식품 중 위험요인 관리와 위해평가에 대하여

Hazzard Management and Risk Assessment of Food

정 명 섭
Myung Sub Chung

한국보건산업진흥원 식약산업단 단장
Korea Health Industry Development Institute

식품 중 위험요인들에 대하여

최근에 들어 식품과 관련하여 굵직한 사건 · 사고들이 유난히 많이 터져 나왔다는 것은 식품을 전공하는 전문가들이 아니더라도 잘 알고 있다. "납 꽃게사건", "쓰레기만두 사건", "기생충 김치", "과자속의 식품첨가물 알러지 사건" 등이 언론에 발표될 때마다 필자는 일부러 그 사건의 식품을 더 많이 사 먹는다고 친구들에게 말하곤 하였다. 이는 아마도 필자가 식품안전을 전공하는 학자로서 이들 식품이 인체에 어느 정도 해를 미치는가를 잘 알고 있고 언론 보도가 얼마나 터무니없는 가를 잘 알고 있기 때문이라고 생각이 된다.

사람에게 해를 미칠 수 있는 위험요인들(Hazards)은 우리 주변에 무수히 많이 있다. 누구나가 어려서부터 부모님에게 등굣길에는 '자동차 조심해라', 여름철에는 '물 조심해라' 소풍갈 때는 '음식 조심해라' 하는 여러 잔소리를 무수히 듣고 자라났을 것이다. 인간들은 인간에 의해 만들어진 수없이 다양한 위험요인들에 의해 크고 작은 상해를 입으며 성장해 나갈 것이다. 물론 때로는 사망까지 이르는 심각한 사고도 많이 일어나고 있다. 요즘 언론에서 발표하는 보도 행태를 보면 부모님들이 우리에게 주의하라고 경각심을 주시던 수준이 아니라 너무나 극단적이고 다양한 각도에서 충분한 검토 없이 한 방향에서 바라본 비과학적인 내용을 일방적으로 방송에 내보내는 경우가 비일비재하다. 언론에 보도된 식품사건 · 사고를 되돌아보면 관련 식품 모두가 위험한 것인 양 보도할 뿐만 아니라 이러한 식품이 상대적으로 다른 위험요인들보다 얼마나 더 위험한지 또는 덜 위험한지를 설명해주는 경우는 찾아볼 수 없다. 따라서 소비자들은 식품을 먹어야 하는지 말아야 하는지 분간할 수 없어 난감한 경우가 많고 단순히 요즘에는 아무것도 안전하게 먹을 것이 없다고 잘못된 판단을 하기도 한다. 아마도 신문이나 TV에서 보도되는 내용만 믿고 산다면 자동차나 비행기와 같은 문명의 혜택도 보지 말고, 군대나 직장과 같은 사회생활도 하지 않고, 음식물도 사먹지 않고 집안에만 가만히 들어 앉아 있어야 천수를 누릴 수 있을 것 같이 생각하기 십상이다.

그러면 왜 이렇게 식품관련 사건 · 사고만 나면 온 나라가 들썩이는 난리가 나는지 생각해보자. 식품은 우리나라 국민 모두가 소비자이기 때문일 것이다. 소비 대상이 불특정 다수인 경우

Corresponding author : Myung Sub Chung
Korea Health Industry Development Institute, 57-1 Noryangjin-dong, Dongjak-gu, Seoul 156-800, Korea
Tel: 82-2-2194-7336 / Fax: 82-2-824-1763
E-mail: chungms@khidi.or.kr

는 식품뿐만 아니라 교통사고, 질병 등 다른 여러 가지가 있지만 식품은 인간이 성장하고 생명을 영위해 나가는데 필수불가결한 가장 기초적인 것이기 때문일 것이다. 그래서 사람(人)에게 좋은(양 · 良) 것이라는 의미의 글자가 식품의 '식(食)' 자로 사용하는 것이 아닐까 생각해 본다. 사람에게 좋아야 할 식품이 잘못 만들어지거나 제대로 보관하지 못하여 사람에게 오히려 위험한 요인이 되고 질병을 발생시키는 경우가 최근 들어 종종 발생하곤 한다. 식품에 대한 민감한 반응은 급속한 산업화, 도시화에 따른 식품의 오염 가능성이 증가되고, 방사선 조사나 유전자재조합식품 등 새로운 가공생산 기술의 사용에 따른 유해물질 생성에 대한 소비자들의 의구심 증가하고 있기 때문이다. 또한 분석 기술의 발달에 따라 불과 10년 전만해도 분석하기 어려웠던 Dioxin, PCBs 등 극미량의 새로운 유해 물질이 발견됨에 따라 식품사건 · 사고는 더욱 범위가 넓어지고 있다. 국민들이 섭취하는 식품의 85%가 외국에서 수입되는 현실에서 식품 관련 사건 · 사고가 터져 언론에 대서특필되면 국민들은 자연스럽게 국가행정당국의 식품 안전성 확보 능력을 불신하게 되고 식품 안전에 대한 막연한 불안감을 갖게 되는 것이다.

