국외 식품안전 위해평가 도구를 활용한 식품안전관리

Food Safety Management using Microbial Risk Assessment Tools Focused on Foreign Cases

배영민[1], 박경진[2], 김용수[3*]

Young-Min Bae, Gyung-Jin Bahk, Yong-Soo Kim*

[1]중앙대학교 식품영양학과, [2]군산대학교 식품영양학과, [3]한국보건산업진흥원

[1]Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University, [2]Department of Food and Nutrition, Kunsan National University, [3]Korea Health Industry Development Institute

I. 서 론

식중독 사고의 발생은 국민의 건강을 해치고 경제적으로 막대한 손실을 야기할 수 있으며, 이에 안전한 식품을 생산하고 소비하도록 하는 일은 국민건강 보호차원에서 국가와 사회적으로 매우 중요한 과제이다. 하지만 식품의 생산, 제조 · 가공, 유통 및 소비단계(Farm to table)에서 미생물학적 위해인자에 대한 관리가 쉽지 않으며 이에 선진국가를 포함한 전세계적으로 식중독이 끊임없이 발생하고 있다. 이는 식품과 인체에서의 미생물학적 위해요소의 오염과 증식 그리고 사멸에 있어 많은 변이성(variability)과 불확실성(uncertainty)을 포함하고 있기 때문이다. 이러한 특성을 고려하여 식품 위해인자를 제어 · 관리할 수 있는 방법으로 미생물 위해평가 (Microbial risk assessment: MRA)에 기초한 위해관리 시스템이 제시되고 있다[1)]. 2013년 우리나라 식품의약품안전처에 보고된 식중독 환자수는 약 5,000여명이 채 안 되는 수준이지만, 국민건강보험 심사평가원에 등록된 입원 및 치료받은 식중독 환자수는 100만 여명으로 식품을 통한 생물학적 인자에 의한 질병은 실제 보고되는 수보다 그 정도가 심각할 수 있다. 따라서 식품에서의 미생물학적 위해요소 위해성에 대한 보다 정확한 예측과 이를 체계적으로 관리할 수 있는 방법의 개발이 중요하다고 할 수 있다. 이러한 이유로 해외 선진국을 중심으로 식품 중 미생물학적 위해요소에 대한 안전관리 시스템을 ICT(Information Communication Technology) 기반으로 체계적으로 준비하고 있으며, 이를 활용한 의사결정 도구(Tools)가 되고 있다. 이러한 도구들은 자국내 식품안전 사건 · 사고의 발생을 사전 예방할 수 있는 효율적인 식품안전관리 정책 실현과 자국민들과의 소통을 위하여 적극적으로 활용되고 있다. 따라서 본고에서는 미생물 위해평가와 이를 활용하여 식품안전관리에 이용한 식품안전위해평가 도구에 대한 이해를 돕고자 국외 사례를 중심으로 살펴보았다.

* Correspondence to: Yong-Soo Kim
Korea Health Industry Development Institute, 187 Osongsaengmyeong2(i)-ro, Gangoe-myeon, Cheongwon-gun, Chungcheongbuk-do, 363-951 Korea
Tel: +82-(0)43-713-8326 Fax: +82-(0)43-713-8919 E-mail: kimys@khidi.or.kr

II. 본 론

1. MRA의 기본 구성 요소

위해평가는 정보를 분석하여 관리기준을 결정하거나, 연구 및 개발 순서를 정할 때 쓰이는 체계적인 방법으로 볼 수 있다. 국제식품규격위원회(Codex)는 미생물 위해평가의 실시에 대한 기본원칙과 표준 지침서 (Principles and Guidelines for the Conduct of Microbiological Risk Assessment, Codex, 1999)에서 위해평가를 "과학적인 기반이 필요한 과정이며 다음과 같은 절차에 따라 이루어진다." 고 정의하고 있다: (i) 위험성 확인(Hazard identification) (ii) 위험성 결정(Hazard characterization) (iii) 노출평가(Exposure assessment) (iv) 위해도 결정(Risk characterization)으로 이것이 본 표준 지침서에서 설명하고 있는 기본 골격이다. 일반적으로 위해평가는 과학적 결과를 정책결정에 원활히 적용하기 위해 활용된다[5]. 위해평가는 특정 위해요소와 관련된 자료를 체계적, 과학적으로 분석하여 위해관리 의사결정 과정과 위해정보교환이 가능하게 하며, 실행 될 위해관리 전략이 공중보건에 미치는 영향도 평가할 수 있다. 따라서 MRA는 공식적으로 과학에 기반을 둔 과정이며, 이를 통해서 미생물 위해요소에 노출될 가능성(확률)과 이로 인한 공중보건(환경)에 대한 영향을 평가할 수 있다. MRA는 노출 가능성과 그 노출로 인한 영향평가 계획, 범위, 위험특성 확인 및 결정에 대한 단계들도 포함될 수 있다[4]. 정량 혹은 정성적 분석을 통해 성공적으로 MRA를 수행하는데 필요한 구성요소는 (1) 문제점을 포함한 계획 및 범위설정, (2) 위험성 확인, (3) 위험성 결정, (4) 용량-반응 평가, (5) 노출평가, (6) 위해도 결정에 대한 정보를 제공하는 것이다(그림 1).

