식품원료 유래 위해요소 분석 및 식품안전성 확보 대책

Analysis of Hazards in Food Products and Tools for Ensuring Food Safety

하상도*

Sang-Do Ha*

중앙대학교 식품공학부

School of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Ansung, South Korea

1. 서론

식품 원료인 농 · 축 · 수산물의 증산을 위한 농약, 항생물질 등 인체 위해가능 물질의 의도적 사용이 지속적으로 늘어나고 있다. 또한 산업 발달에 따른 중금속, 다이옥신, Polychlorinated biphenyl (PCBs) 등 산업 오염물질로 인한 토양 및 수질오염으로 농 · 축 · 수산물의 오염 기회 또한 증대되고 있다. 게다가 유전자재조합식품(GMO) 등 신소재식품, 식경험이 적은 기능성분 및 대량생산 · 유통을 위한 식품첨가물의 사용이 늘어나고 95% 이상의 영세한 제조업소의 교육 부족으로 영업자의 식품위생 · 안전의식이 미흡한 실정이다.

현대 우리 사회는 집단식중독, 부정 · 불량식품, 다이옥신, 잔류농약 등 인체 위해물질의 지속적인 검출보도로 식품안전에 대한 소비자의 불안심리가 팽배해 있는 상태다. 경제 및 생활수준 향상으로 소비자의 식품안전 욕구가 지속적으로 증대되고 있으며, 신소재 식품의 생산, 신종 유해물질의 검출, 수입식품 증가에 따라 식품안전관리 대상이 지속적으로 확대되는 추세에 있다. 이에 식품안전성 확보를 위한 안전관리기술의 개발은 어느 누구에게도 필수적인 과제다.

현재 '식품안전성관리'분야 세계 최고기술 보유국은 미국이며, 최고 대비 우리나라 기술수준은 약 72.4%, 기술격차는 약 4.6년인 것으로 조사됐다(식약처, 2016년). 이 분야의 최근 논문 2,222건에 대한 분석 결과, 미국이 24.5%(545건)로서 가장 활발한 연구활동을 하고 있으며, 한국은 3.8%(85건)에 그쳐 체계적 R&D와 기술개발이 긴요한 실정이다.

소비자는 절대적 안전식품을 요구하고, 식품안전에 대한 국가의 책임은 지속적으로 커지며, SNS, 포탈 등 정보전달매체의 발달에 따라 식품안전 문제의 이슈화는 더욱 영향력이 커지게 될 것이다. 식품의 안전성 확보는 인류의 공통과제다. WTO(세계무역기구) 체제와 국가 보호주의의 영향으로 식품안전성 확보를 위한 시스템의 표준

* Corresponding author: Sang-Do Ha
School of Food Science and Technology, Chung-Ang University,
Ansung 456-756, South Korea,
Tel: 82-31-670-4831 Fax: 82-31-675-4853 E-mail: sangdoha@cau.ac.kr

화는 식품무역의 무기로 작용할 수 있게 되어 선진국에서는 이에 대해 막대한 투자를 아끼지 않고 있다. 또한 최근 식품안전 사건사고 발생이 급증하고 있으며, 사고 발생 시 식품기업 특히 중소기업은 거의 도산할 정도로 파급효과가 매우 크다. 이에 산업현장에서의 안전성 확보기술을 개발, 보급하여 기업의 재산을 보호하고 저장성을 높여 이익을 극대화하는 기술의 확보가 매우 중요하다.

식품안전은 생산자(기업)와 소비자의 신뢰이며 약속이며, 정부는 이를 중재하는 역할을 하기 위해 행정적인 관리와 집행업무를 수행하고 있다. 시장에서 생산자(기업)와 소비자간 질서가 잘 지켜지고 식품안전성이 확보된다면 식품위생정책과 제도는 불필요한데, 현재 상황은 정부의 강력한 안전관리 정책이 필요한 시기라 하겠다.

2. 농산물

농진청은 우리 소비자들이 생각하는 농산물 안전성을 위협하는 6대 요소로 식중독균, 곰팡이독, 농약, 중금속, 방사능, 이물을 꼽았다. 그러나 소비자 대상 설문조사 결과, 90%의 응답자가 식품 중 잔류농약과 중금속이 가장 위험하다고 생각했고, 식중독 등 미생물 관련 위해는 거의 인지하고 있지 못한 것으로 조사됐다.