우리 주변에 있는 많은 위험요인들(Hazards)이 사람에게 직접 해(害)를 주는 정도나 가능성을 우리는 위해(Risk)라고 한다. 그러면 실제로 식품이 우리에게 얼마나 위해를 줄 수 있는가를 비교한 순위는 표 1에 나타난 것과 같다.

표 1. 원인별 향후 1년 내에 사망할 확률 비교

순위	사망원인	사망확률
1	하루 10개피 이상의 흡연에 의한 사망	1/200
2	중장년층의 자연사	1/850
3	인플루엔자 감염에 의한 사망	1/5,000
4	자동차 운전중 사고에 의한 사망	1/8,000
5	비행기 사고에 의한 사망	1/20,000
6	도보시 자동차에 치여 사망	1/24,000
7	식중독에 의한 사망	1/25,000
8	가정 내에서의 사고에 의한 사망	1/26,000
9	남에게 살해되어 사망	1/100,000
10	전기 감전에 의한 사망	1/200,000
11	기차 승차 중 철도 사고에 의한 사망	1/500,000
12	번개에 의한 사망	1/10,000,000

출처: Forsythe(2002)

식품은 영양분을 가지고 있는 살아있는 상태의 먹거리이기 때문에 원료가 건전(Soundness)하지 못하거나 제조 공정이 불결하면 안전(Safety)하지 못하게 되고 또한 보관이 부적절하면 유해미생물이 자라서 위험하게 될 것이다. 이러한 경우에는 섭취하여 몸에 좋아야 할 식품(Wholesomeness) 이 오히려 사람을 사망케 하는 식중독사고를 발생시킬 수 있다. 이러한 확률을 비교해보면 사람이 번개 맞아 죽을 확률보다는 위험하고 흡연이나 교통사고에 의한 사망 확률보다는 안전하다고 볼 수 있다.

효과적인 식품 중 위험요인 관리법

수많은 우리 주변에 위험요인들(Hazards) 중에 식품과 관련된 위험요인에는 설사, 구토, 복통 등 질병을 일으키는 식중독 세균들과 같은 생물학적 위험요인(Biological Hazard), 식품 내 존재할 수 있는 못, 철사, 유리조각 등과 같은 물리적 위험요인(Physical Hazard), 그리고 주변 환경으로부터 식품으로 오염될 수 있는 잔류농약이나 dioxin, PCB(Polychlorobiphenol)와 같은 화학적 위험요인(Chemical Hazard)이 있다. 선진외국에서는 이러한 위험요인들로 인한 질병을 예방하기 위하여 제조공정상의 기준인 우수제조규범(Good Manufacturing Practice: GMP)을 설정하여 운용하여 왔으나, 1980년대에서부터 이러한 제도의 한계를 보완하기 위해 식품제조공정 단계별로 위험요인을 관리할 수 있는 위험요인중점관리(Hazard Analysis Critical Control Points: HACCP)제도를 위험도가 높은 식품에 적용하기 시작하였다.

HACCP는 자기 공장의 환경에서 발생할 수 있는 위험물질(Hazards)을 정확히 파악 · 분석(Analysis)하고, 자기 제품의 공정 중에서 위험물질을 예방, 제거 또는 허용수준까지 감소시킬 수 있는 공정을 중요관리점(Critical Control Point)으로 지정하여 위험물질을 관리해 나가는 체계이다. 즉, 적을 알고 나를 알면 백전백승이라는 말이 정확히 적용될 수 있는 시스템이다.

이러한 HACCP는 미국항공우주국(NASA)에서 1959년에 시작된 유인우주비행에서 섭취할 무결점식품(Zero-defects)을 생산하고자 미국의 유명식품제조회사인 Pillsbury社와 공동으로 개발한 제도이다. HACCP제도의 개념이 최초로 공개된 것은

표 2. CODEX의 HACCP제도 7원칙

원칙	내용
원칙 1	Conduct a hazard analysis (위해요인 분석 수행)
원칙 2	Determine the Critical Control Points(CCPs) (중요관리점(CCP) 결정)
원칙 3	Establish critical limit(s) (한계기준(CL) 설정)
원칙 4	Establish a system to monitor control of the CCP (CCP 관리상태를 모니터링 하는 방법 설정)
원칙 5	Establish the corrective action to be taken when monitoring indicates that a particular CCP is not under control (모니터링 결과 제대로 관리되지 못하는 CCP에 대한 개선조치방법 설정)
원칙 6	Establish procedures for verification to confirm that the HACCP system is working effectively (HACCP 시스템의 정상적인 운영여부를 확인하는 검증절차 설정)
원칙 7	Establish documentation concerning all procedures and records appropriate to these principles and their application (이러한 원칙과 적용에 따른 전 과정의 기록 및 문서화방법 설정)