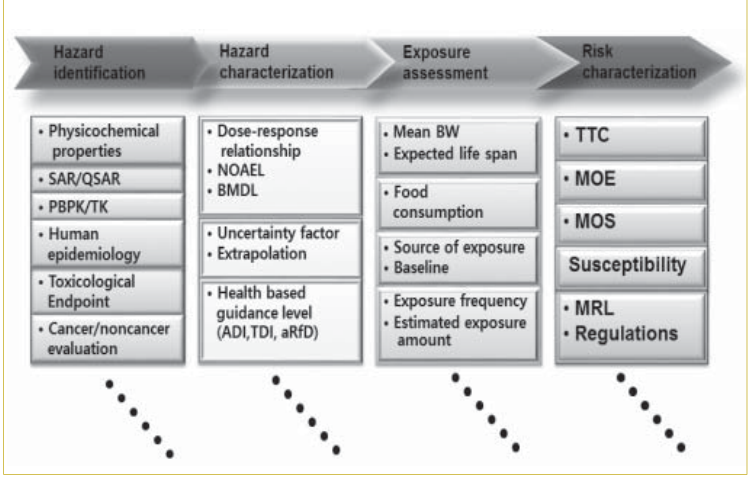

그림 1. 위해관리 life-cycle

MRA는 식품안전관련 기관의 필요성, 위해관리 현황, 문제의 시급성에 따라 스크리닝(Screening), 위해순위 결정(Risk ranking), 식품공급 경로분석(Product pathway analysis), 위해-위해 분석(Risk-risk) 등 다양한 형태나 방법으로 수행될 수 있다.

2. 국외의 식품안전관리를 위한 식품안전위해평가도구 활용

◎ **국제식품규격위원회**(Codex Alimentarius Commission, CAC). 가장 대표적인 식품안전 관련 국제기관인 국제식품규격위원회의 식품위생분과위원회(Codex Committee on Food Hygiene,CCFH)는 소비자 보호와 식품무역에 있어서의 공정한 활동을 확보하기 위하여 광범위한 위해관리 방법을 권고사항으로 하고 있다[2,3]. 이러한 광범위한 위해관리 방법은 미생물학적 위해기술서(Risk profile)를 포함한 MRA 기법을 활용하고 있다(표 1).

◎ **미국**. 미국에서는 식품안전성 연구협회(U.S. Food Safety Research Consortium, FSRC)에서 2003년 식중독 위해순위 모델(Foodborne Illness Risk Ranking Model, FIRRM)개발을 시작으로 2009년 식품 내 병원성 미생물에 관한 MRA 연구 수행하였다. 현재는 FDA에서 MRA를 위하여 다양한 도구들과 데이터베이스(Tools & Resources)를 개발하여 활용하고 있다(그림 2).

표 1. 국제식품규격위원회에서 제시하는 위해관리방법

– Risk profile 작성 요소

(1) 식품–병원체 조합 관계
(2) 공중보건 영향과 관련된 주요 특성을 포함하는 병원균
(3) 식품 생산, 제조 및 가공과정
(4) 식품 유통 및 소비
(5) 그 외 관련 요소
(6) 기타: 병원균에 의한 식중독 발병 범위의 지역적 차이, 식품의 국제적 무역 범위 등

– Risk profile에 포함되는 정보(예시)

(1) 식품안전 문제(미생물 위해인자, 독소, 노출 결과 등)에 대한 기본적인 설명
(2) 관련 식품(가공, 취급, 섭취, 유통, 시장 등)의 특성
(3) 제도적인 상황(주요 기관, 역할 및 책임, 규제 현황)
(4) 위해분석의 목표
(5) 위해평가의 활용 목적에 대한 설명
(6) 위해평가에서 얻어져야 하는 결과물(다른 식품–병원체 조합 간의 위해 수준과 관련된 위해 추정 또는 표현)
(7) 위해의 특성(인체 건강, 경제, 문화적 배경 등)
(8) 문제점과 관련된 현재의 위해관리 규범
(9) 위해에 대한 대중들의 인식
(10) 개념적인 위해평가 모델
(11) 주요 자료의 결합성 여부를 확인하기 위한 최기 단계에서의 정성적 위해평가
(12) 위해평가에서 해결할 초기 단계에서의 문제점
(13) 위해와 관련된 사항에 영향을 미치는 모든 국제적으로 합의된 사항
(14) 위해관리의 우선순위
(15) 완전 위해평가의 수행여부를 결정, 위해평가를 정량적 또는 정성적으로 수행할지에 대한 판단

– 대상 식품과 병원균(예시)

(1) 즉석섭취식품: *Listeria monocytogenes*
(2) 계란: *Salmonella* Enteriditis
(3) 닭: *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp.
(4) 해산물: *Vibrio* spp.
(5) 쇠고기 패티와 관련 식품: Entero–hemorrhagic *E. coli*

