 선정되었으며, 이 중 6개 지표만이 '실행가능성이 있는 지표'로 평가되었다. '실행가능성이 있는 지표'에 대해 파일럿 스터디를 실시한 결과, [국산 과일/채소류 내 잔류농약/제초제 잔류량 적합판정비율', '식품매개질환사고 발생 수', '식품매개 법정감염병의 발생률', '살모넬라 식중독 발생률'로 총 4개 지표(17개 세부지표)가 최종 선정되었다(Table 4, 5).

지수화를 통한 통합식품안전보건지수의 산출

전국단위와 광역시도단위의 가용한 식품안전보건지표를 통합하여 전국수준의 통합식품안전보건지수와 시도별 통합식품안전보건지수를 계산하였다. 통합식품안전보건지수 값이 양수일 경우, 전년 대비 현재 년도의 전반적인 식품안전보건상태가 호전되었음을 의미하고, 음수인 경우 전년 대비 현재 년도의 전반적인 식품안전보건상태가 악화되었음을 의미한다.

2010년 대비 2011년의 지수값은 10.37로, 2010년보다 2011년의 전국적인 식품안전보건상태가 10.37% 개선되었음을 의미한다. 이는 세균성 이질 발생률, 바실러스세레우스, 장염비브리오균, 황색포도상구균 outbreak 발생 수가 감소하여 나타난 결과임을 알 수 있다. 광역시도단위의 통합식품안전보건지수를 산출한 결과 전반적인 식품안전보건상태가 광주(63.59)에서 가장 호전되었고, 충북(-59.10)에서 가장 악화되었다. 광주에서는 콜레라와 장티푸스의 발생률이 크게 증가하였으나, 세균성이질의 발생률과 전반적인 식품매개질환사고 발생수가 크게 감소하여 위와 같은 결과가 도출되었다. 반면, 충북에서는 세균성이질의 발생률과 장염비브리오균에 의한 사고 발생수가 감소하였으나, 콜레라와 파라티푸스의 발생률이 크게 증가하여 위와 같은 결과가 도출되었다.

2011년 대비 2012년의 지수값은 9.87로, 2011년보다 2012년의 전국적인 식품안전보건상태가 9.87% 개선되었음을 의미한다. 이는 세균성 이질 발생률, 황색포도상구균과 기타 바이러스 outbreak 발생수가 감소하여 나타난 결과임을 알 수 있다. 광역시도단위의 통합식품안전보건지수를 산출한 결과 전반적인 식품안전보건상태가 대전(43.81)에서 가장 호전되었고, 대구(-68.86)에서 가장 악화되었다. 대전에서는 세균성이질과 파라티푸스의 발생률이 크게 증가하였으나, 장출혈성대장균의 발생률이 크게 감소하여 위와 같은 결과가 산출되었다. 반면, 대구에서는 콜레라에 의한 발생률이 크게 감소하였으나, 세균성이질과 장티푸스의 발생률이 크게 증가하여 위와 같은 결과가 도출되었다.

Table 5. List of final indicators selected in the simulation of developing Food Safety Health Indicators and their detailed indicators

Final indicators	Detailed indicators
Pesticide/herbicide residues	Proportion of domestic fruit/vegetable receiving 'acceptable' in the evaluation of pesticide/herbicide residues
Food-borne disease outbreaks	Noro virus Bacillus cereus Enterohemorrhagic escherichia coli Salmonellosis Natural toxin Vibrio parahaemolyticus Campylobacter jejuni Clostridium perfringens Straphylococcus aureus Unknown Other virus
Food-borne legal infectious disease incidence	Cholera Typhoid fever Paratyphoid fever Shigellosis Enterohemorrhagic escherichia coli
Salmonellosis incidence	Salmonellosis