출처 : Codex Alimentarius Commission (1993)

1971년의 미국 식품위생안전성학회(Conference on Food Protection)에서였고, 이 최초의 HACCP제도는 식품 원료의 재배/수확에서부터 유통 및 제조에 따른 위험요인의 분석 · 평가(Hazard Analysis), 분석 · 파악된 모든 위험요인을 집중 · 관리하는 중요관리점(Critical Control Point)의 결정, 그리고 중요관리점을 감시하는 시스템의 수립과 같이 3원칙으로 이루어져 있었다. 1989년 미국 식품미생물전문가자문위원회에서 HACCP 3원칙을 보강하여 최초로 HACCP 7원칙(표 2)을 제시하여 지금까지 전 세계에서 이 원칙에 따라 식품제조회사에 HACCP를 적용하고 있다. 1993년 UN의 국제식품규격위원회(Codex Alimentarius Commission: CODEX)에서도 'HACCP 적용지침'(Guideline for Application of the HACCP System)을 만들어 168개국의 회원국가의 식품제조업체에 HACCP 도입을 권장하고 있다. 우리나라의 경우, 1995년 12월 29일에 보건복지부에 의해 식품위생법 제32조의 2에 위해요소중점관리기준에 대한 법적근거를 신설하여 위험가능성이 높은 식품을 제조하는 업체에 단계적으로 HACCP의 도입을 의무화하고 있다. 현재 국내 식품산업체 중에 정부당국으로부터 지정받아 HACCP를 운영하고 있는 식약청 소관 제조업체는 205개 업소이고(2005년 12월 31일 현재), 농림부 소관 축산식품 관련 업소는 336개이다(2006년 2월 21일 현재).

HACCP에 의한 위험요인 관리방법과 기존의 식품위생관리법과의 비교는 표 3에 나타나 있다. 기존의 식품위생관리는 관련법에 근거한 기준 · 규격관리(육안적 검사 및 실험실 검사)로 수행되어 왔다. 이러한 방식은 위생안전성에 대한 집중적인 관리가 어렵다. 왜냐하면 검사관이 현장을 방문하여 공정상의 운영상태를 검사하는데, 이러한 방법은 검사관이 방문하는 날의 방문시간에 운영되는 작업공정에 대해서만 검사가 이루어지므

표 3. 기존의 위생관리방법과 HACCP의 장단점 비교

항목	기존의 위생관리방법	HACCP
조치단계	문제발생 후의 관리	문제발생 전 예방적 관리
신속성	시험분석에 장시간 소요	즉각적인 조치 가능
소요경비	분석에 많은 경비 소요	시스템도입 이후 운영경비 저렴
공정관리	현장 및 실험실 관리	현장관리
평가범위	육안적 평가, 샘플 검사	CCP 관리
위해요소 관리범위	규정에 명시된 위해요소 관리 (타당성 결여)	위해분석 결과에 따라 선정된 위해 요소 관리
제품안전성 관리자	숙련된 자	비 숙련된 자도 가능

출처 : 한국보건산업진흥원. HACCP 팀원 I 과정 교육교재. 2006

로 전 공정에 잠재된 위험요인을 규명하기에는 미흡하다.

최종 제품에 대한 실험실 검사는 시료수와 실험방법에 따라 결과에 차이가 나타날 수 있으며, 특히 실험결과를 얻기까지 시간이 소요되므로 제품 유통과 관련되어 현실적이지 못한 점이 지적된다. 이에 따라 좀 더 체계적이고 예방적인 식품 위생관리 방법인 HACCP제도개발되었고 현재까지는 가장 효과적인 위생관리체계로 인정되고 있다.

HACCP 제도를 식품제조업체에 적용함에 따라 식품제조회사, 소비자, 그리고 국가정부에 여러 가지 혜택을 얻을 수 있는데 먼저 식품제조회사에게는 안전한 식품을 생산하여 회사의 위험이 줄어들고, 회사에 대한 소비자 평가가 향상되며, HACCP를 적용함에 따라 자동적으로 법규를 준수하게 되며, 종업원의 안전의식이 향상되고, 회사의 식품안전 경영을 입증할 수 있게 되고, 소비자 불만이 절감되며, 해외 수출 등 시장 접근 가능성이 증대된다. 소비자에게는 식중독 위험이 감소되어 삶의 질이 향상되고 건전한 식생활 보장 및 국민보건 향상에 이바지할 수 있다. 정부에게는 HACCP를 지정받은 식품제조업체에 식품감시활동을 면제해 주기 때문에 보다 효율적인 식품감시 활동을 펼칠 수 있고, 공중 보건 향상에 따른 병원비 절감 효과와 원활한 식품 국제 교역을 가능하게 하여 식품산업체의 국가 경쟁력을 향상시킬 수 있다.