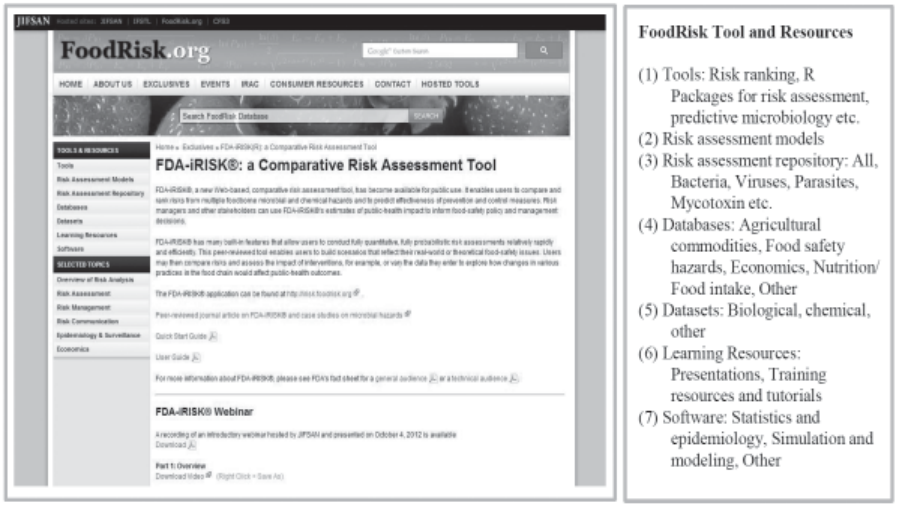

그림 2. FoodRisk 홈페이지와 tool (출처; http://www.foodrisk.org)

미국 FDA에서 개발한 Fresh produce risk ranking tool(FoodRisk.org)은 Pathogen–Produce Pair Attribution Risk Ranking Tool 또는 P3ARRT로 불리고[6], 병원성 미생물과 신선한 과채류의 조합 중 우선적으로 관리해야 하는 조합을 선정하기 위한 목적으로 개발되었다(그림 3). 또한 FDA–iRISK는 식품위해 비교평가 도구