미국에서 실시한 '식품으로 인한 질병조사'에 따르면 일반적 식품오염 유형의 90%가 세균이고, 나머지 6%가 바이러스, 3%가 화학물질이라고 한다. 즉 식품오염원 중 생물학적 위해가 미국 사람들에게는 가장 무서운 위협이다. 또한 2010년 미국 공익과학센터가 선정한 '1990년 이후 가장 많은 질병을 불러온 식품' 10가지 중 1위 또한 '상추와 양상추 등 샐러드용 녹색채소(노로바이러스)'였다. 2위는 계란, 5위는 감자, 6위는 치즈였는데, 살모넬라균의 오염 우려 때문이라 한다.

1900년대 후반까지만 해도 우리나라 식품안전 문제는 대부분 '화학적 위해'에 의한 것이었다. 1970~80년대는 주로 토양에서 생산되는 농산물의 경우 농약, 중금속 등 화학물질의 안전성이 주된 문제였다. 그러나 1990년 이후부터는 토양과 물의 오염으로 인하여 곰팡이, 병원성세균 등 '미생물학적 위해'가 주요 이슈화되기 시작했다. 그러나 2000년대 중반부터는 화학적 또는 미생물학적 문제가 어느 정도 해결되면서부터 벌레, 설치류, 플라스틱, 금속조각 등과 같은 이물, 즉 '물리적 위해'가 부각되기 시작했다.

2008년 3월 미국 컬럼비아푸드에서 수입된 냉동식품 유기농 야채믹스 베지터블에서 생쥐 한 마리가 통째로 발견된 사건이 있었다. 대형할인점에서 판매된 제품으로 식약처에 자진 신고해, 긴급 회수되어 전량 폐기된 사건이다. 이렇듯 농산물에도 이물이 얼마든지 발생할 수 있다. 이런 경우, 제품이 회수, 폐기되어 막대한 금전적 손실은 물론 회사의 신인도에 타격을 입혀 자금력이 취약한 중소기업의 경우 도산하는 경우가 허다한 것이 현실이다.

식량이 부족한 시절에는 안전보다는 생산량 증대가 주목적이므로 비료와 농약을 무분별하게 사용했었다. 그러나 어느 정도 식량부족이 해결됨에 따라 소비자는 안전성에 관심을 갖게 되었다. 그러나 그 간의 무분별한 농약, 동물의 분변과 인분 사용으로 토양이 화학물질과 병원성 미생물에 이미 오염되고 난 후라 안전성 확보가 쉽지 않게 되었다. 또한 산업 발달로 인한 환경오염, 다양한 기계와 기구 사용으로 인한 식품 중 이물질 혼입문제가 자주 발생해 인체에 심각한 위험요소가 되고 있다.

농산물(식품) 중 인체에 '위해성(risk)'을 야기시킬 수 있는 '위해요소(hazard)'는 크게 생물학적, 화학적, 물리적 위해요소로 구분된다. '생물학적 위해요소'는 곰팡이, 세균, 바이러스 등의 미생물과 기생충, 원충 등의 생물체를 포함한다. 이는 원료의 생산 및 유통과정에서 주로 유입될 수 있으며, 작업장 환경, 종업원, 식품성분, 제조 · 가공과정 그 자체에서 오염될 수도 있다. 농산물에서 가장 많이 발생하는 생물학적 위해요소는 미생물인데, 주로 분변 및 병원성세균 오염의 지표균인 대장균(*E. coli*), 병원성세균인 살모넬라균, 황색포도상구균, 세레우스균, 병원성대장균, 그리고 노로바이러스, 로타바이러스, 간염바이러스 등과 같은 바이러스가 있다.

'화학적 위해요소'는 식품 중 자연적으로 존재하는 버섯독, 복어독, 곰팡이독 등 천연독과 식품의 제조 · 가공 · 포장 · 유통 · 조리과정에서 오염되는 동물용의약품, 살충제, 허용외 식품첨가물뿐만 아니라 윤활제, 세척제, 페인트 및 코팅제제와 같은 식품 생산시설, 장비, 기구 등에 사용되는 화학물질들이 있다. 현재 식품원료에서 주로 문제가 되는 것은 항생물질인 동물용의약품과 농약, 카드뮴(Cd), 납(Pb), 비소(As), 수은(Hg) 등 중금속의 잔류다. 그러나 농약은 소비자의 우려와 달리 농산물에 잔류하는 량이 미미해 크게 문제시 되지 않으며, 눈이 어두운 노인세대의 잘못된 사용 즉, 오남용이 오히려 문제라 한다. 또한 최근 일본 후쿠시마 원전사고로 인한 방사능 오염 농산물에 대한 공포와 우려 또한 문제시되고 있다.