식품위생관리 Paradigm의 세계적인 변화

식품안전관련 이슈는 세계무역기구(World Trade Organization: WTO)의 출범과 함께 전 세계적으로 관심을 끌기 시작하였고, 제3세계의 문화에 대한 관심이 높아짐에 따라 해외 관광객 수가 증가되면서 외국인들의 식중독 사고가 크게 늘어나 식품안전 문제는 지구촌 전체의 관심거리가 되고 있다. 아프리카 난민에게 무상으로 제공되는 곡물 중에 잔류하는 농약 때문에 원조를 받는 아프리카 국가에서 강력하게 반발할 정도로 이제 식품의 안전성은 빈부나 국가 발전 정도에 관계없이 전 세계인의 문제가 되었다. 좀 더 안전한 식품을 원하는 것은 인간 본연의 권리이며 욕구이고, 이와 같은 욕구는 전 세계적으로 동일한 것 같다. 이러한 식품위생에 관심 커지면서 국내뿐만 아니라 국제적으로도 식품의 안전성을 향상시키고자 하는 노력들이 여러 국제기구나 단체에서 구체화되고 있다. 이에 따라 2000년도에 세계보건기구(World Health Organization: WHO)의 사무총장인 Brundtland 박사는 소비자 보호를 위한 선포식을 가진바 있으며 가장 우수한 식품위생관리 방법인 HACCP시스템을 각 회원국에서 적용하기를 권장하였다. WHO/FAO의 CODEX에서도 HACCP 지침을 개발하여 각 회원국에게 적용을 권고하고 있으나 이는 강제성이 없는 단순히 권장하는 차원이기 때문에 전 세계적으로 HACCP를 모두 도입하고 있지는 않은 실정이다. 이러다 보니 전 세계적인 식품의 통상을 관할하는 WTO에서는 각 국가에서 시행하는 식품안전 보장을 위한 행정조치 수준이 일관되지 못하고 상이하다고 판단하여 "위생 및 식물검역조치 적용에 관한 협정문" (Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures: SPS)을 공포하게 되었다. 이 협정문에서는 '각국은 수입식품에 적용할 기준과 규범을 국제적으로 인정된 규격기준에 일치시켜 조화와 동등성 원칙을 지켜야 하며, 비과학적인 차별정책은 철폐되어야 한다' 고 정하고 있다. 여기서 국제적인 규격기준에 조화시켜야 한다는 것은 식품의 경우 CODEX 즉, 국제식품규격위원회 (Codex Alimentarius Commission)를 의미하기 때문에 CODEX 기준 및 규격 자체는 강제성이 없지만 WTO에 의하여 강제화 되어가는 추세이다.

SPS협정문의 주요 내용을 소개하면 사람이 섭취하는 식품이나 음료에서 식품첨가물, 오염물질, 독소, 병원성미생물로부터 야기되는 위해로부터 회원국의 국민을 보호하기 위하여 적절한 조치를 취하여야 한다고 정하고 있다. 이러한 조치는 과학적 정당성에 따라야하고(3조 3항) CODEX 기준과 같은 국제적 기준 및 규격에 조화되어야 하며(3조) 내국산 제품이나 수입산 제품을 동등하게 대우하여야 한다(4조). 이러한 각 회원국 행정기관에서 시행하는 조치는 일관된 원칙을 가지고 적용하여야 하며(제5조) 회원국의 법규를 제·개정할 때마다 회원국에게 통보하여 투명성(제7조)을 유지하여야 한다고 명시하고 있다. 각 회원국의 행정당국에서는 위험요인으로부터 국민을 보호하기 위하여 통상마찰을 유발하더라도 위해평가(Risk

Assessment)를 통한 위생조치를 할 권리를 가지고 있다고 정하고 있다. 여기서 제시한 위해평가는 관련된 국제기구에 의해 제시된 즉, CODEX에서 제시한 위해평가절차에 의해 수행되어야 한다.