Discussion

식품안전보건지표는 유해물질에 오염된 식품과 이러한 식품을 섭취하였을 때 발생할 수 있는 건강 영향에 대한 포괄적인 정보로, 식품안전보건 정책을 수립하는데 근거자료로 활용할 수 있다[16]. 국외의 경우 식품안전보건지표가 환경보건지표에 포함되어 관리되고 있으며, 국내에서는 식품안전 영역을 제외한 환경영역의 지표들이 환경보건지표를 통해 관리되고 있다. 그러나 안전한 먹거리는 공중보건에 있어 중요한 문제이므로, 국외에서 활용되고 있는 식품안전보건지표시스템과 같이 'farm-to-fork'에서 개선이 필요한 개입점을 명확히 알 수 있는 체계를 구축하고 활성화하는 것이 필요하다. 이에 따라 국내외 및 국제기구의 연관 사업을 고찰한 결과를 토대로 지표 개발과 운용을 위한 절차를 제안하고, 그 타당성을 검토하기 위해 국내에서 활용 가능한 자료를 토대로 시뮬레이션을 진행하였다. 개발된 식품안전보건지표 선정과정은 DPSEEA 모형을 적용하여 식품오염 발생에서 그로 인한 건강영향의 발생까지 전체적인 흐름에서의 국내 식품안전보건상태를 관리자와 국민이 쉽게 이해할 수 있게 하였다. 또한, 식품안전보건지표의 선정과정을 운용하는데 있어 두 개의 독립적인 팀(Task Force와 자문위원회)의 역할분배를 통해 지표가 객관적인 절차를 거쳐 선정되도록 하였다. 선정과정을 시뮬레이션 하여 국내에서 사용 가능한 식품안전보건지표를 평가한 결과, 제안된 45개의 초기지표 중 최종적으로 '국산 과일·채소류 내 잔류농약/제초제 잔류량 적합판정비율', '식품매개질환사고(outbreak) 발생 수', '식품매개(food-borne) 법정전염병의 발생률', '살모넬라 식중독

(Salmonellosis) 발생률' 지표가 선정되었다. 시뮬레이션을 통해 제안된 식품안전보건지표의 선정 및 운용과정의 각 단계를 명확하고 알기 쉽게 재정비 하였고, 선정 과정이 제대로 운용될 수 있음을 확인하였다.

시뮬레이션을 통해 최종 선정된 4개 지표는 식품안전과 공중보건상에서 중요한 의미를 지니는 지표들 중 현재 공표될 수 있는 가용한 자료가 있는 지표이다. 최종 선정된 4개의 지표 중 '국산 과일·채소류 내 잔류농약/제초제 잔류량 적합판정비율'은 DPSEEA 모형에서 State 영역에 해당하는 지표로, 잔류 농약의 화학적 유해성에 관한 지표이다. 나머지 3개 지표는 모두 DPSEEA 모형에서 Effect 영역에 해당하며, 식품오염으로 인한 건강영향을 나타내는 지표이다. 이러한 지표들은 전반적인 식품환경 및 위생, 그로 인한 식품보건에 대한 정보를 대변할 수 있기 때문에 식품안전관리에 있어서 유용하게 활용될 수 있다. 벨기에 FASFC 및 WHO 에서 진행된 연구에서도 'Residues from pesticides/herbicides in vegetables and fruit of Belgian origin', 'Outbreaks of food-borne illness', 'Salmonellosis in Humans' 등과 같이 국내에서 최종 선정된 4개 지표와 유사한 지표를 생산하여 매년 평가 및 보고하고 있다.

국내에서 최종 제안된 식품안전보건지표는 총 4개(세부지표 17개)[8]로, DPSEEA 상의 두 개 영역에 해당하며, 그 개수 또한 적은 편이다. 이는 국외의 지표개발연구에서는 DPSEEA 모형의 전 영역을 포괄하는 다양한 식품안전분야의 지표들이 개발된 것과 상반된다. 국내에서 최종 선정된 지표가 이와 같이 편향된 이유는 시뮬레이션의 목적이 제안된 선정과정의 타당성을 검토하기 위함이었고, 식품안전보건지표를 개발하는 과정에서 자료의 부족, 전문가 섭외의 어려움 등의 한계점이 있었기 때문이다. 특히 '도축고기 및 절단고기 내 대장균(E.coli) 적합판정비율', '과일·채소류 내의 납 및 카드뮴 적합판정비율', '식품 중 유해화학물질 섭취노출량', '유아의 혈중 납 농도' 등 일부 지표는 평가결과 공중보건학적 중요도가 인정되어 벨기에, WHO, 유럽 등 국외에서도 식품안전 영역의 지표로 사용되고 있으나[1,2] 국내에서는 해당 지표를 산출하기 위한 자료가 부족하여 탈락하였다.