'물리적 위해요소'는 정상적으로 원료에서 발견될 수 없는 것으로서, 식품을 소비하는 사람에게 건강상의 장애(질병 또는 상처)를 유발할 수 있는 것을 말한다. 이는 유리, 금속 및 플라스틱과 같은 이물질을 포함하는데, 오염된 원료, 잘못 설계되었거나 관리된 시설 및 장비, 종업원의 부주의 등과 관련 깊다. 원료 유래 이물은 경작 또는 사육 과정, 운송과정, 가공 등 다양한 결로로 혼입되므로 사전 예방이 매우 어려우며, 돌, 비닐조각, 털, 종이, 금속류, 동물의 배설물 등이 주종을 이룬다.

특히, 물리적 위해요소는 모든 제조, 유통 및 소비과정에서 흔히 발생할 수 있어 미국 등 식품안전 선진국에서조차도 흔히 발생한다. 우리나라에서는 벌레, 곰팡이, 금속, 프라스틱, 비닐, 유리 등의 순으로 많이 발생하며, 기타 머리카락, 탄화물, 종이류 등이 있다. 특히, 벌레와 곰팡이는 농산물 원료 중 가장 오염되기 쉬운 이물이다.

이들 농산물에서 발생하는 오염원의 제어를 위해 선진국에서는 "농장에서 식탁까지, 농장에서 포크까지" 토탈 식품안전관리 정책을 광범위하게 추진하고 있다. 즉 오염원은 대부분 농장에서 시작되므로 1차 산업(수확, 도축, 생유가공)으로부터 시작해 가공, 제조, 포장, 저장, 수송, 유통, 판매까지 푸드체인 전체를 파악해 위생 관리한다.

생산단계의 안전성 확보 관리시스템으로는 '농산물우수관리제도'(GAP, Good Agricultural Practices, 우수농산물인증)가 주로 활용된다. GAP란 농업의 1차 생산단계에서 위생이나 안전을 고려한 농업생산지침을 말한다. 소비자에게 위생처리된 안전한 농산물을 공급할 수 있도록 생산자 및 관리자가 지켜야할 위해요소 차단 규범이라 할 수 있다.

미국의 경우, 신선 과채류 등 농산물로부터 식품 유래 질환의 발생을 방지하기 위해 1997년 1월 '안전한 식품 공급을 위한 개선대책'을 발표하고 농산물에 대한 GAP와 '우수제조기준'(GMP, Good Manufacturing Practice)을 도입, 시행하고 있다. 우리나라에서도 2004년도에 GAP 제도를 시범실시한 후 2006년부터 본격적으로 시행하고 있다. GAP를 통한 농산물 안전관리는 잔류농약, 항생제의 감축 뿐 아니라 병원성 미생물 저감화도 중요한 목표가 되고 있다.

식품의 제조단계에서는 '식품안전인증제'(HACCP, Hazard Analysis and Critical Control Points)가 널리 활용되고 있는데, 이는 생산단계를 포함하여 소비까지 식품안전을 확보하고자 하는 제도다. 식품의 원료(원료관리), 제조(처리) 가공 및 유통의 전 과정에서 위해물질이 해당식품에 혼입되거나 오염으로부터 생길 수 있는 위해가능성을 사전에 방지하기 위한 관리시스템을 말한다.

또한 ISO(International Standard Organization) 9000s이라는 제품의 품질관리를 위한 공정제어시스템이 있다. 우리나라에서는 주로 건강기능식품에 적용되지만 GMP 제도도 있는데, 1962년 미국 연방「식품의약품화장품법」(FD&C Act)에서 최초로 사용했으며, 건강기능식품 제조업소가 우수한 품질이 보장된 제품을 제조하기 위해 준수해야 할 사항을 제정한 구조, 설비와 제조관리, 품질관리 등에 관한 기준이다.

소비/유통단계에서는 각종 '표시제도'(food label), '식품회수'(recall)제도, '이력추적관리시스템'(traceability) 등이 시행되고 있으며, 또한 제조 또는 수입업체가 자사제품에 대하여 무한 책임을 지는 '제조물책임법'(PL, product liability)도 있다.