결론적으로 우리나라에서도 수입식품에 대한 검사를 수행할 경우에 과학적 근거에 의한 설정된 기준·규격에 따라 수입식품의 적합·부적합을 판정하여야 하며 이를 위해서는 정량적 위해평가가 필수적으로 수행되어야 한다. 수입식품 중 식품첨가물, 오염물질, 독소, 병원성미생물 검사결과 부적합될 경우 수출국에서 이의를 제기하여 통상마찰이 발생되면 우리나라 식품의약품안전청에서는 식품공전이나 식품첨가물공전의 기준 및 규격의 과학적 정당성을 우리가 입증하여야 하고 그렇지 못할 경우에는 WTO에 제소되어 패소하게 될 것이다. 이제는 식품을 오염시키는 위험요인들(Hazards)을 관리하는 HACCP 뿐만 아니라 위험요인이 인체에 어느 정도 해를 끼칠 수 있는가를 과학적으로 판단하는 위해평가(Risk Assessment)를 통하여 위생관리가 되어야 때문에 위해평가의 중요성이 부각되고 있는 것이다.

정량적 미생물 위해평가

위해평가(Risk Assessment)란 위험물질(Hazard)이나 상황에 노출되어 받는 위험이나 손상의 정도 또는 가능성을 평가하는 기술이다. 이러한 위해평가는 화학물질에 대한 평가 연구는 활발히 이루어져 왔으나 상대적으로 미생물에 대한 위해평가는 비교적 취약한 편이다. 여기에서는 정량적 위해평가 중 화학적 위해평가보다는 미생물학적 위해요소에 대한 정량적 미생물위해평가(Quantitative Microbiological Risk Assessment: QMRA)에 대하여 주로 논하고자 한다. QMRA는 어떤 특정 병원성미생물에 의해 오염된 식품을 섭취하는 경우, 그 병원성 세균에 의한 감염이 일어날 가능성, 즉 위해성(Risk)을 과학적으로 그리고 정량적으로 평가하는 과정으로, 여기에 Bioinformatics 방법을 적용시킬 경우 특정식품의 섭취에 따른 BioSafety를 예측 또는 평가할 수 있는 모델개발이 가능하다.

QMRA에는 불확실성(Uncertainty)과 변이성(Variability)이 존재하기 때문에 항상 이를 고려하여야 한다. 또한 미생물 위해평가는 전통적인 화학적 위해평가와 비교할 때 식품에서의 미생물 증식과 사멸 가능성으로 훨씬 더 동적이므로 미생물의 정량적 위해평가를 위해서는 예측미생물학(Predictive Microbiology)의 개념이 필요하다. 즉, 식품의 제조 및 가공, 유통, 조리, 섭취에서 영향을 미치는 각 단계와 요인들이 고유의 다양성을 갖기 때문에 정량적 위해평가의 정확성을 향상시키기 위하여 Monte Carlo simulation과 같은 simulation modeling 방법의 사용도 요구된다. 따라서 전 세계적으로 예측미생물학 및 simulation modeling의 방법을 활용하여 미생물의 위해를 정량적으로 평가하기 위한 방법론 개발 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 우리나라에서는 아직 이 분야에 대한 연구가 미흡하여 기술수준이 비교적 열악한 상태이다. 우리나라는 시작단계로 자료의 수집, 평가 모델 개발 등이 겨우 이루어지고 있으며 아직까지 용어에 대한 통일도 이루어지지 못한 실정이다. 또한 미생물 위해평가를 위한 독성자료 및 역학 자료도 부족하여 연구진척에 어려움이 있는 실정이다.

예측미생물학 모델개발은 1980년대 이후 이론적으로 성장하기 시작하면서, 1990년대 들어 응용 면에서 급성장 하였고 또한 최근에는 식품 내 병원성미생물의 성장 및 사멸을 예측하는 수학적 모델이 개발 되었다. 이러한 기술개발에는 원재료 내의 병원성세균의 수준과 발생빈도, 여러 환경 내에서 병원성세균의 성장과 특성, 환경 내 오염특성과 식문화로 인한 인체의 위해성 분석 등의 조사가 필요한데 아직까지는 세계 각국 공통적으로 예측미생물학이나 MRA를 위한 기초 자료가 매우 부족하여 특정 식품에서 특정 위해미생물을 대상으로 하는 연구가 아직은 미진한 상태에 있다. 지금까지 특정 환경조건하에서 시간에 따른 미생물의 생육변화를 조사하는 1차 모델로는 Gomperz모델, Logistic모델, Baranyi모델 등이 개발되어 있으며, 1차 모델의 parameter인 온도, pH 및 항균제 같은 환경적요인의 영향을 조사하는 2차 모델은 Arrhenius, square root 및 polynomial 모델 등이 널리 사용되고 있다. 상업적으로 널리 이용되고 있는 예측미생물모델로는 Pathogen modeling Program과 Food Micromodel 등이 있으나 대부분이 broth 중심의 모델이어서