국외의 활용사례와 같이 국내에서 식품안전보건지표가 식품안전 관리방안 및 식품위해성 정책을 수립하는 데에 유용한 정보로 활용되기 위해서는 식품안전보건지표가 요구하는 산출 형태인 지역별, 시기별, 인구 구조별 형태로의 자료 산출이 필수적이다. 기존에 생산되고 있던 자료 또한 이러한 지표 형태로 산출 방법을 정립하여 계산·활용해야 할 것이다.

시뮬레이션 과정을 통해 제안된 식품안전보건지표를 효과적으로 활용하는 방법으로 지수화하는 방안이 있다. 식품안전보건지표를 지수화할 경우, 여러 개의 식품안전보건지표를 총괄하여 종합적으로 식품안전보건 상태를 파악할 수 있다[17]. 통합식품안전보건지수를 연도와 지역에 따라 산출한다면, 해당 시공간의 전반적인 식품안전보건상태에 대한 이해도와 활용도를 높일 수 있다. 또한, 지수화된 값을 도식화하여 공표함으로써 과거 대비 현재 식품안전보건상태에 대한 대중의 이해를 높일 수 있다. 정책입안자의 경우 지수화된 값을 통해 취약 지역을 파악할 수 있고, 각 지역의 식품안전보건상태 악화 또는 호전에 대한 주요 원인을 표준화된 개별 지표 값을 통해 파악할 수 있다. 이에 따라 미래의 식품안전보건상태 향상을 위한 적절한 정책의 수립 및 제안이 가능하다.

식품안전보건지표의 개발 및 운용이 활성화되기 위해서는 또한 법령의 제정이 동반되어야 한다. 현재 식품안전보건지표와 관련하여 제정된 법령은 없으나, 환경보건지표의 경우 환경보건법 제21조에서 지표의 개발에 관련한 법령이 있어 이를 토대로 환경보건지표가 운용되고 있다[18]. 식품안전보건지표 역시 식품위생법 또는 식품안전기본법에서 지표의 개발 및 운용에 대한 법령이 필요한 실정이다.

본 논문에서 소개한『식품 중 유해물질 관리를 위한 식품보건지표 선정 및 평가 방법 개발』연구에서는 식품안전보건지표의 선정과정을 제안하고, 이에 대한 타당성 검토를 위해 지표선정 시뮬레이션을 실시하였으며, 선정된 지표를 활용하기 위한 방안으로 통합식품안전보건지수를 산출하였다. 이러한 과정을 통해 국내에서 개발된 식품안전보건지표는 정책적 개입지점을 파악하거나 관련 기준을 수립하는데 있어 근거자료로 활용될 수 있는 등 그 활용도가 높고, 공중보건적으로 지니는 의미가 크다. 그러나, 본 연구에서 시행된 지표선정은 주 목적인 지표 선정과정 제안을 달성하기 위해 시범연구로서 진행되었기 때문에, 최종 제안된 지표는 보다 많은 논의를 거쳐야 한다. 따라서 식품안전보건지표의 개발 및 활용은 앞으로도 계속 진행되어야 하며, 이를 위해 전문가들의 원활한 교류와 협력이 필요하다.

Acknowledgement

이 연구는『식품 중 유해물질 관리를 위한 식품보건지표 선정 및 평가 방법 개발』과제(12162유해분762) 결과의 일부로, 2012-2013년도 식품의약품안전청(현, 식품의약품안전처)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

국문요약

본 연구는 국내 식품안전보건지표의 개발과정을 정립하기위해 수행되었다. 이를 위해 국내 식품안전보건지표의 개발과정을 제안하고, 제안된 과정에 대해 시뮬레이션을 함으로서 타당성 검사를 실시하고, 개발된 지표의 활용방안을 제시하였다. 국내 식품안전보건지표 개발과정은 국내

