Risk Matrix 활용 신종 식품위해인자의 우선순위 결정 방안 마련

Establishment of Prioritizing Emerging Food Risk Factors Through Risk Matrix

차유희, 주효정*

Yuhee Cha, Hyojung Ju*

켐아이넷(주)

Chem.i.net Co. Ltd.

서 론

기후변화 등 외부 환경의 급속한 변화로 인해 발생 가능한 신종 식품위해인자의 탐색 및 확인 체계를 구축함으로써 미래에 발생할 수 있는 식품안전 사고를 사전에 예측하고 방지하려는 노력의 필요성은 높아지고 있다.

특히 탐색 및 확인 체계를 통하여 도출되고 확인된 신종 식품위해인자들에 대한 영향평가 절차의 확립과 이러한 결과를 종합적으로 평가하여 신종 식품위해인자로 판단할 수 있는 시스템의 개발이 요구되고 있다. 이와 같은 시스템의 개발을 통하여 신종 식품위해인자에 대한 사전 예측 및 발생에 대비한 체계적이고 효과적인 안전관리 체계를 구축하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다.

이러한 점에서 본 연구는 신종 식품위해인자 확인 시스템 개발 전(前) 단계로서 식품안전정보원에서 생산한 2013년~2017년(5년)까지의 식품안전정보 데이터를 수집하여 신종 식품위해인자 후보를 도출하였다. 그리고 도출된 후보들을 대상으로 사건 발생 추이를 분석하였으며, 2013년을 기준 연도로 하여 연도별 기사 증가패턴을 계산하고, 그에 따른 사건 발생패턴을 정량화하여 관리 우선순위를 선정하는 시스템적인 방법을 개발하고자 하였다.

본 론

1. 신종 식품위해인자의 우선순위 도출을 위한 시스템 프레임워크

1) 식품안전 데이터마이닝 센터(CC-FS DMC) 시스템 개발

CC-FS DMC(Climate Change-Food Safety Data Mining Center) 시스템은 기후 · 환경변화에 대응하여 신종 식품위해인자를 탐색 · 확인하고 신종 식품위해인자에 대한 사전 안전관리 체계 구축을 지원하는 것을 목적으로, 선행 연구에서 개발된 시스템에 신종 식품 위해인자 및 우선순위 도출 기능을 추가하였다. 본 시스템은 식품안전과

* Correspondence to: Hyojung Ju
Cheminet Co., Ltd., 43, Mokdongjungang-ro, Yangcheon-gu, Seoul, Korea
Tel: 82-2-2647-4930 Fax: 82-2-2647-4932 E-mail: hjju@cheminet.kr

그림 1. 개편된 CC-FS DMC 메인화면

관련한 융합 데이터베이스를 기반으로 하여 후보가 되는 신종 식품위해인자를 확인할 수 있도록 구동되며, 이 과정에서 식품안전 예측에 필요한 다양한 데이터베이스를 구축할 수 있도록 설계되어 있다. 또한, 이미 구축된 기초자료를 활용하여 식품안전을 위협하는 수많은 식품위해인자에 대한 스크리닝을 통해 확인 가능한 범위로 요약하여 제공하도록 기능을 구현 중에 있다.

2) CC-FS DMC 개발환경

CC-FS DMC 시스템은 웹 기반의 Intranet 환경에서 구동될 수 있도록 개발되었으며, 관계형 데이터베이스(Relational DataBase Management System, RDBMS)를 기반으로 하는 웹 브라우저를 통해 허가된 사용자에게만 접근 권한을 부여하고 있다. 세부적인 개발환경 및 개발도구는 다음의 표 1과 같다.

2. 시스템화된 신종 식품위해인자 우선순위 결정 방법

표 1. CC-FS DMC 개발환경 및 개발도구

개발플랫폼	JAVA/JSP기반의 J2EE 플랫폼(JDK 1.6)
서버운영체제	Window Server 2008 R2 Enterprise (64bit)
웹 서버	Apache Tomcat 8.5.20
DBMS	Oracle 10g
통계도구	Echart, Rmate, R
클라이언트 운영체계	Window Server 2008 R2 Enterprise (64bit)

1) Risk Matrix 개요

Risk Matrix는 식품안전을 위협하는 수많은 위해인자들 중에서 관련된 요소와 특징을 파악하여, 우선적으로 관리해야 하는 신종 식품위해인자를 찾아내는 방법이다. 본 연구에서 적용하려고 하는 Risk (Assessment) Matrix는 정량적 위험도 분석(Quantitative Risk Analysis, QRA) 방법 중 하나로, x, y축 평면위에 두 요소의 값을 나타내어 현황을 파악하는 위험분석 방법이다(조현우, 2019). 그동안 국내외에서 수행된 다양한 위험도평가에 활용되어 왔으며 적용이 간편하다는 장점을 가진다(김기욱 외, 2019).

