식품안전관리에서 미생물 위해평가의 활용

The Application of Microbial Risk Assessment in Food Safety Management

박경진

Gyung Jin Bahk*

군산대학교 식품영양학과

Department of Food and Nutrition, Kunsan National University, 1170 Daehakro, Gunsan, Jeonbuk, 573-701, South Korea

서 론

식품중에 존재하는 또는 존재할 수 있는 식중독 원인균 등 미생물학적 위해요소로부터 소비자의 안전을 보장하고 그 안전수준을 평가하기 위한 식품안전관리방법은 크게 3개의 분야로 나누어 설명할 수 있다[1](그림 1). 첫째로 위해요소(Hazards)에 대한 직접적인 관리로 GMP(good manufacturing practice, 우수제조기준)와 HACCP(Hazard Analysis Critical Control Point; 식품안전관리품질인정기준)개념의 적용을 둘 수 있고, 둘째는 신속하면서도 정확하게 정량적으로 미생물학적 위해요소에 대한 검출, 그리고 마지막으로 식품을 통한 이들 미생물학적 위해요소에 대한 건강상의 영향을 평가하는 미생물 위해평가(Microbial risk assessment; MRA)라 할 수 있다. 이들의 3개의 식품안전관리방법 모두 아직 완전하게 개발되었다고는 볼 수 없으며, 미생물학적 위해요소에 대한 식품안전수준 향상을 위해서는 앞으로도 더욱 많은 발전을 필요로 하고 있다.

이중 MRA는 식품에 오염된 식중독 원인균에 의해 나타날 수 있는 위해(risk)을 평가하기 위한 시도로, 비록 접근방법 및 운영체계가 현재와는 차이가 있지만 *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus* 등 여러 식중독균에 대한 병리학적 연구 등 식품의 안전성 확보의 수단으로서 MRA의 기법은 이미 1930년대 이후 수행되었다고 볼 수 있다[2]. 하지만 미생물학적 위해요소에 대한 직접적인 위해의 정도와 그 중요성을 평가하기 위한 MRA에 대해 국제적으로 인정된 방법론의 개발은 1990년대에 이르러서야 성장하기 시작하였다[3]. MRA는 위해분석(Risk analysis)에 있어 위해평가 대상을 미생물학적 위해요소에 중심을 둔 것으로, 다른 위해평가 기법과 같이 그림 1에서 보는 바와 같이 4단계의 기본구성요소로 구성되어 있다.

식품안전 차원에서의 MRA는 식품을 통해 발생하는 미생물학적 위해요소과 관련된 자료를 수집, 분석하고, 이 결과를 이용하여 개인, 집단 혹은 국민전체에 대한 건강상

* Correspondence to: Gyung Jin Bahk, MPH, PhD
Department of Food and Nutrition, Kunsan National University
558-Daehakro, Gunsan, Jeonbuk, 54150, Republic of Korea
Tel: 82-63-469-4640 Fax: 82-63-466-2085 E-mail: bahk@kunsan.ac.kr

의 영향을 결정짓는 일련의 과정이라 할 수 있으며, 또한 그 결과는 미생물학적 위해요소의 발생 예방을 위한 적절한 정책적 조치를 취하는데 있어서도 결정적인 역할을 하게 된다. MRA는 과학적이고 객관적인 방법으로 식품과 관련한 안전성 평가 방법론을 나타낸 것으로, 이의 주목적은 소비자에게 노출될 수 있는 식품과 관련된 미생물학적 위해요소에 대한 인정 즉, 안전을 어느 수준에서 설정할 것인가에 대한 해답을 제공하는 것이라 할 수 있다[4].

지금까지 MRA의 많은 연구는 특정식품에서 특정 병원선미생물에 대한 위해수준을 추정하거나 이와 관련 세부 방법론에 대한 연구가 진행되어 왔다. 하지만 MRA은 3가지의 중요한 기능을 수행 할 수 있는데[5] 첫째는 기본적인 기능으로 건강상의 위해수준의 추정이며, 둘째는 유통 및 소비를 포함하는 전체 식품제조공정에 있어 수학적 모델링을 제시할 수 있으며, 마지막으로 위해관리 차원에서 사회 · 경제적 분석에 대한 기초자료를 제공할 수 있다는 것이다. 이는 곧 MRA는 위해수준에 대한 추정 외에 MRA의 무수한 활용 가능성을 보여 주고 있다고 할 수 있다. 본 논문에서는 MRA의 고유의 목적인 미생물학적 위해요소에 대한 안전수준 결정 외에 식품안전부분에서 활용될 수 있는 주제에 대해 설명할 것이다.