환경보건지표 개발과정을 주로 참고하여 설계되었으며, DPSEEA 모형을 적용하였다. 제안된 식품안전보건지표를 개발과정은 크게 개발단계와 운용단계로 나뉜다. 개발단계는 초기지표 제안, 후보지표 선정, 자료 현황 조사, 실행가능성 평가, 파일럿 스터디, 최종 지표 선정의 6단계로 구성되며, 운용단계는 주기적인 지표의 산출과 공표로 구성된다. 개발의 6개 단계는 전반적인 식품안전보건지표 개발을 총괄하는 Task Force팀과 각 개발 단계에서 제안된 지표를 검토 및 평가하는 자문위원회(최소 학계 4명, 연구계 2명, 식약처 관련부서 전문가 4명)의 단계적 역할분배를 통해 운영되도록 하였다. 제안된 과정의 타당성검토를 위해 시뮬레이션을 시행한 결과 제안된 45개의 초기지표 중 최종적으로 4개의 지표(세부지표 17개)가 선정되었다: '국산 과일・채소류 내 잔류농약/제초제 잔류량 적합판정 비율', '식품매개질환사고(outbreak) 발생 수', '식품매개(food-borne) 법정전염병의 발생률', '살모넬라 식중독(Salmonellosis) 발생률'. 선정된 지표는 지수화를 통해 효과적으로 활용될 수 있다. 2010~2012년의 지표를 토대로 비율차를 적용한 통합식품안전보건지수를 산출한 결과 2010년 대비 2011년, 2011년 대비 2012년의 통합식품안전보건지수로 10.37과 9.87이 산출되었다. 이는 식품안전보건상태가 2010년에 비하여 2011년에 10.37%, 2011년에 비해 2012년에 9.87% 호전되었음을 의미한다. 또한, 개별지표의 변화를 살펴봄으로서 변화율에 기여도가 큰 지표를 파악할 수 있으며, 통합식품안전보건지수를 도식화함으로서 대중과 정책입안자의 이해를 높일 수 있다. 이와 같이 식품안전보건지표는 다방면으로 효율적으로 활용될 수 있기 때문에 앞으로 더욱 큰 관심과 함께 법안의 제정과 활발한 연구가 필요하다.

References

1. ENHIS, Implementing Environment and Health Information System in Europe (2005).
2. U.S.-Mexico Border Field Office of the Pan American Health Organization, Environmental Health Indicators Workshop U.S. - Mexico Border (2002).
3. Hambling, T., Weinstein, P., & Slaney, D. A review of frameworks for developing environmental health indicators for climate change and health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **8**(7), 2854-2875 (2011).
4. Jong-Han L. A Study of Evaluation Methods for Environmental Health in the Local Community (I). National Institute of Environmental Research; Inchon, Korea (2008).
5. Jong-Tae L. A Study of Evaluation Methods for Environmental Health in the Local Community (II). National Institute of Environmental Research; Inchon, Korea (2009).
6. Jong-Tae L. A Study of Evaluation Methods for Environmental Health in the Local Community (III). National Institute of Environmental Research; Inchon, Korea (2010).
7. Jong-Tae L. A Study of Review and Development Environmental Health Indicators. National Institute of Environmental Research; Inchon, Korea (2010).
8. Jong-Tae L. The study of the selection and the evaluation of health indicators for management of hazardous substances in food. Ministry of Food and Drug Safety; Chungcheongbuk-do, Korea (2010).
9. Federal Agency for the safety of the food chain. Development of a barometer of the safety of the food chain: methodology and case study: 'food safety barometer'. [available at http://www.afsca.be/scientificcommittee/advices/_documents/Advice28-2010-FoodSafetyBarometer_001.pdf]
10. Briggs, D. et al.: Making a difference: Indicators to improve children's environmental health. Geneva: World Health Organization (2003)
11. Centers for Disease Control and Prevention. Environmental Public Health Indicator Project (2009).
12. Briggs, D. J. et al.: Environmental health indicators: framework and methodologies (1999).
13. Corvaldn, C., Kjellstrom, T.: Linkage Methods for Environment and Health Analysis; A report of the Health and Environment Analysis for Decision-making (HEADLAMP) project United (1996).
14. Vlaamse Milieumaatschappij (VMM). Mira indicator report. (2011).
15. National Institute of Environmental Research. A study on National and Local Environmental Health Assessment (I). (2011).
16. Kleter, G. A., Marvin, H. J.: Indicators of emerging hazards and risks to food safety. *Food and Chemical Toxicology*, **47**(5), 1022-1039 (2009).
17. Bruno, F. et al.: Recovering information from synthetic air quality indices. *Environmetrics*, **18**(3), 345 (2007).
18. Ministry of Government Legislation. [cited 2015.02.04]; Available from: http://elaw.klri.re.kr/kor_service/lawView.do?hseq=28337&lang=ENG.