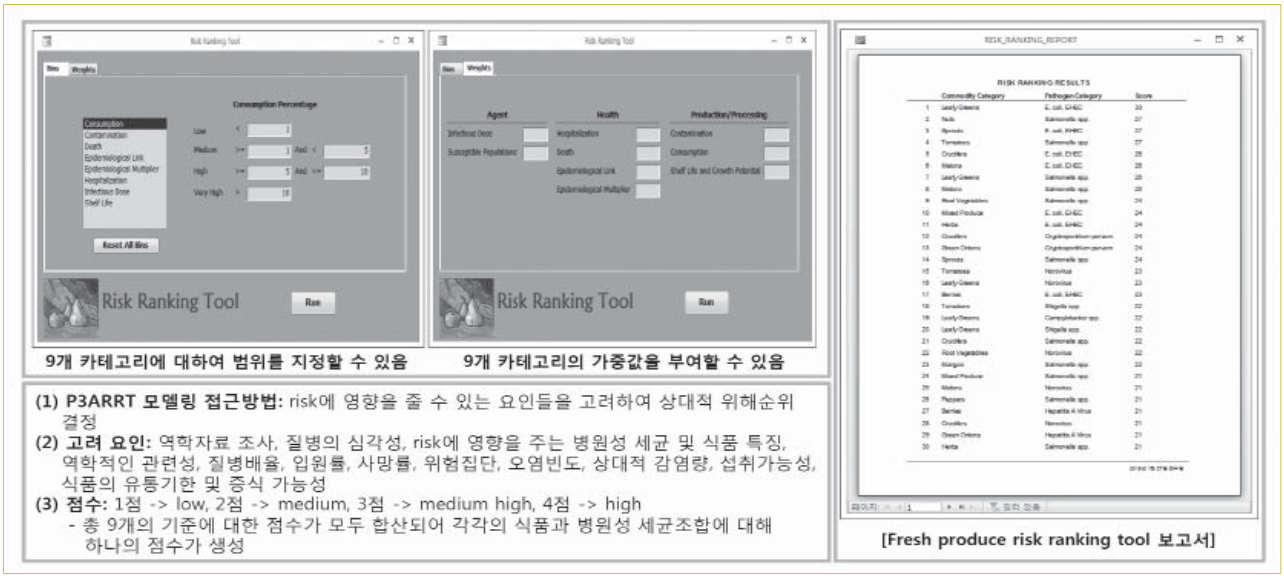

그림 3. Fresh produce risk ranking tool

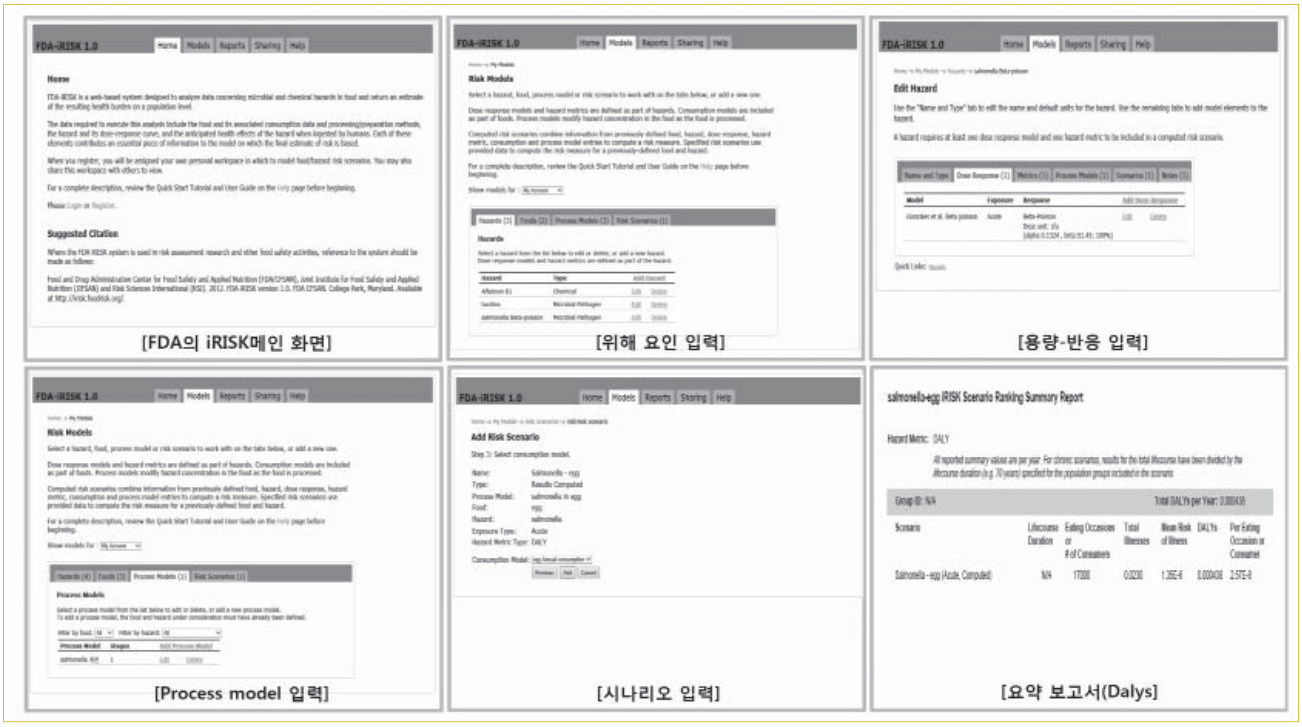

그림 4. FDA-iRISK 1.0 tool

로 식품 중 미생물/화학물질 섭취로 인한 인구별 질병 유발 가능성을 분석할 수 있다 (그림 4). FDA-iRISK는 수학적 로직과 몬테카를로 시뮬레이션을 활용해 수집한 자료로 각종 위해요인별 식품 오염 위험성을 비교하고, 순위를 선정해주는 도구이다[10]. 일반적인 위해평가 도구는 한 가지 식품과 오염요소들을 분석하는데 반해 이 도구는 여

표 2. 일본의 식품 안전성에 관한 위해관리

– 식품의 안전성에 관한 위해관리의 표준 순서도	– 위해 미생물의 우선순위 결정 요인	– 선정된 주요 위해 미생물
(2005년 8월 25일 공표, 2006년 10월 5일 개정) (1) 위해요인에 관한 정보의 수집 분석 (2) 데이터의 작성 (3) 우선순위의 검토 (4) 리스크 평가의 자문 (5) 정책의 검토 결정에 관해 고려할 사항	미생물의 병원성, 환자수, 국민의 관심도, 국제적 동향에 대한 높음 · 보통 · 낮음의 3가지 척도로 분류하여 점수 산출 후 우선순위 결정	*Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus*, Pathogenic *E. coli*, *Clostridium botulinum*

러 위해요인(미생물, 화학물질)-식품을 비교할 수 있다는 것이 특징이다. 사용자는 7가지 요소인 식품, 위해요인, 우려 대상 인구집단 (ex: 고령층 또는 면역취약계층), 식품 생산 또는 가공체계, 섭취 패턴, 반응 용량 (건강에 영향을 미칠 수 있는 노출정도), 위해요인측정법 (Hazard metrics)데이터를 입력하게 된다. 이를 통해 식품 생산 체계에서 단계별로 중재했을 때의 파급력과 대상 연구를 유연하게 살펴 볼 수 있도록 해주며, 그 결과물도 공중 보건 측정법인 장애보정손실년수(DALYs, 질병이나 사망으로 인해 손실된 생명 연수)로 보여준다. 2013년 5월 중순을 기준으로 'FDA-iRisk' 도구 사용자는 500여명을 돌파했으며, 접속 국가도 다양한 것으로 나타났다. 최근 FDA-iRisk 2.0가 공개되었으며, 또한 해당 도구는 웹에서 무료로 제공된다는 점에서 전 세계 사람들이 이용할 수 있다.

◎ **유럽.** 식품과학위원회에서는 2002년 과일과 채소를 생식하였을 때 감염될 수 있는 미생물에 대한 risk profile 방법을 제시하였다[9]. 식품 중 과일 및 채소를 선택하고, 미생물을 선택한 이유는 과일과 채소는 사람에게 주로 감염되는 병원성 미생물에 의한 오염이 일어날 가능성이 매우 크고, 대부분 감염과 관련된 것은 세균, 기생충, 노로바이러스 등 미생물의 오염 가능성 증가가 크기 때문이다. 이러한 배경을 토대로 수집한 정보로 식중독 발생 현황뿐만 아니라 수확의 모든 단계와 관련된 측정요소로 토양, 수질, 비료, 수확 기구, 이동 차량, 동물, 저장, 이동, 세척 등 광범위한 자료를 수집하여 risk profile에 이용하였다.

