pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 27, No. 4, pp. 356~365 (2012)

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

국내 신선 농산물 생물학적 위해요소 우선순위 설정

이채윤 · 성동은 · 오상석*
이화여자대학교 식품공학과

Profiling and Priority Selection of Foodborne Pathogens in Fresh Produce

Chaeyoon Lee, Dongeun Sung, and Sangsuk Oh*
Department of Food Science and Technology, Ewha Womans University, Seoul, Korea
(Received July 7, 2012/Revised September 21, 2012/Accepted November 29, 2012)

ABSTRACT - There have been growing concerns among people about food safety due to insufficient information on foodborne pathogens. In this study, we developed a risk priority of 15 foodborne pathogens. For the priority determination we collected risk profile criteria information from CODEX Alimentarius Commission and developed countries. The basis for criteria we selected from information of surveillance were frequency and severity of disease, frequency of consumption and probability of cross-contamination. We also considered foodborne pathogens which have been managed in developed countries though those pathogens are not currently managed appropriately in Korea. Priorities were divided into three groups following these consideration. The first priority group includes Norovirus, pathogenic *E. coli, Salmonella* spp, *Clostridium botulinum and Listeria monocytogenes*. The second priority group includes *Vibrio parahaemolyticus*, *Stapylococcus aureus*, *Campylobacter jejuni* and *Bacillus cereus,* and the third priority group includes *Clostridium perfringens*, *Yersinia enterocolitica*, *Shigella* spp, *Cronobacter sakazakii* and Hepatitis A virus. Our results could be applied to prevent foodborne illness from fresh produce.

Key words : profiling, foodborne pathogen, fresh produce, priority

서 론

최근 농식품의 안전성과 위해물질 검출에 대해 소비자들의 관심과 불안이 크게 증가하고 있다. 그러나 농식품을 통해 감염될 수 있는 식중독 원인균들에 대한 자료는 관련 기관마다 상이하여 소비자들에게 정확한 정보를 주지 못하고 있는 실정이다. 국내에서 식중독 사고는 어패류, 육류 및 복합조리식품에 의한 식중독 사고 발생이 가장 많이 발생하며 채소류와 곡류에 의한 식중독 발생 건수가 그 뒤를 따르고 있어 농식품에 의한 식중독 사고 발생이 다른 식품군에 비해 상대적으로 미미하다[1]. 그러나 미국의 경우 2000년부터 2007년까지의 식중독 발생건수로는 어패류에 의한 식중독 발생이 가장 많으나 한국과는 다르게 농식품에 의한 사고 발생이 육류와 가금류에 의한 식중독 사고 보다 많이 발생한다. 또한 각 식품별 식중독 발생건수 당 평균 환자수로는 농식품이 가장 높은 순위를 차지하며 오히려 어패류의 순위가 가장 낮게 나타났다[2].

2011년도 미국에서 멜론의 리스테리아중독증으로 139 명이 감염되고 29 명이 사망하는 사건이 발생하였다. 또한 같은 해 독일에서는 장출혈성 대장균에 감염된 sprout의 섭취로 53 명이 사망하는 사건이 발생하였고 당국에서는 원인을 수입 농산물로 잘못 지목하여 국제적인 식품안전 사건으로까지 확대되었다. 세계화와 무역의 증가로 식중독 사고는 더 이상 한 나라만의 일이 아니며, 식중독 사고는 인명피해는 물론 국가 경제에도 영향을 미친다. 자국민의 안전부터 전 세계인의 안전을 위해 국제기관 및 일부 선진국에서는 농식품에 대한 리스크프로파일을 작성하고 식품안전 관리 우선순위를 설정하여 식중독 사고 발생을 줄이고, 사건 발생 시 신속히 대응할 수 있도록 하고 있다.

가장 대표적인 식품안전 관련 국제 기관인 Codex Alimentarius Commission (CODEX, 국제식품규격위원회)의 식품위생코덱스위원회(Codex Committee on Food Hygiene (CCFH))는 소비자 보호와 식품무역에 있어서의 공정한 활동을 확보하기 위하여 광범위한 위해관리방법을 권고사항으로 하고 있다. 이러한 광범위한 위해관리 방법은 미생

*Correspondence to: Sangsuk Oh, Department of Food Science and Technology, Ewha Womans University, 11-1 Daehyun-dong, Seodaemun-gu, Seoul, 120-750, Korea
Tel: 82-2-3277-3558; Fax: 82-2-3277-4213
E-mail: ssoh71@ewha.ac.kr

물학적 위해관리 지도 문서를 포함한 미생물학적 위해관리 기법을 이용하고 있다[3,4]. 병원균-식품 조합 관계, 공중위생 영향과 관련된 주요 특성을 포함하는 병원균, 식품 생산 및 가공과정, 유통 및 소비, 그 외 리스크 프로파일 요소 (병원균에 의한 식중독 발병 범위의 지역적 차이, 식품의 국제적 무역 범위 등)를 고려하여 리스크 프로파일을 작성하고 이를 기준으로 즉석 섭취 식품에서의 *Listeria monocytogenes,* 계란에서의 *Salmonella enteriditis,* 닭에서의 *Salmonella* spp., 닭에서의 *Campylobacter* spp., 해산물에서의 *Vibrio* spp., 쇠고기패티와 다른 한정된 식품에서의 Enterohemorrhagic *E.coli* 등 특정 식품과 특정 병원균의 조합으로 분석하고 있다.