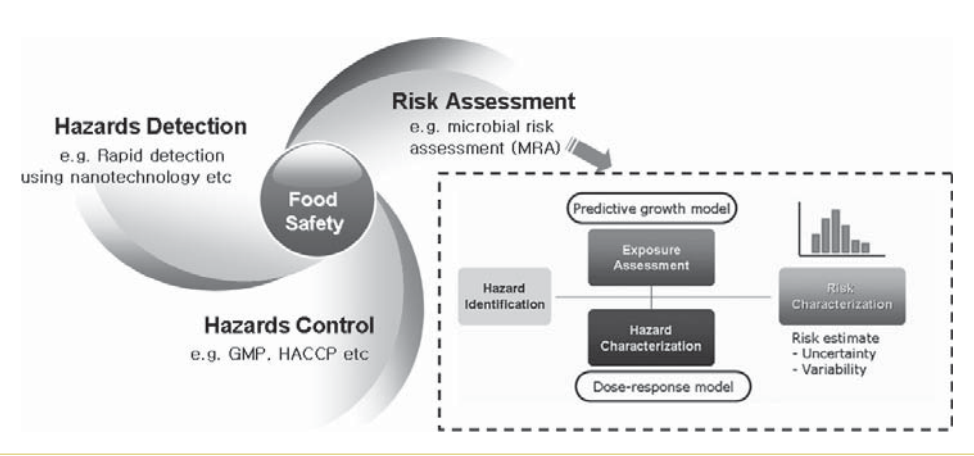

그림 1. 미생물학적 위해요소에 대한 식품안전 수준 향상을 위한 당면 기술과제[1]

본 론

1. 위해수준(risk level)에 근거한 식품안전기준 설정

식품에서 미생물학적 위해요소에 대한 관리는 전통적으로 발효, 조림 및 건조 등의 방법으로 이루어져 왔다. 하지만 이들 미생물에 의한 질병발생 메커니즘과 식품에서의 이들 미생물학적 위해요소의 역할에 대한 이해증진 그리고 국민건강의 향상을 위해서 점차 식품위생적인 측면에서 이들 미생물학적 위해요소에 대한 제조가공기준(process criteria)을 국가 중심으로 설정하게 되었다. 대표적인 것이 1939년 미국에서의 우유에 대한 살균온도 규정(Milk ordinance and code)으로 볼 수 있으며, 전통적으로 이루어지고 있는 대표적인 식품안전 기준은 표 1과 같다[6]. 표 1에서 제시된 기준은 많은 국가, 식품산업체와 소비자로부터 인정을 받았고, 현재에도 받아들여지고 있지만, 최근 식품산업의 변화는 제조공정에 있어 많은 다양성과 신기술을 가지게 되었고[7], 이러한 규정은 오히려 식품산업기술의 발달 저해로 작용하고 있다.

이러한 획일한 된 규정상의 문제에 대한 개선으로 최근 미국 FSIS (USDA Food Safety and Inspection Service) 등의 살균규정은 과거와 같이 시간과 온도를 규정하는 것이 아닌, 예로서 조리된 RTE 가금육(cooked ready to eat poultry)의 경우, 살모넬라에 대해 7 log 이상의 감소만을 규정하고 있으며, 실제적 적용방법은 위와 같은 효과를 나타낼 수 있는 방법으로 식품산업체 스스로 결정하는 방향으로 진행되고 있다[6]. 미국 FSIS가 규정한 7 log이상의 감소는 다른 말로 표현을 한다면 식품산업체

표 1. 식품안전을 위한 전통적인 제조가공기준[6]

식품 종류	병원성 미생물	제조가공기준
Fluid milk	*Coxiella burnetti*	72℃/15 sec
Liquid whole milk	*Salmonella*	65℃/3.5 min
Poultry meat	*Salmonella*	Minimum 74℃
Shellfish	Parasites	Frozen −35℃/ 168 hour

에서 준수하여야 할 새로운(기존의 가금공정에 대해 규정된 살균시간과 살균온도가 아닌 가공환경에 따라 변경이 가능하거나 새로운 방법의 적용 등) 가공기준 즉, PC (performance criteria)라 할 수 있으며, 이는 특정 제조단계에서 미생물학적 위해요소(식중독 원인균)의 최대 빈도 또는 농도로도 볼 수 있다. 이 PC에 의해 가공목표(performance objectives)를 결정하는데 활용 될 수 있으며, 이 PO는 식품안전목표인 FSO(food safety objectives)에 의해 결정된다. FSO는 최종적으로 소비단계에서 특정식품의 섭취로 인해 개별 소비자가 섭취하는 식중독 원인균의 수(number)라 할 수 있다. FSO은 ICMSF[8]에서 제안된 개념으로 일반적으로 다음과 같이 표현되고 있다.

$$Ho - \Sigma R + \Sigma I \leq FSO$$

Ho: Initial level of pathogen, ΣI: Cumulative total of increase of pathogen,
ΣR: Cumulative total reduction of pathogen

개별 소비자가 섭취하게 되는 식품내 식중독 원인균의 수인 FSO는 국민건강에 대한 적절한 보호수준(Appropriate level of protection; ALOP(국민건강 보호수준))에 의해 결정될 수 있다, 그림 2는 특정식품에서 제조후 미생물 오염수준을 바탕으로 제시될 수 있는 ALOP, FSO, PO/PC 등을 나타낸 것으로, 최종적으로 이러한 ALOP수준을 제시할 수 있는 방법이 현재로서는