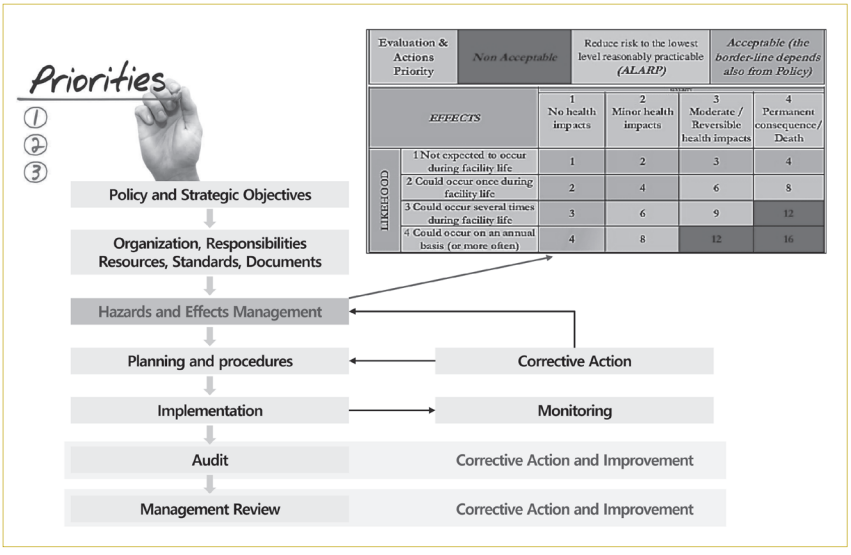

그림 2. Risk Management Process 중 Risk Matrix 단계

표 2. Score for Social interest(사건발생 및 보도자료) INDEX

구분	INDEX
1안	식품안전정보원 DB의 총 기사 수 × 총 기사 수의 2013년 기준 최대 증가율
2안	식품안전정보원 DB의 총 기사 수 × 총 기사 수의 2013년 기준 최대 증가율 ÷ 식품 중분류의 수
3안	(식품안전정보원 DB의 총 기사 수 ÷ 식품 중분류의 수)의 Rank + (총 기사 수의 2013년 기준 최대 증가율)의 Rank
1-1안	방법 1과 동일 (모든 식품에 대해 기준규격이 없는 위해인자만 적용)
2-1안	방법 2와 동일 (모든 식품에 대해 기준규격이 없는 위해인자만 적용)
3-1안	방법 3과 동일 (모든 식품에 대해 기준규격이 없는 위해인자만 적용)

Risk Matrix는 그림 2의 우선순위 선정 여러 절차 중 Hazards and Effects Management에 해당하는 단계에서 적용하게 된다.

2) 시스템화 된 Risk Matrix의 적용 방법 검토

Risk Matrix 적용은 위해소통의 관점에서 위해성에 관련된 요소와 특징을 쉽게 파악하여 어떤 유해인자가 중요하고 새로 emerging되는지 파악할 수 있다. 본 연구에서는 구체적으로 매트릭스 점수를 구하는 다양한 방법을 다음과 같이 검토하였다.

- [1안] 식품안전정보원 DB의 총 기사 수와 2013년 기준 최대 증가율을 곱하여 우선순위 점수를 산정하고 내림차순으로 정렬하여 위해요소의 최종 순위를 정한다.
- [2안] 식품안전정보원 DB의 총 기사 수와 2013년 기준 최대 증가율을 곱하고 식품 중분류의 수로 나눈 값으로 우선순위 점수를 산정하여 내림차순으로 정렬하여 위해요소의 최종 순위를 정한다.
- [3안] 식품안전정보원 DB의 총 기사 수를 식품 중분류의 수로 나눈 값의 순위와 총 기사 수의 2013년 기준 최대 증가율의 순위를 합하여 우선순위 점수를 산정한다.
- [1-1, 2-1, 3-1안] 1-1, 2-1, 3-1안은 각 위해요소에 대해 국내에서 식품 기준 · 규격이 하나라도 설정되어 있으면 해당 위해요소를 제외하고 다시 우선순위를 각각 1, 2, 3안과 같은 방법으로 산정한다.