유럽 식품과학위원회 에서는 2002년에 과일과 채소를 생식하였을 때에 감염될 수 있는 미생물에 대한 리스크 프로파일링 방법을 제시하였으며, 위해 미생물을 중점으로 나열하기 보다는 환경, 관리 방법, 미생물 등 식품의 안전과 관련된 사항을 조사하였고, 그에 따라 어떻게 하면 각 사항과 관련하여 안전성을 높일 수 있을지에 대한 내용을 보고하였다[5]. 생과일과 채소에서 사람에게 주로 감염되는 병원성 미생물에 의한 오염이 일어날 가능성은 매우 크고 대부분의 감염과 관련된 것은 박테리아이며 특히 Enterobacteriaceae 계통이 많은데, 특히 발아씨앗과 과일주스에서는 *Salmonella* spp.와 *Escherrichia coli* O157에 의한 것이 많다고 제시하고 있다. 유럽에서 바이러스와 관련된 식중독 발생은 토양이나 물을 통한 Norovirus나 Hepatitis A에 의한 경우가 많으며, 기생충과 관련된 것은 채소보다는 과일에서 더 많은 관련이 있고 기생충과 바이러스는 모두 주로 물을 통해 오염되거나 식품을 다루는 사람을 통해 감염된다. 또한 새로운 농산물이나 유럽 이외의 국가로부터 수입된 과일과 야채 소비의 증가, 그리고 자르거나 썰거나 껍질을 벗기는 등의 작업 중 미생물 오염 가능성 증가를 근거로 리스크 프로파일링 선정 이유를 들고 있다. 이러한 배경을 토대로 수집한 정보로는 식중독 발생 현황뿐만 아니라 수확의 모든 단계와 관련된 측정요소로 토양, 수질, 비료, 수확 기구, 이동 차량, 동물, 저장, 이동, 세척 등 광범위한 자료를 수집하여 리스크 프로파일링에 이용하였다.

일본의 경우 농림수산성에서의 식품안전 관련 행정에 리스크 분석이 도입되어 과학적 방법에 근거한 식품안전 관련 행정을 추진하고 있는데[6], 식품의 안전성에 관한 리스크 관리의 표준적인 작업 순서 (위해 요인에 관한 정보의 수집 분석, 데이터의 작성, 우선순위의 검토, 리스크 평가의 자문, 시책의 검토 결정에 관해 고려해야 할 사항)를 기술한 「농림수산성 및 후생노동성에서의 식품의 안전성에 관한 리스크 관리의 표준 순서도」를 작성 (2005년 8월 25일 공표, 2006년 10월 5일 개정)하여 국제적으로 합의된 골조에 준거하고, 식품의 안전성에 관한 리스크 관리를 실시하고 있다. 이것에 근거해, 수집한 식품 안전과 관련되는 정보나 소비자, 식품 사업자 등 관계자의 의견을 기초로, 향후 농림 수산성이 우선적으로 리스크 관리를 실시해야 할 유해 미생물을 선정하고 있다. 특히 병원성, 환자수, 국민의 관심도, 국제적 동향에 대해 높음・보통・낮음의 3가지 척도로 분류하여 점수를 내어 위해 미생물의 우선순위를 정하고 있다. 이렇게 선정된 일본의 주요 위해 미생물은 *Campylobacter, Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus, Escherichia.coli, Clostridium botulinum* 이 있다.

호주에서는 FAO/WHO의 지침을 따르고 있으며 원예작물과 곡류에 대해 각 식품 또는 농산물에 위해가능성이 높은 병원성 미생물의 심각성, 노출가능성, 오염가능성 등에 대해 0-100 단위로 위험 순위를 설정하고 있다[7]. 뉴질랜드는 CODEX의 모델을 토대로 하여 2000년부터 식품별 리스크프로파일 작성을 계획적으로 수행하고 있으며 뉴질랜드 보건부와 농림부에서 ‘Risk profile for the foods New Zealander Eat’사업을 수행하고 있다[8]. 뉴질랜드에서도 위해분석을 ‘쌀에서의 바실러스 균’과 같이 식품과 위해 미생물을 함께 제시하고 있다.

국내의 식품안전에 대한 정부의 적극적인 노력은 식품안전에 대한 위해성평가 및 식품의 위해성 여부를 규제하기 위한 기준설정, 식품을 생산하거나 취급하는데 지켜야 할 관리기준의 설정, 시장 유통 중인 식품의 검사, 수입식품의 검역 및 검사, 인증 및 표시, 단속 및 처벌에 관한 업무 등을 포함하고 있다. 그러나 이러한 법적인 규격 외에 일반적으로 적용시킬 수 있고 이해하기 쉬운 리스크프로파일은 제대로 구축이 되어있지 않은 실정이다. 식품의약품안전청에서는 식품 및 의약품에 대하여 리스크 프로파일 DB를 운영하고 있으며 여기에는 곰팡이독소, 벤젠, 방사능, 고래회충, 조류독감, 황색포도상구균 등 화학적・생물학적인 광범위한 항목이 포함되어 있으며 한글 초성순으로 정리가 되어있어 그 구분이 명확치 않다[9]. 또한 농촌진흥청 국립농업과학원에서는 농작물의 병・해충・잡초에 대한 정보만이 공개되어있어 아직까지는 선진국의 수준에 비해서 농산물의 생산부터 수확 후 단계별 리스크 요인을 고려한 위해요소에 대한 프로파일링은 체계적으로 작성되어 있지 않은 편이다. 이러한 위해물질 관련 사고의 감소와 대책마련을 위해서는 우선순위를 정하여 단계적인 감축방안의 마련이 필요하다. 본 연구에서는 앞으로 국내 농식품 관련 생물학적 위해요소의 리스크 프로파일 구축을 위해 선행되어야 할 관리 우선순위 설정 방법의 하나로서 생물학적 위해요소의 심각성과 발생 가능성, 국내 주요 농식품 소비량을 바탕으로 상대적인 우선순위를 설정하고자 하였다.