표 2. 위해수준에 근거한 식품안전기준 ALOP, FSO, PO/PC 등의 개념

- **ALOP (Appropriate Level of Protection) "국민건강 적정보호수준"**으로서 국내에서 특정 식품에서 특정 원인균에 의한 식중독 발생수준으로, 1일1인 식중독 발생 가능성 또는 1회 제공량(serving)당 환자수 및 연간 발생수준으로 표현
- **FSO (Food Safety Object)로 "소비단계 식품안전목표"**로서 소비 직전 시점에서 특정 식품내 특정 식중독 원인균의 최대 발생수준(빈도) 및 농도(오염수준)로, ALOP를 달성하기 위한 정량적 기준으로 볼 수 있으며, 예로 2 log CFU/g 이하 또는 발생수준 0.01% 이하로 표현
- **PO (Performance objective)로 "유통단계 식품안전목표"**로서 제조후 유통환경 등을 고려해 식품공급체인 특정 단계에서의 특정 식품내 특정 식중독 원인균의 최대 발생수준(빈도) 및 농도(오염수준)로, FSO를 달성하기 위한 정량적 기준으로 볼 수 있으며, 예로 1 log CFU/g 이하 또는 발생수준 0.001% 이하로 표현
- **PC (Performance criteria)로, "제조단계 식품안전기준"**으로 제조후 유통전 특정 식품내 특정 식중독 원인균의 최대 발생수준(빈도) 및 농도(오염수준)로, PO를 달성하기 위한 정량적 기준으로 볼 수 있으며, 예로 −1 log CFU/g 이하 또는 발생수준 0.0001% 이하 또는 원료에서부터 5 log 감소 등으로 표현될 수 있으며, 이 PC를 달성하기 위하여 식품제조업체에서는 원료 및 공정단계별로 안전관리 기준(예로 살균온도/시간, HACCP에서 CL 등)이나 미생물 기준(microbiological criteria: MC)으로 적정 Sampling plan 등을 설정하여야 함

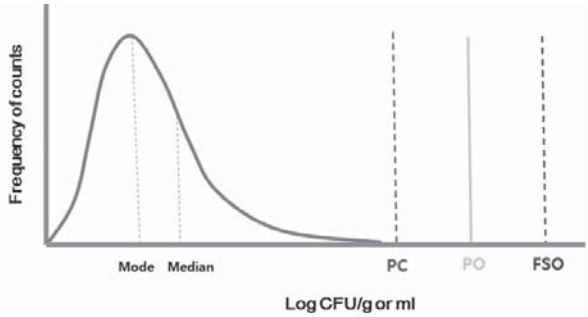

그림 2. 식품제조후의 미생물 오염수준을 바탕으로 제시될 수 있는 FSO, PO, PC 관계

MRA에 기초한 위해분석외에는 없다.

MRA가 위해에 기초하여 평가된 것이므로 PO 및 PC 역식 위해에 기반한 식품안전기준이라 할 수 있으며, 또한

이러한 위해에 기반한 기준은 식품제조환경에 따라 특성에 맞게 변경하여 수행할 수 있으므로 식품안전뿐만 아니라 품질에 대한 문제도 동시에 고려할 수 있다는 것이다. 또한 실제적인 식중독 원인균의 발생은 제로의 의미가 절대 아닌 아주 낮은 수준으로 나타나기 때문에 MRA에서는 정량적인 방법이 도입되고 있고, 대표적인 Monte-carlo simulation이라는 확률적 방법을 적용하고 있는 것이다.

2. HACCP 시스템에서의 활용

현재 대부분의 식품산업체는 제조공정에서 비위생적인 활동을 제어하고 조절할 수 있는 방법으로 HACCP가 적극 도입되고 있다. 국내 HACCP의 도입 역사는 1993년 Codex의 권고에 따라 1995년 12월 식품위해요소중점관리기준을 제정 고시하였다. 우리나라에 HACCP이 도입된 지 많은 시간이 경과하였고, 그 동안 식품부분에서의 HACCP 적용도 많은 발전을 거듭해 왔다. 하지만 정부나 식품산업체 모두 아직은 식품의 안전성 확보 차원에서 HACCP의 현장 적용에만 더 관심이 많기 때문에 HACCP를 더욱 확대 발전시키는 MRA 관련기술 연구나, 미생물 예측모델(Predictive Model)방법을 이용한 기술 개발 등에 관한 연구는 진행되지 못하고 있다.