3) Risk Matrix 산정을 위한 적용 DB별 Index

Risk Matrix 적용을 위한 점수 산정에 고려되어야 할 Index는 그림 3과 같이 도출하였으나, 현재 이들 DB가 모두 구축되어 있지 않아 사회적 관심도, 노출수준 등 일부만을 적용하였다.

우선 사회적 관심도를 반영하는 지표는 식품안전정보원에서 수집 · 제공하는 보도자료 DB를 이용하였다. 식품안전정보원 DB에 보고된 총 기사 수는 해당 위해인자의 중요성을 나타내는 지표로 선정하였다. 식품안전정보원 DB에는 기사로 보고된 정보를 취합하기 때문에 별도의 조사

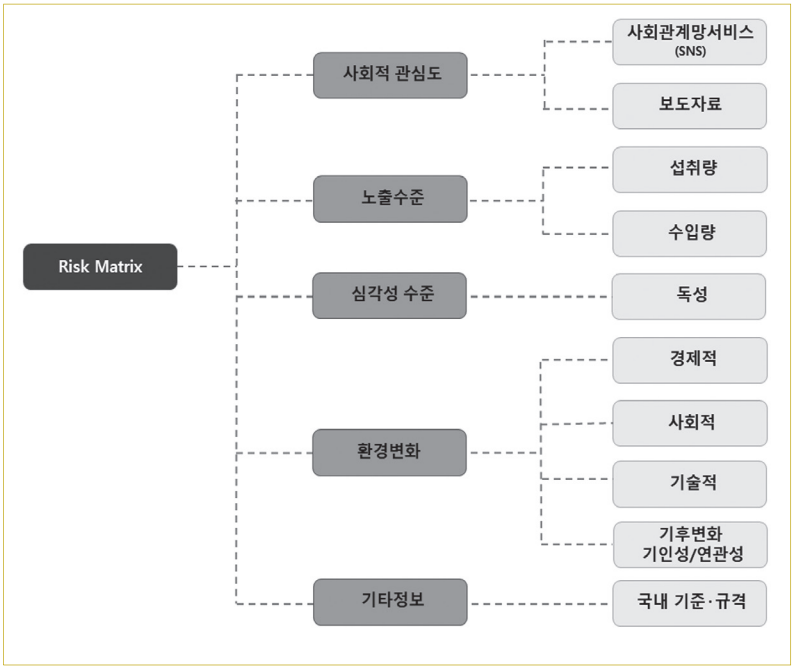

그림 3. Risk Matrix 산정을 위해 고려할 항목

표 3. 식품안전정보원 DB 개요

구분	설명
언어권	7개(한국어, 영어, 일본어, 중국어, 프랑스어, 독일어, 스페인어)
정보출처	32개국 189개 사이트
검색어	한국어 기준 식품 40개를 6개 언어권으로 전환하여 검색
수집량	총 123,987건(2013~2017년)

출처: 식품안전정보원. 2017년 글로벌 식품안전 동향보고서, 2018. 6.

를 하지 않더라도 시기별로 보고되는 유해인자에 대한 정보를 파악할 수 있는 유용한 데이터베이스이다. 따라서 이번 연구에서는 2013년~2017년(5년)의 식품안전정보원 DB를 활용하였다(표 3 참조).

이렇게 추출된 DB의 식품별 위해요소 구분을 위해 식품의 분류는 노출원의 종류에 따라 크게 가공식품, 농산물, 수산물, 축산물, 환경으로 분류되었으며, 각각은 중분류, 소분류로 다시 세부 분류되었다. 위해인자의 구분은 식품분류에 따라 구분하였고, 크게 병원성 미생물에 의한 오염, 유해물질 기준 · 규격 부적합으로 구분되었으며, 유해물질 기준 · 규격 부적합에 해당하는 위해인자는 중금속, 곰팡이 독소, 잔류농약이 포함되었다.

2013년 식품안전정보 DB 건수를 기준으로 계산된 최대 증가율은 해당 유해인자가 얼마나 주요 이슈로 새로이 부각이 되는지를 나타내는 것으로서 사회적 관심도를 보여주는 지표이다. 해당 지표는 신종 식품위해인자로써의 판단 기준이 되는 지표로 선정을 하였다.