◎ **일본.** 일본의 경우 농림수산성에서 식품안전 관련 행정에 위해분석을 도입하여 과학적 방법에 근거한 식품안전 관련 행정을 추진하고 있다 (표 2). 식품의 안전성에 관한 위해관리의 표준 순서도에 근거하여 수집한 식품 안전과 관련된 정보나 소비자, 식품 사업자 등 관계자의 의견을 기초로, 향후 농림 수산성이 우선적으로 위해관리를 실시해야 할 위해 미생물을 선정하고 있다[11].

◎ **호주.** 호주에서 위해인자 관리는 FAO/WHO의 지침을 따르고 있다[7]. 2002년 Ross & Summer는 식품안전 위해평가 도구로써 처음으로 Risk ranger의 활용성을 소개하였다. Risk ranger는 위해평가 대상 식품과 위해 미생물에 대하여 크게 세 영역으로 구분하여 11가지 질문에 대한 답을 Microsoft Excel spreadsheet에 입력하고, 0-100 범위 내에서 위해순위를 결정할 수 있도록 구성되었다 (표 3, 그림 5).

◎ **뉴질랜드.** 뉴질랜드에서는 식품안전 관리를 위하여 국제식품규격위원회의 지침을 따르고 있으며, 2000년부터 식품별 risk profile 작성을 계획적으로 수행하고 있다. 뉴질랜드 보건부와 농림부에서 'Risk profile for the foods New Zealander Eat' 사업을 수행하고 있다[11]. 뉴질랜드 위해관리 절차는 아래 그림 6 과 같다.

◎ **ICT 기반 미생물 위해평가 도구.** 미생물 위해인자에 대한 관리를 위하여 수행되는 MRA와 예측 미생물학에서 많은 소프트웨어가 개발 되었고, 표 4와 같은 16개의 소프트웨어가 전 세계적으로 많이 활용되고 있다. 개

표 3. Risk ranger의 위해평가영역

– 세 영역	– 11가지 질문	– 결과
(1) 민감성과 심각성 (2) 식품의 노출 가능성 (3) 감염량을 식품이 포함할 가능성	(1) 1, 2번: 위해미생물에 대하여 질병의 심각성과 인구집단의 민감성을 고려하여 선택 (2) 3–5번: 식품 섭취 빈도와 식품 소비 인구집단의 비율 및 인구집단 크기를 기반으로 위해식품에 대한 노출 가능성 입력 (3) 6–9번: 식품의 위해미생물 오염 빈도와 공정 및 저장과정 등의 영향에 대하여 위해 미생물의 증감 정도 입력, 특히 8번 문항은 가공 후 재오염 발생 가능성의 경우 고려 (4) 10번: 소비자가 오염된 식품을 섭취할 경우 감염 또는 독성증상을 나타내기 위해 현재 오염된 양으로부터 증가되어야하는 위해미생물의 양 입력(현재의 오염정도에 대한 데이터가 없으면 정확히 입력하기 어려움) (5) 11번: 식품 섭취 전 단계에서 섭취 방법에 따라 위해미생물이 저감되는 정도 입력	25 이하: risk가 낮음 40 이상: risk 높음

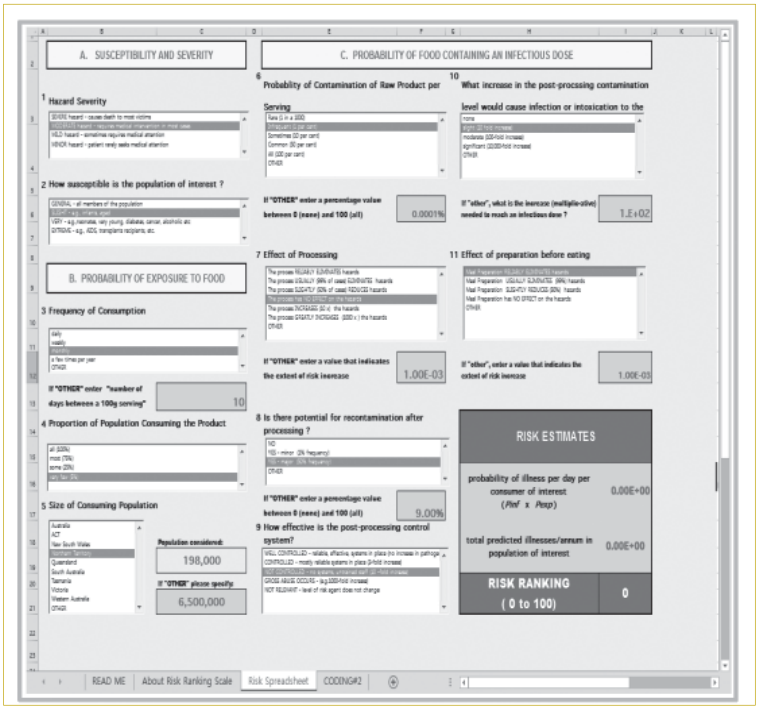

그림 5. Risk ranger

발된 16개의 소프트웨어 중 Dairy Product Safety Predictor, FDA–iRISK, FILTREX, GroPin, MicroHibro, Sym'Previus의 6개 소프트웨어는 미생물 성장 등을 예측하기 위하여 환경적 요인, 대상 미생물 종류, 식품 등 기질과 관련된 다양성을 고려하여 확률적 접근을 제안하지만, 그 외 대부분은 결정적 접근을 제안하고 있다. 이들 소프트웨어는 접근성, 사용자, 모델링 방법에 있어서 차이가 있다.