HACCP이 국제적으로 공인된 프로토콜로 발전했음에도 불구하고 식품안전관리체계에서의 HACCP은 더 많은 개선과 향상이 요구되고 있으며, 여기에 위해분석의 적용 특히, 이중 MRA를 HACCP의 일부로 이용하여야 한다고 하였다[9]. 특히, 현재의 HACCP 개념에 위해의 개념이 포함되어 있지만 정성적(qualitative)인 개념이며, 정량적(quantitative)의 개념은 아니라고 볼 수 있다. 한편으로 정량적 위해평가 개념을 HACCP에 포함시킨 새로운 위생관리방법으로 RACCP(Risk Assessment and Critical Control Point)을 제안하기도 하였다[10]. 즉, 정량적 개념을 HACCP에 이용하는 것은 위해요소 분석(hazard analysis)에 MRA 방법을 이용하여야 한다는 것이다[11]. HACCP plan에서 각 CCP에 대한 안전성 평가는 지금까지 자료로부터의 추측으로 실시되었다. 또한 HACCP 계획이 적절한지는 어떤 허용한계치(CL)를 선택할 지에 따라 결정된다. 그러나 그것을 설정하는 경우도 대부분은 추측으로 이루어지고 있다. 또한 CCP에 대한 CL설정시 그 기준이 사람들의 건강, 즉 공중위생에 대해 직접적인 영향평가를 하지 않았다는 점이다. HACCP계획의 미생물학적 최종목표는 식중독사건을 줄이는 것이며, 그 효과의 판단기준은 식중독사건의 환자수이다. 이러한 단점을 보완하고자 하는 것이 HACCP 방법에서의 MRA의 이용이다.

현재의 HACCP 적용에 있어서의 또 다른 문제 중의 하나는 식품제조공정에서의 다양한 환경과 제조조건을 무시하고 동일품목에 대해 일률적인 CCP 및 CL을 적용하고 있다는 것이다. 앞서 설명한 위해에 기반한 식품안전기준인 PO, FSO, ALOP와 MRA와 관계를 HACCP에 적용할 경우 그림 3과 같이 나타낼 수 있다. 즉, HACCP에서의 MRA가 어떻게 이용 가능한지에 대한 제시를 나타낸 것이다. MRA를 통해 현재의 특정 식품에서 특정 식중독

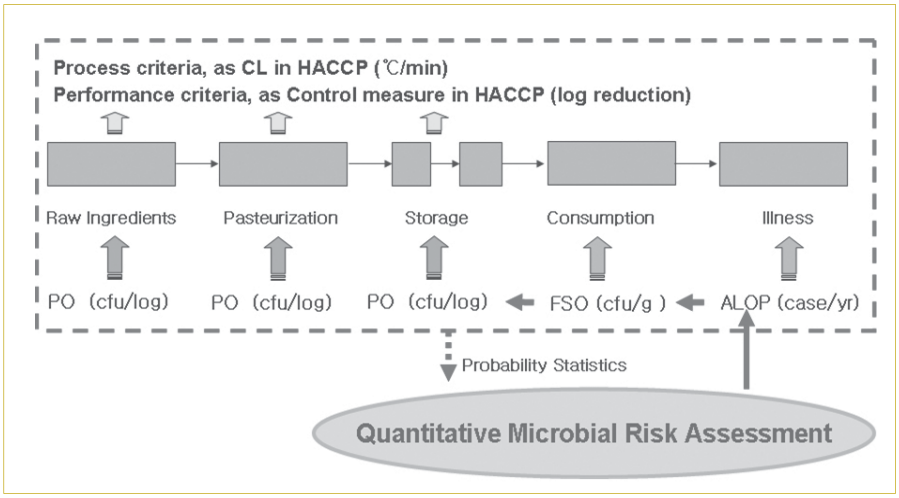

그림 3. 위해에 기반한 식품안전기준의 설정 및 HACCP에서의 활용

원인균 대한 발생수준(위해수준)을 추정하고, 이를 바탕으로 이들 식품에서 특정 식중독 원인균에 대한 국민건강 보호수준인 ALOP를 결정할 수 있다. 또한 이를 바탕으로 식품제조공정에서 준수하여야 할 FSO가 제시될 수 있으며, 이에 기초한 PO 또는 HACCP에서의 CL이 정해질 수 있으며, 이를 준수하기 위하여 최종적으로 식품산업체에서 수행하여야 할 세부적인 안전관리기준(performance criteria)이 일련의 과정으로 이루어지게 된다[12].

3. 위해순위(risk ranking) 결정에 활용

식중독 발생의 원인이 되는 모든 미생물 위해요소를 직접적으로 관리하는 것이 반드시 중요한 것은 아니다. 따라서 모든 위해요소에서 어떤 것이 주로 발생하고 그 중요성의 정도를 평가하는 것이 필요하다. 이러한 순위를 결정할 수 있는 객관적인 방법론으로 MRA를 활용할 수 있다. 식품안전측면에서 국내에서 생산되고 있는 주요 식품에 대한 위해순위 결정은 식품안전정책 결정에 중요한 요소로 작용할 수 있다[13]. 그림 4는 미국에서의 리스테리아증관련해서 즉석섭취식품(RTE)군에서의 MRA를 활용하여 위해순위를 결정한 예이다[14]. 하지만 국내에서는 식품에 대한 MRA를 활용한 위해순위 결정 부분에 대한 연구가 일부 수행되었지만[15] 방법론에 있어 MRA관련 방법론 및 관련 자료의 부족으로 현실적은 활용 측면에서는 더욱 개선되어야 할 것으로 보인다.