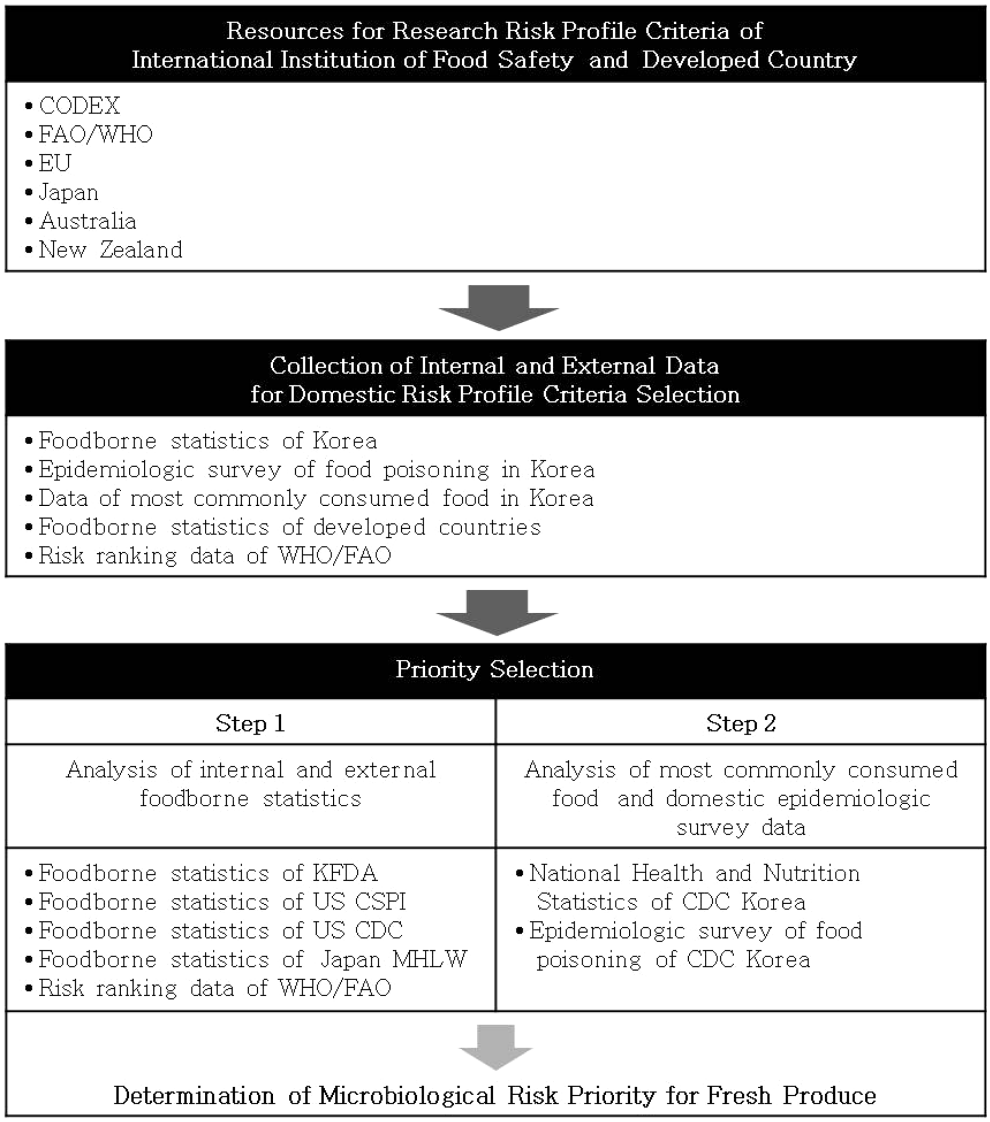

Fig. 1. Flow chart for determination of risk priority of fresh produce.

연구 방법

리스크 프로파일 우선순위 선정은 두 단계로 나누어 순차적으로 실시하였다. 첫 번째 단계로 국제 식품안전 관련기관 및 선진국의 리스크 프로파일 기준을 조사하였으며, 두 번째 단계로 각 기관 및 선진국의 리스크 프로파일 기준 중 한국 기준 설정에 적합한 기준을 선정하기 위해 국내외의 식중독 통계 자료를 수집하여 이를 분석하여 국내의 리스크 프로파일 기준을 선정하였다. 이렇게 수집한 자료들을 두 단계로 분석하여 국내 농식품 생물학적 우선순위를 설정하였으며, 전체적인 연구방법의 순서를 Fig. 1에 요약하였다.

제외국의 리스크 프로파일

리스크 프로파일 기준을 결정하기 위해 CODEX[3], FAO/WHO[10], EU[5], 일본[6], 호주[7], 뉴질랜드[10]의 리스크 프로파일 선정 기준을 조사하였다(Table 1). FAO/WHO에서는 식중독의 빈도, 증상정도를 포함하여 6개 항목의 기준을 적용하였으며, CODEX에서는 식중독균과 식품군과의 관계를 포함한 11개 항목을, 일본에서는 증상의 정도와 환자수를 포함한 5개 항목, EU에서는 수확 전후의 미생물 오염 관련 항목을 포함한 5가지 항목을 적용하고 있다. 그리고 호주에서는 소비빈도와 인구를 고려한 노출 가능성과 공정단계를 고려한 감염 가능성 정도의 2가지 항목, 뉴질랜드에서는 자국의 식품 산업과 경제적 영향을 고려한 7가지 항목을 적용하였다.

각 기관 및 국가에서 공통적으로 중요시 하고 있는 리스크 프로파일 선정기준을 국내 가용한 자료를 고려하여 한국의 리스크 프로파일 선정 기준과 각 기준 분석을 위해 필요한 자료를 정리하였다. 수집한 자료는 국내외 식중독

Table 1. Risk profiling criteria of International organizations and developed countries

	Criteria
FAO/WHO	· Frequency and severity of disease · Size and scope of production · Diversity and complexity of production chain and industry · Potential for amplification of foodborne pathogens through the food chain · Potential for control · Extent of international trade and economic impact
CODEX	· Pathogen-food commodity combination(s) of concern · Institutional situation · Goal for risk analysis · Purpose of using risk analysis · Characteristics of the risk(health, economy, cultural background etc.) · Problems associated with the Current standard for the hazard management · Public awareness · The conceptual model for the evaluation · International agreements which affect risk related matters · Priority of risk management · The decision of how to perform a hazard assessment
Japan	· Duration of symptom · Extension of secondary infection · Number of the patients · Degree of interest of the nation · International tendency
EU	· Identification of the products of concern for the European consumer and the pathogens of most concern · The factors contributing to consumer exposure, and in particular contamination by agricultural and processing practices · Availability, efficacy and safety of pre- and post-harvest measures to reduce the microbiological contamination · Availability and accessibility of information · The areas where additional information and/or further research would be required
Australia	· Dose and severity · Probability of exposure: Frequency of consumption, Proportion consuming, Size of population · Probability of contamination: Probability of raw meat contaminated, Effect of processing, Possibility of recontamination, Post-process control, Increase to infective dose, Further cooking before eating, Predicted illnesses per annum in selected population
New Zealand	· Detailed information of each risk · General information of related foods · Information of food industry in New Zealand · Food risk information of distribution channel · Risk information of overseas · economic impact · Information of social phenomenon

통계자료[1,2,7,11,12], 국내 식중독 사고 역학조사 자료[13], 국내 다소비 식품[14], 선진국의 리스크 프로파일링 자료[5,6,7,8,10]이다.