MRA에 활용될 수 있는 미생물의 생육, 생존, 사멸 등을 예측 모델링을 할 수 있는 도구들은 표 5와 같다. 또한 예측 미생물학은 크게 미생물의 성장/성장억제 예측변수, 성장 예측변수, 비활성화 예측변수 세가지로 구분 될 수 있다.(표 6).

MRA를 수행함에 있어서, 다음 12개의 도구(소프트웨어)가 복합적으로 이용 되고 있고, 도구 명칭, 출처, 유형은 표 7과 같이 구분할 수 있다. 각 소프트웨어 도구들은 데이터베이스, 성장 및 불활성화 예측변수, 성장 및 불활성화 fitting 도구, 성장/성장억제 예측변수, 위해평가 모듈 등을 포함하고 있다(표 8).

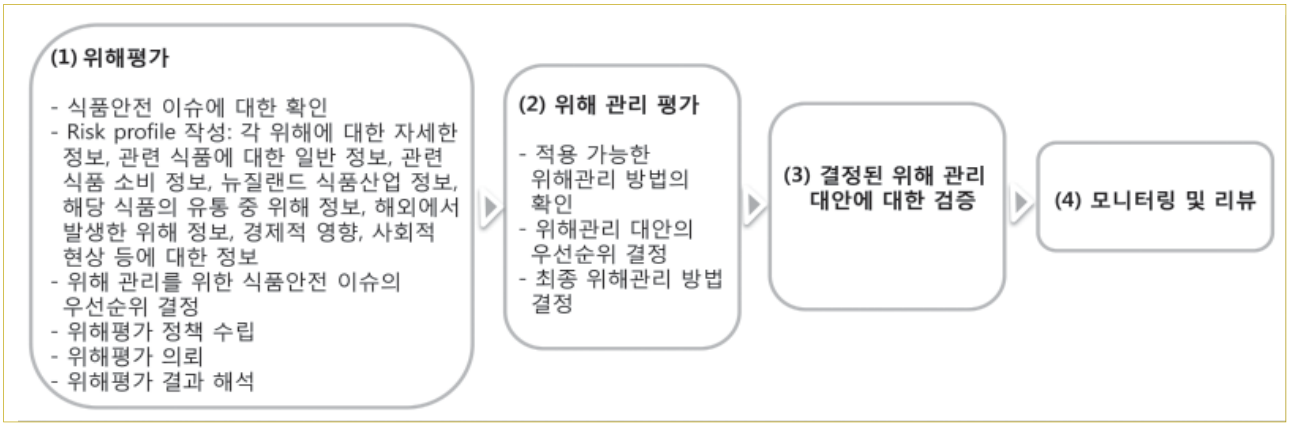

그림 6. 뉴질랜드 위해관리 절차

표 4. ICT 기반 미생물 위해평가 활용 도구들의 일반적인 정보

구분	도구(Tools)	접근성	제작일	사용자	모델링
1	Baseline	무료, 인터넷 접속	2012	FBOs, 연구자, 교육자, 학생	Deterministic
2	ComBase	무료, 인터넷 접속	2004	FBOs, 연구자, 교육자, 학생, 정부	Deterministic
3	Dairy Products Safety Predictor	상업, 인터넷 접속	2012	FBOs	Probabilistic
4	FDA-iRISK	무료, 인터넷 접속	2012	FBOs, 연구자, 교육자, 학생, 정부	Probabilistic
5	FILTREX	무료, 다운로드 가능	2013	연구자, 교육자, 학생	Probabilistic
6	FISHMAP	무료, 다운로드 가능	2011	FBOs, 연구자, 교육자, 학생, 정부	Deterministic
7	Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP)	무료, 다운로드 가능	1999	FBOs, 연구자, 교육자, 학생, 정부	Deterministic
8	GInaFiT	무료, 다운로드 가능	2003	FBOs, 연구자, 교육자, 학생, 정부	Deterministic
9	GroPIN	무료, 다운로드 가능	2013	FBOs, 연구자, 교육자, 학생, 정부	Deterministic & probabilistic
10	Listeria Meat Model	상업, 다운로드 가능	2012	FBOs, 정부	Deterministic
11	MicroHibro	무료 인터넷 접속	2011	FBOs, 연구자, 교육자, 학생, 정부	Probabilistic
12	MRV, Microbial Responses Viewer	무료 인터넷 접속	2008	FBOs, 연구자, 교육자, 학생, 정부	Deterministic
13	NIZO Premia	상업	1995	FBOs	Deterministic
14	PMM-Lab	무료, 인터넷 접속	2012	연구자, 교육자, 학생, 정부	Deterministic
15	Prediction of Microbial Safety in Meat Products	무료, 인터넷 접속	2006	FBOs, 연구자, 교육자, 학생, 정부	Deterministic
16	Sym' Previus	상업, 인터넷 접속	2003	FBOs, 연구자, 교육자, 학생, 정부	Deterministic & Probabilistic