식품안전정보원 DB의 총 기사 수와 2013년 기준 최대 증가율을 곱하여 나온 결과를 우선순위 점수로 적용하는 방법과 식품안전정보원 DB의 총 기사 수와 2013년 기준 최대 증가율의 순위를 곱하여 나온 결과를 우선순위 점수로 적용하는 방법을 적용하였다. 기사수와 증가율을 곱하여 구한 점수의 경우 2가지 지표 중 한 가지 지표의 절댓값에 따라 중요한 우선순위가 결정될 수 있다. 따라서 절대적으로 중요한 신종 식품위해인자를 파악하는데 도움이 된다. 또 기사수와 증가율의 순위를 정하여 곱하면 상대적인 중요성을 파악할 수 있다.

해당 식품위해인자 해당되는 식품의 중분류의 수는 해당 유해인자가 영향을 미칠 수 있는 식품의 종류를 파악하여 그 대상 식품이 얼마나 다양한지에 따라 우선순위를 적용하고자 고려한 인자이다. 해당 식품위해인자가 신종으로 부상하고 중요도가 높다고 해도, 관련된 식품의 종류가 적은 경우 실제 위해성에 한계가 나타날 수 있어서 이에 대한 고려가 필요하다. 다만 신종으로 나타나는 유해인자의 경우 관련되는 식품의 종류에 대한 정보가 제한적일 수 있는 제한점이 있다.

또한, 식품안전과 관련하여 기후 · 환경변화 등 외부 환경요인에 대한 영향을 평가하기 위해서는 국내 기준의 시공간에 대한 과거부터 현재까지의 기상자료 및 미래시점의 기상 예측 시나리오((Representative Concentration Pathways, RCP 시나리오)가 요구된다.

이에 국립기상청의 기상자료개방포털(https://data.kma.go.kr/cmmn/main.do)과 기후정보포털(http://www.climate.go.kr/home/)을 통해 기상 실측, 예측자료를 제공받아 기초자료로 구축하였으나, 본 연구에서는 실제로 적용하지 않았다.

4) Risk Matrix 적용 결과

시스템화된 Risk Matrix를 적용하여 후보 신종 식품위해인자를 도출하였으며, 도출된 후보 신종 식품위해인자의 적정성 확인을 위하여 비 시스템적 방법으로 실시한 식품안전 전문가 대상 델파이 조사 결과와 비교 분석을 실시하였다.

Risk Matrix는 각 1, 2, 3안에 대하여 기준규격의 보유 여부를 고려하지 않은 경우(Case 1)와 어떤 식품에 대해서도 관련 위해인자의 기준규격이 없는 경우(Case 2)의 두 가지로 구분하여 수행하였다. 또한, 도출된 위해인자는 전문가의 검토를 거쳐 최종적으로 우선순위를 확정한 것이 아니기에 개별 위해인자 항목을 임의로 H(1)~H(n)으로 명명하였다.

표 4는 신종 식품위해인자 후보들을 대상으로 1, 2, 3안

표 4. Case 1 – 우선순위 산정 결과 상위 10위

Ranking	결과		
	1안	2안	3안
1	H21	H35	H25
2	H19	H25	H21
3	H25	H21	H35
4	H35	H19	H19
5	H22	H16	H16
6	H16	H31	H31
7	H12	H22	H22
8	H23	H23	H23
9	H8	H12	H12
10	H11	H8	H29

표 5. case 2 – 우선순위 산정 결과 상위 10위

Ranking	결과		
	방법 1	방법 2	방법 3
1	H24	H29	H29
2	H1	H24	H24
3	H27	H27	H27
4	H29	H1	H1
5	H10	H10	H10
6	H13	H13	H13
7	H14	H26	H6
8	H34	H6	H26
9	H26	H3	H3
10	H3	H34	H34

에 따라 우선 순위를 비교한 결과로써 적용 방법(1, 2, 3안)에 따라 위해인자별 순위의 차이가 있었으나, 1위에서 3위까지 해당하는 위해인자의 경우 방법에 따른 차이가 거의 없었다.

• Case 1: 기준규격의 보유여부를 고려하지 않은 경우

기준규격의 보유여부를 고려하지 않은 경우에서 1, 2, 3안에 따라 도출된 후보 신종 식품위해인자의 관리 우선순위는

① 1안의 경우 H21이 우선적으로 관리되어야 할 위해인자로 도출되었고,

② 2안의 경우에는 H35가 우선 관리대상으로 도출되었다.

③ 3안의 경우 H5, H8, H12, H16, H19, H20, H21, H22, H23, H25, H29, H31, H35까지 총 13종의 위해인자에 대하여 관리 우선순위가 높은 것으로 나타났다.