최근의 위해추정에 사용되고 있는 측정수단으로 2가지의 주요한 접근방법이 있는데, 이 중 하나는 질병부담분석(DALY's, Disability-Adjusted Life-Years)이 있다. 이는 식중독 증 질병 없이 평생 얼마 동안 살 수 있는가의 개념이다. 다른 하나는 비용편익분석(cost-benefit analysis)이다. 이 또한 현재 사용 중에 있고, 얼마나 많은 돈이 소요될 것인가가 기본 개념으로서, 이들 방법을 사용할 경우 중요한 것은 진정으로 투명하게 분석되어야 하며, 특히 비용 계산에 있어 최종평가에는 어떠한 편견이 있어서도 안 된다는 것이다[16].

MRA관련 연구에 있어, 현재 중요한 것 중 하나가 정량적인 위해순위 결정을 위한 가장 적절한 방법을 개발하는 것인데, 이는 위해평가 전문가가 아닌 일반인들에 의해서도 실제적으로 활용될 수 있는 방법으로 개발되어야 한다.

Decreased risk per annum →

Decreased risk per serving ↓

Clusters A and B	Clusters C and D	Clusters E	
Very high risk Cluster 1-A, 1-B Deli Meats Frankfurters (not reheated)	High risk Cluster 1-C, 1-D Pate and Meat Spreads Unpasteurized fluid milk Smoked seafood	Moderate risk Cluster 1-E No food categories	Clusters 1
High risk Cluster 2-A, 2-D High fat and other dairy products Pasteurized fluid milk Soft unripened cheese	Moderate risk Cluster 2-C, 2-D Cooked RTE crustaceans	Moderate risk Cluster 2-E No food categories	Clusters 2
Moderate risk Cluster 3-A, 3-B No food categories	Moderate risk Cluster 3-C, 3-D Deli-type salads Frankfurters (reheated) Fresh soft cheese	Low risk Cluster 3-E Preserved fish Raw seafood	Clusters 3
Moderate risk Cluster 4-A, 4-B No food categories	Low risk Cluster 4-C, 4-D No food categories	Very low risk Cluster 4-E Cultured milk products Hard cheese Ice cream etc	Clusters 4

그림 4. MRA를 활용한 *L. monocytogenes*로부터의 즉석섭취식품군에 대한 위해순순결정 예[14]

4. 실제 식중독 발생수준에 대한 추정

식중독 감시에 있어 중요한 4대 과제는 ① 정확한 실제 환자수 추정(To estimate the overall health burden), ② 지속적 발생경향 추정(To measure trends over time), ③ 적시 조기탐지(To detect early outbreaks), ④ 원인 식품 추정(To attribute of specific food sources)라 할 수 있다[17,18]. 이중 식중독 예방을 위해 우선적으로 이루어져야 할 것은 식중독 발생 수준에 대한 정확한 추정이라고 볼 수 있다. 특히, 많은 예방과 홍보활동에도 불구하고, 식중독에 대한 국민 대부분의 안전 의식이 낮은 이유는 식중독으로 인한 사회적 영향에 대한 인식이 부족하기

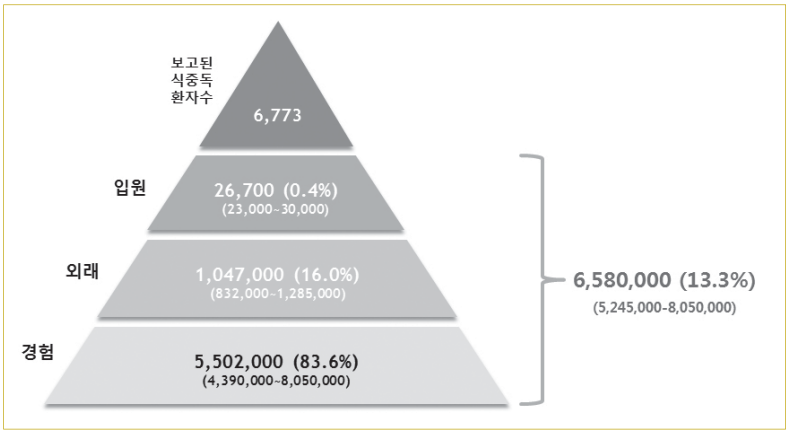

그림 5. 2008~2012 보고된 환자수와 추정된 환자수에 대한 비교 및 분포[20]