표 5. MRA에 활용되는 예측 모델링 도구

도구(Tools)	출처	비고
Pathogen Modeling Program	http://pmp.errc.ars.usda.gov/PMPOnline.aspx	
ComBase	www.combase.cc	
DMFit	www.ifr.ac.uk/safety/DMFit	
Microbial Response Viewer	http://mrviewer.info/	Japan National Food Research Institute
Sym'revius	http://www.symprevius.net	
Seafood Spoilage and Safety Predictor	http://sssp.dtuaqua.dk	
FORECAST	http://www.campden.co.uk/services/predictive-microbiological-models.pdf	
MLA Refrigeration Index Calculator	http://www.foodsafetycentre.com.au/refrigerationindex.php	Meat and Livestock Australia (MLA)
E. coli Inactivation in Fermented Meat Model	http://www.foodsafetycentre.com.au/fermenter.php	Meat and Livestock Australia (MLA)
GInaFiT v1.6	http://cit.kuleuven.be/biotec/downloads.php	Geeraerd *et al.*, 2005
AMI process lethality determination spreadsheet	http://www.amif.org/ht/d/sp/i/26870/pid/26870---	American Meat Institute (AMI) Foundation

표 6. 예측 모델링 도구의 요소별 정리

구분	도구(Tools)
growth/no growth predictor tool	– Food Spoilage and Safety Predictor, GroPIN, MRV, Microbial Responses Viewer, PMM-Lab, Prediction of Microbial Safety in Meat Products, Sym'Previus
growth predictors	– Baseline, ComBase, Dairy Product Safety Predictor, FISHMAP, Food Spoilage and Safety Predictor, GroPIN, Listeria Meat Model, MicroHibro, NIZO Premia, PMM-Lab, Prediction of Microbial Safety in Meat Products
inactivation predictors	– Baseline, ComBase, Dairy product Safety Predictor, GroPIN, MicroHibro, PMM-Lab, Prediction of Microbial Safety in Meat Products, Sym'Previus

III. 맺음말

지금까지 MRA와 국외에서 식품안전 위해평가의 활용 및 ICT기반의 위해평가 활용 도구들에 대하여 기술하였다. 미생물학적 위해요소에 대한 직접적인 위해의 정도와 그 중요성을 평가하기 위한 MRA에 대해 국제적으로 인정된 방법론의 개발은 1990년대에 이르러서야 성장하기 시작하였으며 국외의 경우 국가적인 차원에서 연구가 계속 진행 중에 있다[8]. MRA의 경우 식품을 통한 병원성 미생물을 중심으로 건강상의 영향을 완화하거나 규정, 정책, 기준 등이 충분한지를 결정하기 위해서 실시하고 있다. 따라서 국내의 실정에 맞게 위해평가의 원칙과 수행방법을 구체화시켜 과학적으로 식품안전 및 미생물학적 위해요소를 체계적으로 관리하기 위한 MRA 시스템의 개발이 필요할 것으로 사료된다. 최종적으로 개발된 MRA 시스템과 현재 식품 산업체에서 식품안전관리를 위해 수행하고 있는 HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) 시스템이 병행되어 식품안전관리를 수행한다면, 식품 업계 및 생산현장의 식품안전과 품질을 동시에 만족 시킬 수 있는 관리체계로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

표 7. 미생물 위해평가를 위한 모델링 소프트웨어

소프트웨어	출처	유형	비고
@Risk	Palisade www.palisade.com	위해평가 소프트웨어, 엑셀 스프레드시트 추가, 시뮬레이션 추가	QMRA에 전통적으로 폭넓게 사용됨
Crystal Ball	Oracle	위해평가 소프트웨어, 엑셀 스프레드시트 추가, 시뮬레이션 추가	
ModelRisk	Vose Software BVBA www.vosesoftware.com	위해평가 소프트웨어, 엑셀 스프레드시트 추가, 시뮬레이션 추가	2009년 배포
Analytica	Lumina www.lumina.com	모델 결정 비쥬얼 툴	그래픽 인터페이스
ExtendSim	Imagine that www.arenasimulation.com	시뮬레이션 소프트웨어	비-미생물 위해평가에 사용
Arena	Rockwell Automation www.arenasimulation.com	시뮬레이션 소프트웨어	공정 시뮬레이션과 최적화에 사용
R	Freeware www.r-project.org	통계 컴퓨팅 Language	수학적 모델링에 흔히 사용, 위해평가에 사용 증가
Mathematica	Wolfram www.wolfram.com	모델링, 컴퓨팅, 시뮬레이션 수치계산	수학적 모델링에 흔히 사용, 위해평가에 사용
SAS	SAS www.sas.com	모델링, 시뮬레이션, 통계분석, 베이지안 분석	수학적 모델링, 위해평가, 통계분석에 사용
MatLab	Mathworks www.mathwork.com	기술적 컴퓨팅 Language	수학적 모델링에 흔히 사용, 위해평가에 사용
WinBugs	MRC Biostatistics Unit www.mrc-bsu.cam.ac.uk/bugs	베이지안 분석, 마코프 체인 몬테카를로	
Hugin	Hugin Expert www.hugin.com	베이지안 신뢰 네트워크	