• Case 2: 모든 식품에 대해 기준규격이 없는 위해인자만 고려

후보 신종 식품위해인자가 어느 하나의 식품에 대해서라도 기준규격을 보유하고 있다면 모두 제외한 경우이다. Risk Matrix 산정방법은 동일하게 1, 2, 3안으로 구분하여 진행 하였다.

Risk Matrix에 의해 도출된 관리 우선순위는

① 1-1안의 경우 H24가 우선 관리되어야 할 대상으로 도출되었고,

② 2-1안의 경우 H29가 높은 관리 우선순위를 보였다.

③ 3-1안의 경우 H1, H6, H10, H24, H27, H29가 우선 관리대상으로 도출되었다.

각 방법에 따라 Risk Matrix를 적용한 결과는 그림 4와 같다. 1, 2안의 경우 값을 곱했기에 x, y 축이 높을수록 위험도가 높고, 3안의 경우 순위를 더했기에 x, y 축이 낮을수록 위험도가 높다.

5) 전문가 조사결과와 시스템화된 Risk Matrix 결과 비교

전문가 조사결과 대비 시스템에서 도출한 신종 식품위해인자 후보의 일치율을 비교하기 위하여, 식품안전 전문가들의 델파이 조사를 통해 도출된 25종의 신종 식품위해인자들이 Risk Matrix 시스템에 의해 도출된 우선순위 상위권 위해인자에 얼마만큼 포함되어 있는지를 조사하였으

표 6. 각 우선순위 도출 방법별 일치율

	상위 50건	상위 100건	상위 200건
1안	8%	16%	28%
2안	12%	24%	28%
3안	16%	20%	28%

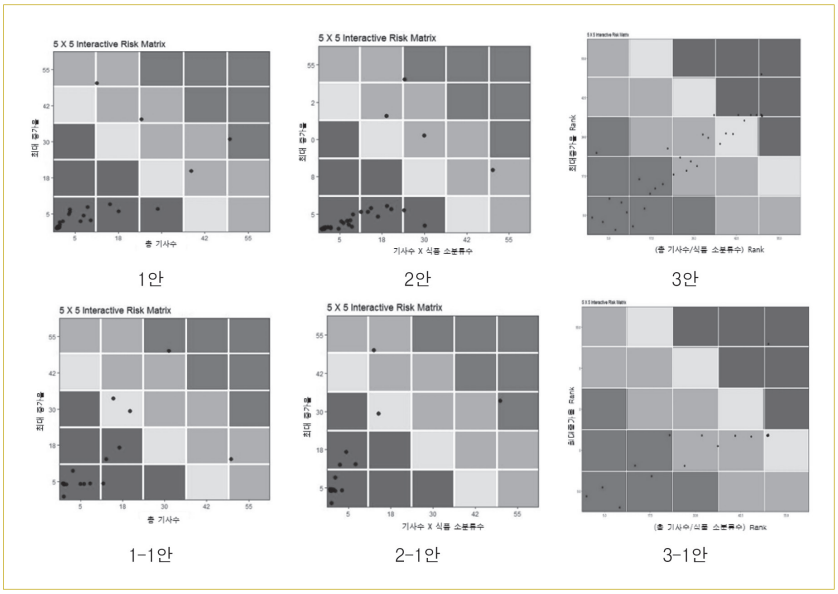

그림 4. Risk Matrix 적용 결과

며 그 결과는 표 6에 나타내었다.

식품안전 전문가들의 조사결과를 통해 도출된 신종 식품위해인자 중 상위 10건에 대한 일치율을 보면 1안이 30%, 2안과 3안이 각 20%의 일치율을 보이는 것으로 확인되어 1~3안별로 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다.

이처럼 서로 다른 접근 방법(전문가 대상 델파이 조사, 시스템화된 Risk Matrix)에 따라 도출된 후보 위해인자의 20~30% 정도가 일치하는 결과를 보이는 것은 단지 후보 위해인자를 도출하는 방법에 대한 차이를 나타내는 것이다. 시스템화된 Risk Matrix는 정보 DB를 기반으로 하되 식품안전 전문가의 의견이 포함되지 않아 반드시 전문가의 검토를 거쳐야 하는 반면, 전문가 의견조사는 각자의 관심분야 등에 편향된 의견을 제시하거나 동일한 위해인자에 대해서도 바라보는 시각에 따라 다른 결론을 얻을 수 있는 등의 차이를 보일 수 있다.