우선순위 선정을 위한 관련 자료 수집 및 분석

1단계로 한국 식품의약품안전청, 미국 CSPI, 일본 노동후생성 등을 통해 수집한 국내외 식중독 통계자료를 분석하였으며, 2단계로 한국에서 주로 소비되는 식품을 분석하기 위해 질병관리본부의 국민건강영양통계자료 및 식중독 사고 역학조사 자료를 분석하였다.

· 1단계 : 국내 및 국외 식중독 통계자료 분석

리스크 프로파일 선정 기준에 따른 자료를 수집하기 위해 신뢰도가 높은 기관의 식중독 발생 현황 자료를 수집하였다. 한국의 식품의약품안전청에 등록되어 관리되고 있는 식중독균과 바이러스[1]를 포함하였으며, 1차적으로 농식품에서 생육하기 쉬운 식중독균과 농식품을 다루는 사람 및 기구와의 교차오염 가능성을 분석하였다. 외국 자료로서 농산물과 관련된 미국 CSPI의 식품별 식중독 통계자료[11] 및 일본 후생노동성의 원인식품별 식중독 발생 통계[11], 그리고 호주의 원예작물과 관련된 식중독 발생 자료[7]를 수집하였다. 2002년~2010년에 발생한 한국의 식중독 통계자료를 보면(Table 2) Norovirus에 의한 발생 건수가 가장 많고 *Salmonella* spp.가 3위, *Vibrio parahaemolyticus*가 4위이다. 그러나 발생건수 당 환자 수 기준 순

Table 2. Number and percentage of foodborne outbreaks and outbreak-associated illnesses reported in 2002 to 2010[1)]

	Ranking by outbreaks		Ranking by illness per outbreak	
Rank	Pathogen	Total	Pathogen	Total
1	Norovirus	300	*Clostridium perfringens*	85.4
2	*Escherichia coli*	219	*Escherichia coli*	61.3
3	*Salmonella*	196	*Campylobacter jejuni*	56.1
4	*Vibrio parahaemolyticus*	159	*Staphylococcus aureus*	47.5
5	*Staphylococcus aureus*	153	Norovirus	41.1
6	*Campylobacter jejuni*	30	*Salmonella*	29.3
7	*Clostridium perfringens*	23	*Bacillus cereus*	28.4
8	*Bacillus cereus*	28	*Vibrio parahaemolyticus*	22
9	*Clostridium botulinum*	1	*Clostridium botulinum*	3

(KFDA, 2011)

Table 3. Major food-pathogen combinations of fresh produce causing outbreaks in US from 1998 to 2005[2)]

Rank	Food	Pathogen	Outbreaks	Illness	% Produce Outbreaks
1	Green Salad	Norovirus	139	5,139	24.6
2	Lettuce	Norovirus	29	949	5.1
3	“Fruit”	Norovirus	18	1,147	3.2
4	Sprouts	Salmonella	16	681	2.8
5	“Vegetables”	Norovirus	13	521	2.3
6	Green Salad	Salmonella	12	519	2.1
7	Fruit Salad	Norovirus	12	355	2.1
8	Tamato	Salmonella	11	1,512	2.0
9	Greens Salad	E.coli	11	560	2.0
10	Melon	Salmonella	11	401	2.0

(CSPI, 2007)

위를 보면 *Clostridium perfringens*가 85.4 명/건으로 1위이며, *Escherichia coli*가 61.3 명/건으로 2위이다. 발생건수당 환자수가 많은 균일수록 인체 감염 시 영향 정도가 큰 균이므로 이를 우선순위 선정 요소에 고려하였다.

일본의 2001년부터 2008년까지의 원인균별 식중독 발생건수를 보면, *Campylobacter jejuni*가 가장 많은 건수를 기록하고 있으며, Norovirus에 의한 발생건수가 2위를 기록하고 있다. 이 밖에 *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus*가 주요 식중독 원인균으로 조사되었다. 호주의 원예작물과 관련된 리스크 순위로는 새싹채소와 샐러드에서의 *Escherichia coli*와 *Salmonella* spp.가 높은 순위를 보인다.

WHO/FAO에서 정한 총 3단계의 위해요소 순위에서는 가장 관리가 필요한 1단계는 녹색잎 채소, 허브류에서의 *Escherichia coli*, *Salmonella enteritica*, *Campylobacter*, *Shigella* spp., Hepatitis A virus, Norovirus, *Cyclospora*, *Cayaternesis*, *Cryptosporidium*, *Yersinia pseudotuberculosis*, *Listeria monocytogenes*을 지정하고 있다[10)]. 최근 채소나 허브를 손질하여 섭취 및 요리가 편리하도록 가공하여 판매하는 상품을 구매하는 추세가 늘고 있고, 손질된 부위에서 미생물의 생장이 증가하고 있는 점, 생산과 분배의 복잡한 공급체인으로 인한 교차오염 가능성 증가, 국제 무역의 증가를 이유로 들고 있다. 2단계는 열매류(berries), 멜론, 씨앗, 토마토를 지정하고 있으며 Norovirus와 *Salmonella* spp.가 주 관리대상이다. 3단계는 당근, 오이, 아몬드, 베이비콘, 참깨, 양파와 마늘, 망고, 파파야, 샐러리이며 *Salmonella* spp.와 *E.coli*가 주 관리대상이다. 특히 1단계 관리대상으로 녹색채소를 지정함에 있어, 녹색 채소는 대량생산 및 외국으로 수출되며, 수확 즉시 포장하는 상품부터 가공 판매하는 상품까지 범위가 다양하여 수확 후 녹색채소의 소비에 이르기까지 식중독 병원균들의 번식 가능성을 높다고 지적하고 있다.