농산물을 포함한 식품의 오염원은 대부분 원료에서 시작된다. 즉, 토양과 전처리 작업시설, 작업자 등으로부터 유래된다. 이러한 식품 중 위해요소에 대한 건강이나 경제적 피해를 예방하기 위해 정부는 위에서 언급한 안전관리 제도를 더욱 강력히 추진해야 한다. 특히, 화학적 위해에 집중된 안전관리제도를 생물학적 위해와 물리적 위해로 전환하여 중점 관리해야 한다. 생산자도 식품안전 지식수준 향상을 위한 노력이 필요하며, 시설의 현대화, 위생관리규범의 생활화 등 위해요소의 오염 예방을 생활화해야 한다.

소비자는 농산물을 포함한 식품의 오염원과 위해요소에 대한 올바른 인식을 갖고 제품 구매 시 올바른 구매 및 보관요령을 숙지해야 한다. 화학적 위해요소는 그 양과 독성이 시간에 따른 변화가 거의 없으나 미생물 등 생물학적 위해는 눈에 보이지도 않으며, 시간 경과에 따라 그 위험성이 점점 커진다. 소비자는 식품의 유통기한을 잘 파악하여 신선한 제품을 구매하고 냉장, 냉동 등 미생물 증식을 억제할 수 있는 온도관리를 철저히 하는 습관이 필요하다.

3. 축산물

축산물은 농산물에 비해 미생물 오염에 취약해 부패 및 변질이 용이하고 사료 중 혼입되는 내분비장애물질, 농약, 항생제의 잔류문제로 안전성에 가장 취약한 식품군이라 볼 수 있다. 그 간 영국산 쇠고기 광우병, 미국산 쇠고기와 스페인산 오이로 추정된 병원성대장균사건, 벨기에산 수입 돼지고기 다이옥신, 조류인플루엔자(AI), 구제역, 중국산 분유의 멜라민, 수입 분유 쇳가루 이물, 불량 만두사건, 계란의 살모넬라, 말고기스캔들 등 원료 속임수, 원산지와 등급 허위표시 등 크고 작은 축산물 관련 사건이 끊임없이 발생하고 있다.

이러한 사건이 지속적으로 발생하고 있는 이유를 살펴보면 첫째는 생산자(기업)의 윤리의식 부족과 영세성을 핑계로 한 안전에 대한 투자 부족이 원인일 것이다. 둘째는 최근 목소리를 높이고 있긴 하지만 PL법(제조물책임법)의 활용, 불매운동이나 캠페인 등 소비자 활동을 살펴보면 아직도 단결력이 약한 소비자의 소극적인 자세다. 셋째는 정부인데, 식품안전 예방시스템 구축 부족 및 솜방망이 처벌 등 행정력의 일관성과 활용 부족을 들 수 있다.

최근 정부는 식품위생 관련 법과 정책의 정비, 기준규격 보완 및 인증제도 시행 등 선진화된 모습으로 변모하고 있다. 특히, 2013년 2월 총리실 산하에 식약처를 출범시키며, 농식품부에서 담당하던 「축산물가공처리법」과 식약청에서 담당하던 「식품위생법」을 한 기관에서 관리케 함으로써 미국식 형태로 이원화되어 견제와 경쟁하던 식품위생 행정을 일원화해 효율성을 높였다고 볼 수 있다. 그러나 아직은 자금과 정보, 인력을 갖춘 몇몇 선두 생산업체를 제외하고는 국가 안전관리 정책에 대응해 바로바로 대책을 갖추기엔 어려운 영세업체가 너무나 많다.

식품위생정책은 생산/판매자의 사고 발생을 예방하거나 사후 발생에 대한 처벌로서 그 피해와 발생을 최소화하는 수단이다. 생산/판매자가 유발한 사건사고는 고의성 여부로 나눌 수 있다. 고의적인 경우는 이익을 추구하기 위해 법을 위반하거나 소비자에게 경제적 또는 건강상해를 끼치므로 정부에서는 단속과 처벌 등 사후관리를 철저히 해야 하고, 소비자는 민간부문에서 PL법(제조물책임법)을 활용, 적극적으로 대응함으로써 기업의 고의적인 법 위반을 미연에 방지해야 할 것이다. 특히, 정부에서 사후관리를 철저히 해야 할 분야는 검역, 도축검사, 수입검사이며, 도축장 실명제, 위반농가(기업)의 공개 등이 도움이 된다.