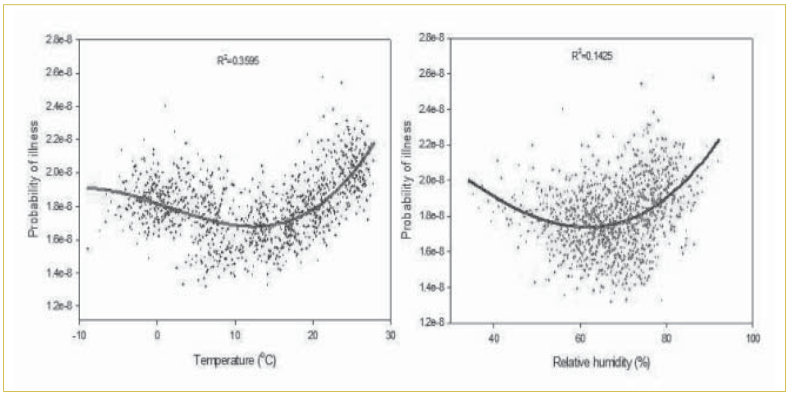

그림 6, MRA를 이용한 온도와 습도별 병원성대장균 발생수준 예측[21]

때문이다. 따라서 사회적 관점에서의 식중독 발생에 대한 평가가 이루어져야 하며, 이를 위한 대표적인 평가방법으로는 통계에 포함되지 않은 실제 발생한 환자수를 추정하는 것이 필요하다.

식중독 발생수준에 대한 추정 방법 역시 MRA를 통해서 충분히 가능하다. 2000년 초기 원시적인 MRA 모델을 활용한 보고서[19]에서 연간 전 국민의 12.4%가 안전하지 못한 식품섭취로 인해 직접적으로 건강상의 해(식중독 등)를 입고 있으며, 이중 0.3%는 병원에 입원하는 것으로 추정하였으며, 이러한 식중독 발생에 따른 경제적 손실 피해액은 1조 3천여억원으로 우리나라 국민 GNP의 0.3%, 정부예산의 1.2%로 추정하였다. 최근 건강보험심사평가원의 자료를 바탕으로 MAR 기법을 적용하여 추정된 식중독 전체 환자수는 5년 평균(2008~2012)으로 연중 약 6,58만명이었으며, 이는 식품의약품안전처에 보고된 식중독 환자수의 약 971배에 해당되는 것으로 보고되었다[20](그림 5). 이들 추정된 실제 식중독 환자수는 최종적으로 ALOP 설정 및 비용편익분석에 활용될 수 있다.

5. 식중독 지수 개선

추정된 실제 식중독 발생수준에 대한 자료를 바탕으로 MRA 모델을 통해 시뮬레이션을 활용하면 온도와 습도에 따른 식중독 발생 수준 및 환자수를 어느 정도 예측할 수 있다. 그림 6은 병원성 대장균에 대한 월별 식중독 발생 수준을 온도와 습도를 반응변수로 하여 정리한 것이다[21]. 식중독은 고온고습에서 주로 발생하지만 온도와 습도가 낮은 겨울철에도 식중독은 충분히 발생하고 있음을 볼 수 있다. 이들 값을 바탕으로 반응 모델을 개발한다면 기상청의 온도와 습도 등에 대한 정보를 바탕으로 현재의 식중독 지수보다 보다 현실적이고 정확한 식중독 발생수준에 대한 예측 및 홍보가 가능할 것으로 보인다.

한편으로는 현재수준의 식중독 발생수준 추정 및 시나리오 분석을 통한 기후변화에 따른 발생수준 예측도 MRA를 이용하여 가능하다. MRA모델에 현재수준의 현재 온도분포 등을 입력변수로 하여 현재 수준에서의 주요 식품군에서의 대상 미생물학적 위해요소에 의한 식중독 발생수준 추정할 수 있으며, 추정된 기후변화 결과를 바탕으로 그 정도에 따른 시나리오 분석을 통해 향 후 기후변화에 따른 기후 수준별 주요 식품군에서의 대상 미생물학적 위해요소에 의한 식중독 발생 수준도 MRA를 이용하여 예측할 수 있다[21].

6. 미생물 위해평가와 빅 테이터

빅 데이터로서 인터넷 검색어의 상대적 빈도는 몇 가지 감염병 증상 발생과 어느 정도 상관성이 있다고 알려져 있어, 이들을 바탕으로 한 인터넷 검색어 기반의 질병 감시 시스템은 여러 감염병에 대한 공중보건학적 모니터링 방법을 제공할 수 있다. 인터넷 검색어를 활용한 식중독 발생에 대한 사전예측 데이터 분석에 대한 결과 예시는 그림 7과 같다. 캐나다의 경우 인터넷 검색어로 'listeriorisis'