미국의 Center for Science in the Public Interest (CSPI)에서 1990년부터 2006년까지 조사한 식중독 발생 통계자료[11)]에 따르면 총 5,778 건(총 환자수 168,898 명)중 해산물에 의한 것이 1,140 건(11,809 명), 농산물에 의한 것이 768 건(35,060 명), 가금류에 의한 것이 620 건(18,906 명), 육류에 의한 것이 518 건(14,191 명), 계란에 의한 것이 351 건(11,143 명)으로 집계 되었다. 발생 건수로 볼 때에는 해산물에 의한 식중독 발생 건수가 가장 많으나 환자수로 보면 13%에 지나지 않고, 농산물에 의한 식중독 감염 건수는 22.6%로 2위이며 환자수로는 전체의 38.5%로 그 영향이 가장 큰 것을 알 수 있다. 미국의 농산물로 인한 식중독 원인체로는 Norovirus에 의한 감염이 주를 이루고 있다(Table 3). 특히 Green Salad에서 Norovirus와 *Salmonella*

Table 4. Most commonly consumed food in Korea, 2009[14]

Rank	Product	Amount of intake (g)
1	Rice	183.2
2	Kimchi	79.4
3	Apple	29.6
4	Red pepper	23.8
5	Onion	23.4
6	Pear	22.5
7	Tangerine	21.7
8	Tofu	21.7
9	Potato	20.6
10	Tomato	19.7
11	Watermelon	19.3
12	Grape	14.4
13	Bean sprouts	13.9
14	Cucumber	13.7
15	Persimmon	12.3
16	Cabbage	11.3

(KCDC, 2010)

모두가 검출되었는데, 이는 농식품 세척 및 음용수와 조리기구, 함께 조리하는 육류 등의 식품과의 교차오염에 의한 것으로 분석하였다.

미국 CDC의 원인균별 식중독 통계자료[2]는 한국 식품의약품안전청에서 조사되고 있는 병원균보다 다양한 종류의 병원균에 관해 폭넓게 조사하고 있으며 이에는 *Shigella sonnei*, *Yersinia enterocolitica*, Hapatitis A virus, 기생충 등이 포함된다. EU에서는 더욱 세부적으로 오염원을 조사하여 토양과 물에서 오염되었거나 조리과정에서 오염된 경우에 대해 세부적으로 조사하고 있으며[5] 역시 *Shigella sonnei*, Hepatitis A virus에 관한 조사를 행하며 기생충에 관한 조사 또한 세부적으로 *Cryptosporidium* spp., *Giardia lambia* 등을 포함하여 이루어지고 있다.

・2단계 : 국내 다소비 식품 및 역학조사

한국에서 많이 섭취하는 식품들 중 농식품 범주에 포함되는 과일, 채소 및 곡류의 섭취량을 질병관리본부 국민건강영양통계 자료를 통해 조사하였으며[14], 백미가 183.2 g으로 가장 많이 소비되는 식품이며, 79.4 g으로 백미의 절반정도 양으로 섭취되는 김치가 2순위이다(Table 4). 최근 들어 식생활의 서양화로 밀가루 음식의 소비가 늘어나고 있지만 그래도 아직까지는 한국의 주식이 쌀이므로 가장 많이 생산되고 소비되고 있다. 또한 한국의 식단에는 항상 김치가 빠지지 않는 특성이 있으므로 섭취량 순위가 높은 것으로 파악된다. 과일류로는 사과가 29.6 g으로 가장 많이 섭취되고 있다(Table 4).

2008년부터 질병관리본부에서는 식중독 사고와 관련하여 역학조사를 실시하고 있다[13]. 역학조사에 많은 시간과 인력이 소요되므로 아직은 자료가 축적되지 않은 실정이며 원인 식품을 확인하는데 어려움을 겪고 있으며, 원인 식품 불명의 경우도 많아 조사 방법의 개선이 필요할 것으로 생각된다. 원인식품이 구체적이지 않은 이유로는 복합조리식품의 섭취빈도가 높고 단품 보다는 여러 가지 반찬을 함께 섭취하는 한국의 식습관과 식중독 사고 발생 후에 원인식품과 원인균을 확인하기 위한 체계적인 시스템의 미비로 판단된다. 또한 조리자가 손을 깨끗이 씻지 않고 조리를 하였거나 이미 감염된 사람이 조리시설 안에 있는 경우, 음용수가 오염된 경우 등 여러 가지 식품 자체 이외의 원인이 있기 때문에 원인식품의 확인이 어려운 것으로 추측된다.

역학조사 결과 중 식중독 사고 원인식품으로 채소 및 곡류가 포함된 결과를 포함하여 발생 건수에 따라 원인 병원체의 순위를 정한 결과를 정리하였다(Table 6). 원인 병원체는 *Salmonella* spp. Pathogenic *E coli* 등이며 원인 식품으로는 김밥, 채소비빔밥 등이 포함되어있다. 김밥은 백미뿐만 아니라 오이, 당근, 시금치 등 다양한 야채와 계란, 햄 등의 난류와 육류가 포함되어 각각의 재료를 따로 조리하여 하나의 식품으로 만들기 때문에 식중독 균에 오염될 확률이 높은 것으로 판단된다. 채소비빔밥과 배추김치는 원재료를 물에 깨끗이 씻지 않았거나, 세척 용수가 오염된 경우, 또는 조리자가 손으로 김치를 버무릴 때에 오염될 가능성이 있다.