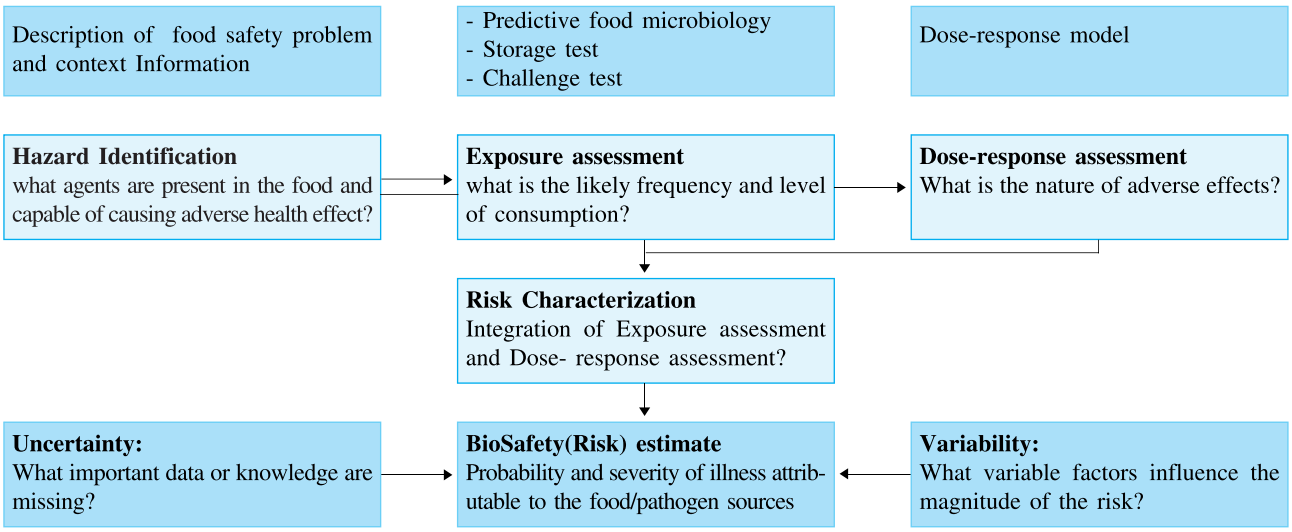

그림 1. OMRA 공정도

실질적으로 식품에 응용 시 생육 및 생존에 큰 차이가 있기 때문에 현재 국제적으로 이러한 문제점을 극복하기 위하여 각국의 자료를 서로 공유하여 종합적인 모델구축을 위한 노력을 하고 있다.

CODEX에서는 QMRA모델로 그림 1과 같이 위험물질 확인(Hazard Identification), 노출평가(Exposure Assessment), 용량 – 반응평가(Dose – response Assessment), 위해도 확정(Risk Characterization)의 4개 구성요소를 제시하였다.

미국에서는 1997년에 공고된 대통령의 Food Safety Initiative에서 식품안전 목표를 달성하는데 있어 QMRA의 중요성을 다시 한번 강조하였다. 또한 식품안전 관리책임이 있는 모든 연방기관들에게 Inter – agency Risk Assessment Consortium을 설립하게 하였다. 이 컨소시엄은 Predictive Model과 기타 QMRA도구들을 개발하기 위한 연구를 장려함으로써 QMRA 분야를 발전시키는데 크게 공헌하였다. 미국 등과 같이 QMRA에 대한 선진적인 연구가 진행 중인 국가에서는 식품안전에 있어 HACCP 도입과는 별도로 과학적인 위해성 평가에 근거한 안전성 관리를 강화하기 위해서 식품 제조 공정 내 안전기준설정을 위한 Predictive Model 기술개발과 특정식품의 종합적인 위해를 평가하기 위한 QMRA 연구를 진행하고 있다. 그러나 세계 각국 공통적으로 QMRA를 위한 기초 자료가 매우 부족하여 특정 식품에서 특정 병원성미생물을 대상으로 하는 연구조차 아직은 미진한 상태에 있다. 그 동안 국외에서 보고된 QMRA에 관한 연구결과는 대부분 Risk 예측치를 직접 산출하기보다는 방법론적인 접근에 제한되고 있다. 그 이유는 관련분야의 기초 자료가 매우 부족하여 위해와 관련된 많은 입력변수들이 확인되지 않아 변이성(variability)과 불확실성(uncertainty)을 보완하지 못하기 때문이다.

EU는 Scientific Steering Committees라는 기구를 중심으로 QMRA를 발전시키고 있으며, 캐나다는 식품검사청(CFIA) 내의 독립위원회로 Decision-Making Framework (DMF), Risk Analysis Framework (RAF)를 설치 QMRA를 연구 운영하고 있다. 기타 호주, 일본은 Codex 및 외국의 QMRA 방법 및 결과를 그대로 혹은 보완하여 활용하고 있다.