법적 규제와 기준규격을 몰랐거나 실수로 발생하는 비고의적 사건사고의 경우에 정부는 법과 기준규격을 재개정하거나, 과학적 위생관리시스템 보급에 의한 사전관리, 회수(recall)제도 활성화, 생산자 교육 및 제도 관련 정보 교류사업 등을 추진하며 발생을 줄일 수 있다. 원료의 생산부터 유통까지 적용되는 쇠고기 이력추적제도(traceability), 식품안전인증제(HACCP) 등 과학적 위생관리시스템을 지속적으로 확대, 강화해야 한다. 생산자와 기업은 출하 후 유통과정 중 문제 감지 즉시 자진회수

(recall)를 실시해야 하며, 정부와 소비자도 자발적 회수에 대해서는 관대한 태도를 보여야 한다. 우리 생산/유통업체의 뼈를 깎는 노력과 윤리의식, 소비자의 단결과 실천이 갖추어져야만 정부의 위생관리정책이 그 효과를 발휘할 수 있다.

4. 수산식품

1) 세균 (Bacteria)

수산물은 최근 조류인플루엔자(AI), 구제역, 광우병 등 빈발하는 가축질병 발생에 따라 육류를 대체할 저칼로리, 고영양 건강식으로 각광받고 있다. 우리나라 국민 1인당 연간 수산물 소비량이 53kg으로 세계 평균(18.6kg)의 3배에 달할 정도로 수산물을 좋아하는 나라다. 최근 수산물 수입증가율 또한 세계 3위라고 한다.

국내 수산식품은 「농수산물품질관리법」과 「식품위생법」으로 관리되고 있다. 수산물은 "어업활동으로 생산되는 모든 산물과 이 수산물을 50% 이상 사용해 가공한 수산가공품을 말한다." 수산물은 다양한 미생물과 바다에서 함께 살기 때문에 어획 때부터 다양한 미생물에 오염되는 것이 당연하다. 또한 농산물이나 축산물에 비해 영양소가 풍부해 어획 후 보관되면서 신선도가 빠르게 떨어지고 쉽게 부패하게 된다. 특히 대부분의 수산물은 가열 조리하지 않고 횟감용으로 소비되기 때문에 가공 및 유통 중 위생관리가 더욱 중요하다. 특히, 교차오염과 상온방치 등 부적절한 온도관리는 세균의 오염과 증식의 주원인이 된다.

이런 이유로 수산물은 식중독을 자주 유발시키는데, 병원성세균, 바이러스, 기생충 등의 '생물학적 요인'과 항생제, 중금속, 잔류성 화학물질, 자연독 등 '화학적 요인'이 원인이 된다. 미국에서는 수산물 식중독의 60% 이상이 어패류의 시가독(ciguatoxin)이나 부패한 생선에서 발생하는 스콤브로이드독(scombroid toxin) 이며, 세균성 식중독 또한 높은 비중을 차지한다. 이들은 주로 수산물을 날것 또는 덜 익은 채로 섭취한 경우 발생한다.

세균성 식중독은 연어, 참치 등 어류에서 가장 많이 발생했으며(46%), 그 다음이 패류(35%)와 갑각류(20%) 순이었다. 그러나 집단식중독은 패류에서의 발병률이 더 높았고 주로 기온이 높은 여름철에 자주 발생했다. 수산물의 세균성 식중독은 장염비브리오균이 가장 많이 일으키며, 보툴리누스균, 살모넬라균이 다음을 차지한다. 보툴리누스균은 세균성식중독 사망자 11명 중 9명을 발생시켰을 정도로 치명적이며, 최근 치사율이 30%에 달하는 패혈증비브리오균 또한 발생율이 급증해 각별한 주의가 요구된다.

수산물은 일반적으로 g당 100~10,000마리의 세균에 오염돼 있는데, 그 중에서도 김의 오염도가 가장 높다. 수산물 중 장염비브리오 검출률은 최근 출하시기가 가을에서 늦여름으로 빨라진 전어 등 횟감용 생선과 해삼, 멍게, 굴 등에서 높았다. 건조 수산가공품인 김, 다시마, 미역, 조미건어포류 등에서는 세레우스식중독균이 10~20% 검출됐고, 황색포도상구균도 사람이 수작업으로 만드는 초밥이나 조미가공품 등에서 높게 검출됐다.