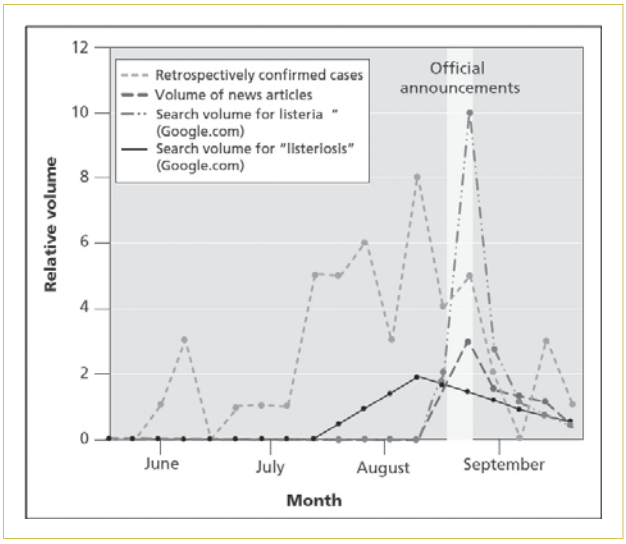

그림 7. 인터넷 검색어 "listeria" 와 "listeriosis" 의 출현수준 비교

그림 8. 월별 식중독관련 검색 수와 추정된 식중독 환자수 비교 (2010~2012)

를 사용하여 리스테리아에 의한 식품매개질환 발생수준을 예측한 결과 정부의 공식 보고가 발표되기 이미 한 달 전부터 인터넷상에서는 이들 검색어의 출현빈도가 증가하고 있음을 보여주고 있다[22]. 이러한 연구 결과는 인터넷 검색어를 활용하여 식중독 발생에 대한 조기 발견에 도움이 될 수 있음을 보여주고 있는 것이다.

국내의 경우에서도 식중독 환자수에 대한 검정의 한 방법으로 빅 데이터로서 인터넷 검색어를 활용할 수 있다[18]. 그림 8은 식중독 발생과 관련한 검색어 즉, 식중독, 설사, 복통, 장염, 구토 등 총 5가지 키워드를 사용하여 월별로 검색수의 발생빈도를 보면 나타낸 것으로 식중독관련 검색빈도는 식중독 발생 특성과 같이 계절성이 있는 것으로 나타났고, 검색빈도의 감소는 식중독 환자수의 감소로 나타났다. 이러한 관계를 활용한다면 검색건수의 증가는 식중독 발생 증가에 활용할 수 있을 것으로 보인다. 이때 변수로 활용될 수 있는 식중독 환자수의 경우 MRA를 통해 얻을 수 있으며, 이들 빅 데이터를 기후인자와 더불어 MRA와 접목한다면 시간별/지역별 식중독 발생 경향 및 조기 탐지에 활용할 수 있을 것이다.

결 론

식중독 발생 예방 등 식품의 안전성 확보는 국민건강 보호차원에서 사회적으로 매우 중요한 과제이다. 하지만 식품의 생산 및 유통은 물론 소비단계에서 생물학적 식품위해인자에 대한 관리가 쉽지 않음이 많은 역사적사건에서 증명되어 왔다. 이는 이들 위해요소의 오염과 증식 그리고 사멸에 있어 많은 변이성(variability)과 불확실성(uncertainty)을 포함하고 있기 때문이다. 이러한 이들의 특성을 고려하여 여러 식품위해인자를 제어 · 관리할 수 있는 방법으로 MRA에 기초한 오염수준에 대한 분석 및 평가시스템이 제시되고 있다. MRA는 식품의 원재료에서 제조, 유통, 보관, 판매, 소비까지의 전 과정에서 여러 식품위해인자의 변화를 예측하여 분석 및 평가함으로써 이들 여러 식품위해인자를 효과적으로 제어하고자 하는데

목적이 있다[4,5]. 따라서 MRA는 수학적 모델의 접목으로 여러 식품위해인자에 대한 오염수준을 가장 현실적으로 그리고 가장 과학적으로 평가 및 예측할 수 있는 분야로 대두되고 있어 국제적으로 여러 식품위해인자에 대한 관리에 있어 절대적으로 필요한 평가기술로 인정되고 있다. 특히, 국제적인 식품안전분야에서 가장 중요하고, 가장 과학적인 방법으로 식품안전평가 분야에 있어 중요한 평가기술로 인정되고 있으며, 미국 등 일부 선진국을 중심으로 방법론이 개발되고 있다. 또한 Codex 등 국제 식품안전 기구에서도 이에 대한 연구를 적극 지지하고 있다.

하지만 MRA가 1990년대 중반 최신의 식품안전수단으로 소개 되었을지라도 아직까지는 식품안전관에 있어 MRA의 활용은 한정적이고, 국가적으로도 미생물 기준을 Codex 원칙과 지침에 의거 이끌어내지 못하고 있는 것은 사실이다. 그 동안 많은 시행과 착오를 거치면서 기술적인 한계를 벗어나기 위한 많은 새로운 방법이 개발되었고, 도출된 장애요인들이 이러한 과정에서 많이 개선되고 있어, 추후 안전한 식품생산에서 MRA의 활용은 포괄적인 미생물학적 식품안전 기술개발 및 정책에 크게 기여할 것이라는 것은 인정되어야 할 것이다.