현재 QMRA는 국제적으로 그 개념 및 구조가 정형화되어가고 있는 추세이고 대부분의 외국에서는 국가적인 차원에서 연구가 진행 중에 있고, 자국의 실정에 맞게 원칙과 수행방법을 구체화시키고 있으며, QMRA를 제도권 하에 두어 좀더 과학적인 식품관련 미생물학적 위해요소를 체계적으로 관리하기 위하여 보급 · 확산하려는 연구를 진행하고 있다. 지금까지 연구된 선진외국 및 CODEX에서의 QMRA관련 연구내용은 표 4와 같다. 그러나 CODEX가 발표한 모든 요구사항을 완전히 포함

표 4. 미생물학적 위해도 평가

Target Pathogen	Target Foods	References
S. aureus	Unripened cheese made from raw milk	Lindqvist *et al.*, 2002
	Kimbabs	Bahk *et. al.*, 2006(예정)
Campylobacter	Chicken	US FDA/CVM, 2001
Vibrio parahaemolyticus	Oysters	US FDA, 2001
Bacillus cereus	Cooked chilled vegetable	Nauta *et al.*, 2003
	Chinese-style rice	McElroy *et al.*, 1999
Salmonella spp.	Cracked eggs	Todd, 1996
	Whole chicken	Oscar, 1998
	Chicken	Brown et al., 1998
	Broilers and eggs	FAO/WHO, 2002
	Turkey cordon bleu	Bemrah *et al.*, 2003
	Whole chicken	Oscar, 2004
Salmonella enteritidis	Pasteurized liquid eggs	Whiting *et al.*, 1997
	Shell eggs/egg products	Whiting *et al.*, 2000
		(USDA, 1998)
Listeria monocytogenes	Soft cheese made from raw milk	Bemrah *et al.*, 1998
	Soft cheese made from raw milk	Sanaa *et al.*, 2004
	Smoked salmon and trout	Lindqvist *et al.*, 2000
	Ready-to-eat foods	FAO/WHO, 2004
	Ready-to-eat foods	US DHHS/USDA, 2001
E. coli O157:H7	Ground beef hamburgers	Casin *et al.*, 1998
	Raw fermented sausages	Hoornstra *et al.*, 2001
	Ground beef	USDA, 2001
	Apple cider (pasteurized)	Duffy *et al.*, 2002

하는 연구는 아직 없으며, 즉 아직까지는 걸음마 단계에 해당되며, 이용 가능한 정보를 통합하고 처리하기 위한 적절한 Bioinformatics 모델의 선정과 이를 수행할 수 있는 수학적인 모델링의 개발이 진행될 것으로 보인다.

우리나라의 경우 환경중의 화학물질 및 독성학 분야에서의 위해평가는 많은 연구가 진행되어 왔으나, 미생물을 위해요소로 하는 QMRA의 국내 연구는 관심 있는 일부 연구자를 중심으로 진행 중이지만 매우 미미한 실정이다. QMRA의 기본개념 정립 및 기본원칙 그리고 용어사용도 아직 통일되지 않은 상태에 있다. 정부나 산업체 모두 아직은 식품의 안전성확보 차원에서 HACCP의 현장 적용에만 더 관심이 많기 때문에 HACCP를 더욱 확대 발전시키는 QMRA 관련기술 연구나 예측모델을 이용한 예측기술 개발 등에 관한 연구는 시작조차 못하고 있는 실정이다. 따라서 국내의 경우도 우리 현실에 맞는 모델이 개발되어야하며, 이는 추후 QMRA관련 국제적인 Protocol의 개발에 있어 우리나라의 입장을 크게 반영할 것으로 보여 QMRA 수행을 위한 모델 개발은 식품안전평가에 있어 다른 어떤 분야보다도 우선적으로 개발되어야 할 것이며, 이를 위하여 식품위해요소 중 병원성 미생물에 대한 과학적인 평가방법인 QMRA에 대해 국제적 동향을 분석하고 이를 이용하여 국내 생산 식품에서의 Bio-Safety를 예측 · 평가할 수 있는 모델 관련기술을 최대한으로 축적하여야 한다.