Table 5. Epidemiologic survey of food poisoning in Korea beginning 2008 to 2010[13]

Rank	Pathogen	Outbreak	Cause foods
1	*Salmonella*	12	Japchae, Vegetable-jeon, Gimbap, Cold bean-soup noodles
2	*E. coli*	10	Chilled vegetables, Bracken namul, Lettuce, Vegetarian bibimbap, Fruit salad, Vegetable salad, Napa cabbage kimchi
3	*Bacillus cereus*	6	Gimbap, Lettuce, Vegetable salad
4	*Staphylococcus aureus*	4	Japchae, Geotjeori, Gimbap
5	*Clostridium perfringens*	4	Napa cabbage kimchi, Stir-fried vegetable, Vegetarian bibimbap, Green onion pancake
6	Norovirus	2	Seasoned noodle with vegetable, Bean sprouts
7	*Campylobacter jejuni*	1	Kimchi

(KCDC, 2011)

Table 6. Basis for domestic criteria selection of analysis data

No.	Criteria
①	Frequency and severity of disease
②	Frequency of consumption
③	Probability of cross-contamination

결 과

식중독 원인체 데이터 조사

국내 신선 농산물의 생물학적 위해요소 우선순위 선정을 위하여 농촌진흥청 '농식품 중 위해요소의 리스크 프로파일' 데이터[15]를 조사하였다. 이 데이터에 포함된 식중독 원인균 및 바이러스는 총 19종으로 병원성 미생물은 *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Cronobacter sakazakii*, *Campylobacter jejuni*, *Salmonella* spp, *Vibrio parahaemolyticus*, *Yersinia enterocolitica* 11종, 바이러스는 Norovirus, Hepatitis A virus, Adenovirus, Astrovirus 4종, 그리고 기생충 4종이다. 이들 식중독 원인체의 ① 학명 ② 발생원 및 오염원 ③ 원인 및 전파경로 ④ 생육특성 ⑤ 인체증상 ⑥ 예방법 ⑦ 민감집단 ⑧ 국내외 관리현황 ⑨ 분석방법 ⑩ 환경에서의 동태 ⑪ 식품오염 현황 ⑫ 사회적 이슈의 12가지 항목으로 정리된 내용을 분석하여 본 연구의 기초 자료로 활용하였다.

한국의 리스크 프로파일 기준 설정

Table 1에서 조사한 국제 식품안전 관련 기관 및 선진국의 리스크 프로파일 기준을 토대로 한국의 리스크 프로파일 기준을 설정하였다. CODEX에서는 가장 많은 15가지 기준을 설정하고 있고, 일본의 기준은 5가지로 가장 적은 기준을 적용하고 있는데, CODEX, FAO/WHO. 호주, 뉴질랜드, 일본 모두에서 공통적으로 고려하고 있는 기준은 질병의 빈도와 심각성, 식품 소비 빈도, 교차오염 가능성의 총 3가지이며 이를 한국의 리스크 프로파일 기본으로 하였다(Table 6). 특히 FAO/WHO, 뉴질랜드, 호주에서는 공통적으로 관련 식품의 유통・가공과정・가공 후 통제 가능성 등 생산단계별 오염 가능성을 기준으로 포함하고 있으나 한국에서는 농식품 종류별 수확단계부터 소비자에 이르기까지 오염 가능성의 기준을 명확히 제시한 자료가 불충분하여 이번 연구에서는 포함하지 않았다. 선정된 각 기준에 해당하는 자료로서 국내 및 국외 식중독 통계자료[1,2,7,11,12]와 질병관리본부 역학조사 결과[13], 다소비 식품 통계 자료[14] 및 선진국의 리스크 프로파일링 자료[5,6,7,8,10]를 수집 및 분석 하여 국내 농식품 생물학적 관리 우선순위를 설정하였다. 또한 한국식품의약품안전청에서는 조사하고 있지 않으나, 2011년 미국에서 주로 유제품에 존재하는 저온균으로 알려진 리스테리아균이 멜론에 오염되어 사망사건이 발생하는 등 식중독 균의 생육특성이 변화하고 있으며, 농식품의 국제무역 시장이 넓어지고 있는 만큼 선진국에서 관리하고 있고 위해성이 높아 관리의 필요성이 있다고 판단되는 위해요소를 우선순위에 포함하였다.

한국의 농식품 생물학적 관리 우선순위 설정

본 연구에서는 교차오염과 관련한 농산물의 생산부터 소

Table 7. Risk priority for foodborne microbial hazards at fresh produce in Korea

Priority group	Pathogen	Reason for select
I	Norovirus	· Most often the number of cases · Recently reported a lot of accidents involving
	Pathogenic *E.coli*	· The second largest number of cases and number of patients
	Salmonella spp.	· The third largest number of cases of domestic · Major priority in United States
	Clostridium botulinum	· The incidence is lower in South Korea but in developed countries, is the first managed target
	Listeria monocytogenes	· Interest in Korea is low but in developed countries, is the first managed target · Mainly related to meat, but recently occurred in the fruit(Melon)
II	*Vibrio parahaemolyticus*	· Occurred steadily · The possibility of cross contamination
	Staphylococcus aureus	· Occurred steadily · The possibility of cross contamination
	Campylobacter jejuni	· The number of cases low, but there are many number of patients per case
	Bacillus cereus	· High ranking in epidemiology survey
III	*Clostridium perfringens* *Yersinia enterocolitica* *Shigella* spp. *Cronobacter sakazakii* Hepatitis A virus	· Low incidence · Not currently being investigated but there is possibility of cross contamination · Surveyed in developed countries

비까지의 단계별 위험요인에 대한 정보의 부족으로 이를 적용하기가 어려워 선진국의 자료를 참고하여 적용하였으며, 식품의약품안전청에서 조사 및 관리하고 있는 식중독균과 한국의 농산물 관련 다소비식품 및 질병관리본부의 역학조사 결과를 중심으로 관리 우선순위를 설정하였다. 식중독 원인균을 중심으로 관리의 기본이 되는 질병의 빈도와 심각성, 식품 소비 빈도, 교차오염 가능성의 세 가지 기준을 중심으로 관련 자료를 분석하였으며, 국내에서는 조사되고 있지 않으나 선진국에서 관리되고 있는 위해요소 중 앞으로 관리가 필요할 것으로 판단되는 요소를 고려하여 설정하였다(Table 7). 식중독 사고 발생 빈도 및 위해도가 가장 높은 것으로 분석된 Norovirus, Pathogenic *E. coli*, *Salmonella* spp, *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes*를 그룹 I으로 선정하였고, 중간단계로 분석된 *Vibrio parahaemolyticus*, *Stapylococcus aureus*, *Campylobacter jejuni*, *Bacillus cereus*를 그룹 II에 선정하였다. 또한 가장 발생빈도 및 위해성이 낮거나 현재 식품의약품안전청의 식중독 통계자료에서는 고려되고 있지 않지만 앞으로 관리가 필요하다고 생각되는 요소를 그룹 III로 선정하였으며, *Clostridium perfringens*와 *Yersinia enterocolitica*, *Shigella* spp, *Cronobacter sakazakii*, Hepatitis A virus를 포함하였다.