우리나라에서 MRA는 아직도 어려운 분야로 인식되고 있고, 실제 적용에 있어 미국이나 EU에 비해 더 많은 장애요인이 있는 것은 사실이다. 우선적으로 생물학에 통계학의 접목 등 나름 혼합학문의 의미에서 전문가의 부족을 들 수 있으며, 둘째는 제조 및 식품공급체인에 대한 여러 환경요인에 대한 기초조사자료 등 위해평가를 위한 기반자료의 확보가 아직은 낮은 수준이라 볼 수 있다[23]. 이 모든 것을 한번에 충족하기에는 많은 어려움이 있지만 더 나은 기반 자료와 우리나의 정보기술능력에 의존한 훌륭한 능력(ICT 등)은 더욱 화려하고 의미 있는 MRA 활용을 가능하게 할 수 있다.

참고 문헌

1. McMeekin, T.A., Baranyi, J., Bowman, J. Dalgaard, P., Kirk, M., Ross, T., Schmid, S., Zwietering, M.H. 2006. Information systems in food safety management. Int. J. Food Microbiol., 112, 181-194.

2. Notermans, S., Barendz, A.W., 2000, The evolution of microbiological risk assessment. In: Brown, M. and Stringer, M. Microbiological risk assessment in food processing, CRC press, New York, pp. 5-43

3. Lammerding, A.M., 1997. An overview of microbial food safety risk assessment. J. Food Prot., 60, 1420-1425.

4. Codex. 1998. Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment. Codex Committee on Food Hygiene. Report of the thirty-first session, Orlando, United States.

5. Arie H. Havelaar, Eric G. Evers, Maarten J. Nauta, 2008, Challenges of quantitative microbial risk assessment at EU level, Trends Food Sci. Tech., 19, S26-S23

6. Buchanan, R., Whiting, R.C., 2008. Using risk assessment principles in an emerging paradigm for controlling the microbial safety of foods, In: Microbial Risk Analysis of food, Eds. Schaffner, D.W., ASM Press, Washington, D.C., pp. 29-50

7. Lopez-Gomez, A., Fernandez, P.S., Palop, A, Periago, P.M., Martinez-Lopez, A, Marin-Iniesta, F., Barbosa-Canovas, 2009, Food safety engineering: an emergent perspective, Food Eng. Rev. 1, 84-104

8. ICMSF, 1998. Potential application of risk assessment techniques to microbiological issues related to international trade in food and food products. J. Food Prot. 61, 1075-1086

9. Mayes T. 1998. Risk analysis in HACCP: Burden or benefit?. Food Control. 9. 171-176.

10. Serra, J.A. Domenech, E. Escriche, I. Martorell, S. 1999. Risk assessment and critical control points from the production perspective. Int. J. Food Microbiol. 46. 9-26.

11. Ryu, K., Park, K. H., Yang, J. Y., & Bahk, G. J. 2013. Simple approach in HACCP for evaluating the risk level of hazards using probability distributions. Food Control, 30(2), 459-462.

12. Lopez-Gomez, A., Fernandez, P.S., Palop, A, Periago, P.M., Martinez-Lopez, A, Marin-Iniesta, F., Barbosa-Canovas, 2009, Food safety engineering: an emergent perspective, Food Eng. Rev. 1, 84-104

13. NcNamara, P.E., Miller, G.Y., Liu, X., Barber, D.A., 2007, A farm-to pork stochastic simulation model of pork-borne Salmonellosis in humans: lessons for risk ranking, Agribusiness, 23, 157-172.

14. US DHHS/USDA. 2001. Draft assessment of relative risk to public health from foodborne Listeria monocytogenes among selected categories of ready-to-eat foods. Washington DC.

15. 박경진, 2009, 국내 주요 가공식품에 대한 위해순위 결정, 한국식품위생안전성학회지, 24(3), 200-203

16. Buchan, R.L., 2009. 6장-정량적 미생물 위해평가의 활용, 이철호 등 식품의 안전성 평가, 한국과학기술한림원출판부

17. Wolkin AF, Patel M, Watson W, Belson M, Rubin C, Schier J., ... & Litovitz T. 2006. Early detection of illness associated with poisonings of public health significance. Ann. Emerg. Med., 47, 170-176.

18. Bahk, G. J., Kim, Y. S., Park, M. S., 2015. Using Internet Search Queries to Enhance Surveillance of Foodborne Illness, Emerg. Infect. Dis., 21(11) (In press).

19. 한국보건산업진흥원, 2001, 식품원인질병의 사회경제적 손실비용 측정모델 개발

20. Park, M. S., Kim, Y. S., Lee, S. H., Kim, S. H., Park, K. H., & Bahk, G. J. 2015. Estimating the Burden of Foodborne Disease, South Korea, 2008 - 2012. Foodborne Pathog. Dis., 12(3), 207-213.

21. 박경진, 2014, 기후변화에 따른 세균성 식중독 영향 평가, 기후변화사업단 연구보고서

22. Wilson, K., Brownstein, J.S. 2009. Early detection of disease outbreaks using the Internet. Can, Med. Assoc. J. 180, 829-831.

23. 박경진, 2009. 5장-정량적 미생물 위해평가, 이철호 등 식품의 안전성 평가, 한국과학기술한림원출판부