참고 문헌

1. 보건복지부: 식품위생법 (2005)

2. 한국보건산업진흥원: HACCP의 개요, HACCP 팀원 Ⅰ과정, pp. 9 (2006)
3. Bemrah, H., Bergis, H., Colmin, C., Beaufort, A., Millemann, Y., Dufour, B., Benet, J.J., Cerf, O., and Sanaa, M..: Quantitative risk assessment of human salmonellosis from the consumption of turkey product in collective catering establishments. Int. J. Food Microbiol. **80:** 17-30. (2003)
4. Bemrah, N., Sanaa, M., Cassin, M.H., Griffiths, M.W., and Cerf, O.: Quantitative risk assessment of human listeriosis from consumption of soft cheese made from raw milk. Prev. Vet. Med,. **37:** 129-145. (1998)
5. Brown, M.H., Davis, K.W., Billoon, C.M.P., Adlair, C., and McClure, P.J.: Quantitative microbiological risk assessments: principles applied to determining the comparative risk salmonellosis from chicken products. J. Food Prot. **61:** 1446-1453. (1998)
6. Casin, M.H, Lammerding, A.M., Todd, E.C.D., Ross, W., and McColl, R.S.: Quantitative risk assessment for Escherichia coli O157:H7 in ground beef hamburgers. Int. J. Food Microbiol., **41:** 21-44. (1998)
7. Codex Alimentarius Commission : Codex Guidelines for the Application of the Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) System. Joint FAO/WHO Codex Committee on Food Hygiene. WHO/FNU/FOS/93.3 Annex Ⅱ. Codex Alimentarius Commission, FAO, Rome. (1993)
8. Duffy, S. and Schaffiner, D.W.: Monte Carlo simulation of the risk of contamination of apples with Escherichia coli O157:H7. Int. J. Food Microbiol., **78:** 245-255. (2002)
9. FAO/WHO: Risk assessments of Salmonella in eggs and broiler chickens. Microbiological risk Assessment Series 2. Geneva, Switzerland.(2002)
10. FAO/WHO: Risk assessment of Listeria monocytogenes in ready to foods. Microbiological Risk Assessment Series 4. Geneva, Switzerland. (2004)
11. Forsythe, S.J.: Risk of Food Poisoning. In The Microbiological Risk Assessment of Food, Blackwell Publishing Company, Oxford, pp. 17 (2002)
12. Hoornstra E. and Notermans, S.: Quantitative microbiological risk assessment. Int. J. Food Microbiol. **66:** 21-29. (2001)
13. Lindqvist, R., Sylven, S. and Vagaholm, I.: Quantitative microbial risk assessment exemplified by Staphylococcus aureus in unripened cheese made from raw milk. Int. J. Food Microbial., **78:** 155-170. (2002)
14. Lindqvist, R. and Westoo, A.: Quantitative risk assessment for Listeria monocytogenes in smoked or graved salmon and rainbow trout in Sweden. Int. J. Food Microbiol. **58:** 181-196. (2000)
15. McElroy, D.M., Jaykus, L.A. and Foegeding, P.M.: A quantitative risk assessment for Bacillus cereus emetic disease associated with the consumption of Chinese-style rice. J. Food Safety., **19:** 209-229. (1999)
16. Nauta, M.J. Litman, S. Baker G.C. and Carlin F.: A retail and consumption phase model for exposure assessment of Bacillus cereus. Int. J. Food Microbiol., **83:** 205-218. (2003)
17. Oscar, T.P.: The development of risk assessment model for use in the poultry industry. J. Food Safety, **18:** 317-381. (1998)
18. Sanaa, M., Coroller, L. and Cerf, O.: Risk assessment of Listeriosis linked to the consumption of two soft cheeses made from raw milk: camembert of Normandy and brie of meaux. Risk analysis. **24:** 389-399. (2004)
19. Todd, E.C.D.: Risk assessment of use of cracked eggs in Canada. Int. J. Food Microbiol., **30:** 125-143. (1996)
20. US DHHS/USDA: Draft assessment of relative risk to public health from foodborne Listeria monocytogenes among selected categories of ready-to-eat foods. Washington D.C. (2001)
21. US FDA: Draft risk assessment on the public health impact of Vibrio parahaemolyticus in raw molluscan shellfish. Washington D.C. (2001)
22. US FDA/CVM.: Draft risk assessment on the human healthy impact of fluoroquinolone resistant Campylobacter associated with the consumption of chicken. Washington D.C. (2001)
23. USDA: Draft risk assessment of public health impact of Escherichia coli O157:H7 in ground beef. Washington D.C. (2001)
24. Whiting, R.C. and Buchanan, R.L.: Development of quantitative risk assessment models for Salmonella enteritidis in Pasteurized liquid eggs. Int. J. Food Microbiol., **36:** 111-125. (1997)
25. Whiting, R.C., Hogue, A., Schlosser, W.D., Ebel, E.D., Morales, R.A., Baker, A., and Mcdowell, R.M..:A quantitative process model for Salmonella enteritidis in shell eggs. J. Food Sci., **65:** 864-869. (2000)