표 8. 각 소프트웨어 도구들에 의해 제공된 모듈

소프트웨어	Data-base browser	Growth/ no growth predictor	Growth fitting tool	Inacti-vation fitting tool	Growth predictor	Inacti-vation predictor	Risk assess-ment module	Other module(s) and/ or feature(s)
Baseline					∨	∨		Sampling plan module
ComBase	∨		∨	∨	∨	∨		
Dairy Products Safety Predictor					a	a	∨	
FDA-iRISK	∨				b	b	∨	
FILTREX			∨	∨				Optimal sequential designs
FISHMAP			∨		∨			Model comparison and selection

표 8. 각 소프트웨어 도구들에 의해 제공된 모듈

소프트웨어	Data-base browser	Growth/ no growth predictor	Growth fitting tool	Inacti-vation fitting tool	Growth predictor	Inacti-vation predictor	Risk assess-ment module	Other module(s) and/ or feature(s)
Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP)		∨			∨			
GInaFiT				∨				Prediction of histamine formation in marine fin-fish Relative-rate of spoilage models to predict the effect of storage temperature on product shelf-life
GroPIN		∨			∨	∨		Database of predictive microbiology models
Listeria Meat Model					∨			Sensitivity analysis module
MicroHibro	∨	∨	c	c	∨	∨	∨	Sensitivity analysis module
MRV, Microbial Responses Viewer	∨	b			b			
NIZO Premia			∨	∨	∨	∨	e	Biofilm formation module
PMM-Lab	∨	∨	∨	∨	∨	∨		Possible for contribu-tors to add new features
Prediction of Mi-crobial Safety in Meat Products		∨			∨	∨		
Sym'Previus	∨	∨	∨	∨	∨	∨		Sensitivity analysis, HACCP module, F-value calculation tool

a: 위해평가 모듈의 프레임워크에서 실시

b: 성장 예측 도구의 외부에서 수행되며, 추정된 로그 증가, 감소는 고정된 값이나 위해평가모듈의 프로세스 특정단계에서 분포로 입력

c: 동적 파라미터 추정치는 사용자가 데이터베이스에서 성장 또는 불활성화 곡선을 선택해 얻음; 사용자의 관찰값과 예측값을 검증단계에서 비교가능

d: 제공하는 특정 성장률은 ComBase 데이터베이스를 기초

e: 별도의 외부소프트웨어와 연계 형식의 사용

참고 문헌

1. Bahk GJ. (2009). Determining of risk ranking for processed foods in Korea. J. Fd Hyg. Safety 24: 200-203.

2. Codex (Codex Alimentarius Commission) (2007a). Principles and Guidelines for the Conduct of Microbiological Risk Management. CAC/GL 63-2007 http:/www.codexalimentarius.net/web/more info.isp?id sta=l074 (accessed January, 2015).

3. Codex (Codex Alimentarius Commission) (2007b). Working Principles for Risk Analysis for Food Safety for Application by Governments. CAC/GL 62-2007. ftp://ftp.fao.ora/docrep/fao/010al550t/al 550t00.pdf (accessed January 31, 2012).

4. Dennis SB, Kause J, Losiko FM, Engeljohn DL, Buchanan R. (2008). Using risk analysis for microbial food safety regulatory decision-making, pp. 137-175, In: Microbial Risk Analysis of Foods, Series Editor: Michael P. Doyle; Editor: Donald Schaffner. ASM Press, Washington, DC (978-1-55581-461-8).

5. Environmental Protection Agency (EPA) (1998). Guidelines for Ecological Risk Assessment. Washington, DC. EPA Publication No. EPA/630/R095/002F. http://www.epa.gov/raf/publications/pdfs/ECOTXTBX.PDF (accessed January 31, 2012).

6. Food and Drug Administration (FDA). A closer look at FDA-iRISK. FDA-iRISK food safety modeling tool. http://foodrisk.org (accessed January 31, 2015).

7. Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO) (2002). Risk assessment of *Campylobacter* spp. in broiler chickens and Vibrio spp. in seafood. www.fao.org/documents/show cdr.asp?url file=/docrep/008/v8145e/v8145e00.htm. ISBN 92-5-104886-X. ISSN 0254-4725. (Accessed Oct. 2009).

8. Hallman WK. (2008). Chapter 7, Communicating about microbial risks in foods, pp. 205-262 In: Microbial Risk Analysis of Foods, Series Editor: Michael P. Doyle; Editor: Donald SchafFner. Washington, DC: ASM Press (978-1-55581-461-8).

9. International Life Sciences Institute (ILSI) (2010). Impact of Microbial Distributions on Food Safety. ILSI Europe. http://www.ilsi.org/Europe/Publications/Microbial%20Distribution%202010.pdf (accessed February 1, 2012).

10. Tenenhaus-Aziza F, Ellouze M. (2015). Software for predictive microbiology and risk assessment: A description and comparison of tools presented at the ICPMF8 Software Fair. Food Microbiol. 45: 290-299.

11. 식품의약품안전처. (2009). 식품별 리스크 프로파일 개발. 식품의약품안전처 용역연구개발과제 최종보고서.