그러므로 접근 방법에 대한 우위를 따지기 보다 향후 추가적인 보완을 통해 시스템의 적정성 및 효율성을 높일 필요가 있을 것으로 보인다.

결론

현대는 기후나 환경 등 다양한 요인에 의한 신종 · 변종의 식품위해인자 발생이 빈번하며, 우리는 이미 살충제 계란 등의 사건을 통해 사전예방적 식품안전관리의 중요성을 절감하고 있다. 또한, 신종 식품위해인자의 경우 사전인지 및 안전기준 마련 등의 조치가 없는 경우 대상 식품을 통해 인체에 심각한 위해를 미칠 우려가 있으며, 더불어 그로 인한 막대한 사회적 비용이 발생할 수 있다(김창수, 2013).

이에 발생 가능한 신종 식품위해인자의 징후를 조기에 감지하고 그에 대한 사전예방적 관리방안을 마련하기 위한 지원 도구로써 시스템화된 Risk Matrix 방법론을 제시하였다. Risk Matrix에 적용되는 다양한 데이터베이스는 어느 부분에 중점을 두느냐에 따라 서로 다른 결과가 도출될 수 있다. 그러므로 이처럼 구축된 데이터베이스를 활용하여 시스템화된 방법으로 도출되는 결과는 오류를 최소화하기 위해 반드시 식품전문가의 의견과 함께 반영되어야 할 것이다. 또한, 새로운 Evidence를 신속하고 민감하게 반영하기 위해 활용 가능한 다양한 데이터베이스를 지속적으로 구축할 필요가 있다.

또한, 다양한 식품위해인자의 특성을 반영할 수 있도록 여러 가지 관점에서의 방법론을 적용하는 것은 매우 중요하다. 이처럼 신종 식품위해인자 탐색의 사각지대를 줄이고자 하는 노력의 일환으로써 본 연구에서 제시하는 시스템화된 Risk Matrix 기법 역시 식품안전관리 방안을 마련하기 위한 위해인자 도출의 스크리닝 시스템으로 활용될 수 있을 것이라 기대할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 식품의약품안전처의 연구개발비(17162MFDS066)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 송보람, 이헌주. 기후변화와 식품안전 간 융합 데이터베이스 및 데이터 마이닝 시스템 구축, Safe Food 2016; 11 (1): 12-19.

2. 식품의약품안전평가원. 위해평가 지침서, 2011.

3. 임미영, 박지영, 지경희, 이기영. 환경성 내분비계장애물질(EDCs)의 우선관리순위 결정법 개발 및 적용, 한국환경보건학회지 2018; 44 (1): 76-89.

4. 임경택, 임철홍, 김현영, 차신우, 허용, 윤진하, 김형아. 만성발암성 흡입독성시험 우선순위 물질 선정 연구, 한국환경보건학회지 2017; 43 (1): 23-41.

5. 박화성, 김예신, 이동수, 신용승, 최승필, 박성은, 김명현, 양지연, 신동천. 화학물질 우선순위 선정 기법(CRS-Korea)의 개발과 적용, 환경독성학회지 2005; 20 (2): 109~121.

6. 양지연, 장지영, 김수환, 김윤관, 이효민, 신동천, 임영욱. 환경유래 식품오염물질의 우선순위 선정 기법(Food-CRS-Korea)의 개발과 적용, 환경독성학회지 2010; 25 (1): 41-55.

7. 안윤주, 정승우, 김민진, 양창용. 화학물질 우선순위선정 시스템에서 고려되는 노출 · 독성인자 비교연구, 환경독성학회지 2009; 24 (2): 95-105.

8. 정지윤, 정유경, 황명실, 정기경, 윤혜정. 통합노출을 고려한 유해물질 관리의 우선순위 선정 2012; 27 (4): 349-355.

9. 김기욱, 황영우, 염재원, 박현정. 재난위험도평가를 위한 리스크 매트릭스의 적용: 부산광역시를 중심으로, J. Korean Soc. Hazard Mitig Jun. 2019; 19 (3): 59-65.

10. 식품안전정보원. 2017년 글로벌 식품안전 동향보고서, 2018. 6.

11. 조현우, 최승용. 재난안전예산 투자방향 수립을 위한 재난 및 안전사고 리스크-매트릭스 분석, J. Korean Soc. Hazard Mitig 2019; 19(7): 165-179.

12. 김창수. 환경오염으로 인한 식품위해관리 동향. 2013. https://www.konetic.or.kr/insight/koneticreport_view.asp?unique_num=1579&tblNm=