농촌진흥청 국립농업과학원에서 작성한 농식품 중 위해요소의 리스크 프로파일[15]에 포함되어있으나, 관리 우선순위에 포함하지 않은 Adenovirus, Astrovirus 및 기생충은 국내에서의 식중독 사고 발생 자료가 부족하고, 국내 인지도가 매우 낮아 농식품 관리에 있어 관련 자료의 보유는 필요하나, 특별한 관리는 필요하지 않다고 여겨져 우선순위 목록에서 제외하였다.

고 찰

우선순위설정

한국의 식중독 통계 조사는 식품의약품안전청에서 주로 행해지고 있으며 2008년부터 질병관리본부에서 역학조사를 실시하고 있다. 그러나 식품의약품안전청의 식중독 통계조사 자료는 원인균별, 연도별, 장소별 자료는 나와 있으나, 식품별 조사는 불충분한 것으로 사료된다. 질병관리본부에서 역학조사를 실시하고는 있으나 원인식품이 불분명한 경우가 많아 한국에서 식중독 사고 발생 시 원인균과 원인식품의 관계를 파악하기 쉽지 않다. 또한 조사되고 있는 식중독 원인체로 바이러스로는 Norovirus 1종과 *Salmonella* spp, Pathogenic *E. coli* 등 주로 미생물 관련 병원균을 위주로 조사되고 있어 미국이나 EU에서 조사되고 있는 원인균보다 자료가 부족한 실정이다. 기생충의 경우 구체적으로 어떤 기생충으로 인한 식중독인지에 대한 조사가 부족하고 기생충으로만 분류되어 있으며 관련 독소에 대한 정보 또한 부족하다.

작성한 리스크프로파일의 식중독 병원균들 중 현재 한국 식약청에서 식중독 통계 시스템에서 조사하고 있는 병원균은 세균 8종, 바이러스는 Norovirus 1종만이 조사되고 있으며 나머지 세균은 기타세균으로, Norovirus 외의 바이러스는 기타바이러스로 총칭하여 조사하고 있으며 기생충 관련 자료는 불충분하다. 농식품 식중독 위해요소라 하더라도, 농식품 자체의 오염 보다는 재배나 운송 과정과 조리과정 중의 교차오염이 더 큰 원인이므로 더욱 폭넓은 조사가 이루어지기 위해서는 현재 조사되고 있는 병원균 외에도 외국의 리스크프로파일에 포함된 11종의 식중독 관련 생물학적 위해인자 - *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Cronobacter sakazakii*, Hepatitis A virus, Adenovirus, Astrovirus 및 기생충 - 또한 조사되어야 할 것으로 판단된다. 또한 병원균별, 원인 식품별 조사와 함께 농식품 수확에서부터 각 유통단계와 조리시에 위해요소로 작용할 수 있는 과정을 조사하여 농식품 위해요소 관리가 더욱 구체적으로 이루어지고, 새로운 위해요인으로 항생제 내성 식중독균에 대한 체계적인 대응 또한 필요할 것으로 사료된다. 본 연구 결과는 지속적인 보완을 통하여 국내 농식품 관련 식중독 사고와 관련된 보다 과학적인 프로파일링 및 체계적인 관리시스템 도입을 위한 기초자료로 활용되리라 기대한다.

농장의 GAP, HACCP 적용

1998년, 미국 FDA는 농식품 안전 관리의 발전을 위해 “Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables”지침서[16]를 발간하였다. 이 지침서에서는 수확에서부터 제품 생산 전 단계에 걸쳐 농식품에서의 미생물학적 위해 저감화 시행을 위한 체계를 갖추어야 하며, 이는 우선적으로 농산물우수관리규범(GAP)과 우수 제조 규범(GMP)에 바탕을 두어야 한다고 강조하고 있다. FDA에서는 이에 따라 2009년에 ‘녹색잎채소, 토마토, 멜론의 미생물학적 위해 저감화 지침서’를 발행하였다.

2010년 제15회 식품과학기술 국제 의회에 제출된 보고서에는 농식품 관련 사고에 대해 농장에 HACCP을 적용해야 할 시기가 왔음을 주장하고 있다[17]. 여기에서는 Baines and Ryan(2002)와 Baines et al.(2004) 논문의 내용을 근거로 농장에 GAP와 HACCP을 정확히 적용하는 것이 실현가능한지에 대해 논하고 있는데, 이에 따르면, 호주의 Australian Pig Industry Quality Programme (APIQ)에서 HACCP 지정을 받은 1차 생산자들을 예로 들어 농장의 HACCP의 적용 가능함을 역설하고 있고, 농산물 생산 농장은 가축 및 인간에 의한 ‘신종’ 미생물학적 위해 요소가 생길 가능성이 적기 때문에 호주의 돼지 농장에서 HACCP이 순조롭게 실시되고 있다면, 농산물 농장에서는 더욱 쉽게 적용할 수 있을 것이라고 주장한다. 또한 선진

국에서 시행되고 있는 surveillance system이나 Rapid Alert System for Food and Feed와 같은 의무 통지 제도는 농식품 관련 사고에 부분적으로 도움이 될 수 는 있겠지만, 농장 유래 오염에 의한 식품 안전을 보장받기 위해서는 'on-farm HACCP'의 적용 및 위해성 평가, 농장 노동자들에 대한 효과적인 훈련이 필수적으로 시행되어야 한다고 결론짓고 있다.

한국의 농식품 위해 저감화를 위해서는 위와 같은 GAP와 HACCP 적용의 확대가 필요하다. HACCP을 적용하기까지 많은 노력과 시간이 필요하나 앞으로 더욱 안전한 먹거리를 소비자에게 제공하고 수출하기 위해서는 공장에서뿐만 아니라, 농산물이 최초로 생산되는 '요람'부터 GAP와 HACCP을 적용하는 것을 고려할 필요가 있으며, 이번 연구에서 설정한 '농식품 생물학적 위해요소 우선순위'가 생산부터 소비까지 전 단계에 걸쳐 GAP와 HACCP을 적용하는 데에 있어 기초자료로 활용 될 수 있을 것이라 판단된다.

요 약

본 연구는 농식품의 안전성 확보 및 식중독 사고 발생 예방을 위한 연구의 일환으로 수행되었으며, 국내외의 자료를 조사하여 11가지 미생물학적 위해요소에 대해 리스크 프로파일 목록을 작성하여 추후 데이터베이스로 활용될 수 있도록 하였다. 또한 국제 식품안전 관련 기관인 CODEX와 WHO/FAO 및 미국・일본・유럽・호주・뉴질랜드의 리스크 프로파일 선정 기준을 조사하고 국내 가용한 자료를 고려하여 식중독 원인균을 중심으로 관리의 기본이 되는 질병의 빈도와 심각성, 식품 소비 빈도, 교차오염 가능성의 세 가지 기준을 중심으로 관련 자료를 분석하였으며, 국내에서는 조사되고 있지 않으나 선진국에서 관리되고 있는 위해요소 중 앞으로 관리가 필요할 것으로 판단되는 요소를 고려하여 설정하였다.

우선순위는 발생빈도 및 위해도에 따라 세 그룹으로 나누었으며, 가장 집중적인 관리가 필요한 것으로 분석된 그룹 I에는 Norovirus, *E.coli, Salmonella, Clostridium botulinum, Listeria monocytogenes*를 선정하였고, 그룹 II에는 *Vibrio parahaemolyticus, Staphylococcus aureus, Campylobacter jejuni, Bacillus cereus*를 지정하였으며, *Clostridium perfringens, Yersinia enterocolitica, Shigella* spp, *Cronobacter sakazakii*, Hepatitis A virus를 그룹 III에 선정하였다. 본 연구에서 고려한 교차오염의 가능성은 정량화 되지 않은 '가능성'만을 염두에 두고 작성되었으며, 앞으로 농장의 GAP, HACCP을 적용하여 농식품의 수확에서부터 제품 생산 전 단계에 걸쳐 안전성이 확보된 제품을 생산할 수 있는 체계를 갖추어야 할 것이라 제안한다. 본 연구결과는 농식품의 식중독 예방과 'farm to table' 전 과정의 체계적인 위생관리시스템 도입을 위한 기초자료로 활용 될 수 있을 것이라 판단된다.

감사의 말

본 연구는 2010년도 농촌진흥청 용역연구개발과제(PJ009013010050010400)의 연구개발비 지원에 의해 이루어진 연구결과이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 한국식품의약품안전청. 식중독 통계 시스템. Available from: http://www.kfda.go.kr/e-stat/. Accessed Mar. **1**, 2012 (2011).
2. U.S. Centers for Disease Control and Prevention: Surveillance for foodborne-Disease Outbreaks-United States, 1998-2002. pp. 1-48. Available from: http://www.cdc.gov/mmwr/pdf/ss/ss5510.pdf. Accessed Aug. **13**, 2011 (2006).
3. Codex Alimentarius Commission: Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment. pp. 1-19. Available from: http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/cac1999/en/. Accessed Sep. **23**, 2011 (1999).
4. Codex Alimentarius Commission: Proposed draft principles and guidelines for the conduct of microbiological risk management. pp. 1-18. Available from: http://ftp.fao.org/codex/Meetings/CCFH/ccfh37/fh37_06e.pdf. Accessed Sep **23**, 2011 (2004).
5. European Commission: Risk Profile on the Microbiological Contamination of Fruits and Vegetables Eaten Raw, pp. 1-45. Available from: http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/out125_en.pdf. Accessed Oct. **20**, 2011 (2002).
6. 식품의약품안전청: 제외국 식품안전위해분석 지침 : 일본・캐나다・유럽 (2007).
7. John Sumner: Food Safety Risk Profile for Primary Industries in South Australia, pp. 1-97. Available from: http://www.sproutnet.com/Research/food_safety_risk_profile_australia.pdf. Accessed Mar. **3**, 2011 (2002).
8. New Zealand Ministry of Health: Risk Profiles for the Foods New Zealanders Eat, pp. 1-38. Available from: http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/risk_profiles-science_research.pdf. Accessed May. **2**, 2010 (2000).
9. 식품의약품안전청. 위해물질관리 홍보시스템 'Risk Profile' 데이터베이스. Available from: http://safefood.kfda.go.kr/safefood/user/db/riskList.jsp/ Accessed Oct. **05**, 2011 (2011).
10. FAO/WHO: Microbiological Hazards in Fresh Fruits and Vegetables, pp. 1-38. Available at: http://typo3.fao.org/fileadmin/ templates/agns/pdf/jemra/FFV_2007_Final.pdf. Accessed Nov. **24**, 2010 (2008).
11. U.S. Center for Science in the Public Interest: "Outbreak Alert", pp. 1-27. Available from: http://cspinet.org/new/pdf/outbreakalertreport09.pdf. Accessed Jan. **9**, 2011 (2008).
12. Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan. Foodborne Outbreak Statistics. Available from: http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/112-1.html/ Accessed Feb. **10**, 2011 (2009).
13. 질병관리본부: 2010 국민건강통계 국민건강영양조사. pp.

38-48. Available from: http://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/index.do. Accessed Oct. **15**, 2011 (2010).
14. 농촌진흥청 국립농업과학원: 농식품 중 위해요소의 Risk Profile. 농촌진흥청 국립농업과학원, 경기, pp. 339-386 (2012).
15. 질병관리본부: 역학조사 결과보고서. Available from: http://www.cdc.go.kr/CDC/info/CdcKrInfo0519.jsp?menuIds=HOME001-MNU0003-MNU0072-MNU0073. Accessed Jan. **20**, 2012 (2011).
16. U.S. Food and Drug Administration: The Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables, pp. 1-49. Available at: http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/GuidanceDocuments/ProduceandPlanProducts/UCM169112.pdf. Accessed Oct. **10**, 2011 (1999).
17. Soon, J.M., Manning L., Davies, W.P. and Baines, R.: Fresh produce-associated outbreaks: a call for HACCP on farms?. *Brit. Food J.* **114**, 553-597 (2012).