미국, EU, 일본 등 주요 선진국에서는 수입 수산물의 생산해역, 제조시설에 대해 엄격한 위생요건을 요구하고 있다. 특히 수출용은 HACCP 인증 공장에서 생산해야만 하고, 지정해역에서 생산, 채취하는 패류는 병원성세균이 검출되어서는 안 된다. 법적인 수산물의 세균기준 또한 매우 엄격히 설정돼 있다. 우리나라 「식품위생법」에는 냉동어 · 패류 중 가공, 가열, 조리 없이 곧바로 섭취하는 수산물에 대해서만 식중독세균인 리스테리아균, 살모넬라균, 장염비브리오균 음성, 황색포도상구균은 g 당 100 이하로 규정하고 있다.

최근 지구 온난화에 따른 해수온 상승으로 병원성세균의 생장과 독소 생성이 촉진되고, 한류성 바다인 동해안까지도 세균오염이 커지고 있다고 한다. 특히 우리나라 해역의 연간 수온 상승률은 0.93℃로 전 지구 평균상승율(0.5℃)과 북태평양 평균상승율(0.46℃)을 크게 웃돌아 이에 대한 관리 대책이 요구된다.

수산물의 세균성 오염을 줄이는 방법은 "생산단계에서부터 세균 오염을 막는 것"이 최선이다. 내수용 수산식품은 수출용과 달리 지정해역관리제도가 적용되지 않아 생

산단계 위생관리가 미흡한 실정이라 이 제도 도입을 검토해야 할 것이다. 또한 초기 유통단계 수산물은 산지위판장과 도매시장에서 비위생적으로 보관, 판매돼 장시간 상온에서 방치되거나 오염원에 노출되고 있다. 초기 유통단계 위생관리를 위한 별도의 원료 및 보관기준 설정이 요구되며, 영세업체의 위생수준 향상을 위한 제도적 관리와 위생시스템 도입이 절실하다.

2) 곰팡이

식품에 곰팡이가 피면 시각적으로 불쾌감을 주고, 악취를 발생시켜 상품으로서의 가치를 잃게 될 뿐만 아니라, 이물로 간주돼 「식품위생법」 위반이 된다. 일부 곰팡이는 발암성, 신경독성, 신장독성, 단백질합성 저해, 면역부전, 위장장애 등을 일으키는 독소를 만들기 때문에 곰팡이가 핀 음식은 절대 먹어서는 안 된다. 식약처의 보고에 의하면 곰팡이 관련 소비자 신고 건수가 전체 이물 신고의 약 10%를 차지할 정도로 큰 비중을 차지한다고 한다.

'곰팡이(mold)'는 효모, 버섯과 함께 진균류(fungi)에 속하며, 포자형태로 공기중에 떠다니다가 습기, 온도 등 좋은 환경을 만나면 발아해 균사체를 형성한다. 곰팡이독(mycotoxin)은 이들 곰팡이가 생산하는 2차 대사산물로서 사람과 가축에 질병이나 이상 생리작용을 유발하는 물질이다. 특히, 곡류, 견과류, 수산가공품 등 건조식품에서 주로 발생하며, 이들 식품에서의 곰팡이독 오염은 완벽하게 예방할 수 없어 법적 허용기준을 정하고 있다.

자연계에는 수만 종의 곰팡이가 존재하지만 그 중 300여종이 곰팡이독을 생산하는 것으로 알려져 있는데, *Penicillium*속, *Fusarium*속, *Aspergillus*속 곰팡이가 주로 독을 생산한다. *Penicillium*속은 파튤린(patulin), 시트리닌(citrinin) 등의 독을, *Fusarium*속은 푸모니신(fumonisins), T-2독소(T-2 toxin), 데옥시니발레놀(deoxynivalenol), 제랄레논(zearalenone) 등을, *Aspergillus*속은 아플라톡신(aflatoxin), 오크라톡신(ochratoxin), 스테리그마토시스틴(sterigmatocystin) 등의 독소를 생산한다.

식품 중 곰팡이 발생은 원래부터 원료에 오염됐거나 제조 중 환경에서 공기 중 부유하던 포자가 오염되거나 유통 중 오염된 포자가 발아, 성장해 눈에 보일 정도로 자라게 된다. 시중에 유통되고 있는 수산가공품은 단순 건조하거나 건조 후 조미한 제품이 대부분이다. 이들 제조업체들은 대부분 영세해 생산 및 제조환경이 타 가공식품에 비해 열악할 뿐 아니라 일부 제품은 포장되지 않은 상태로 유통되고 있는 실정이라 곰팡이 오염에 더욱 취약하다.

곰팡이는 건 생선 섭취가 많은 동남아시아와 아프리카 지역에서 특히 문제시 되고 있다. 인도네시아의 염장생선에서 *Eurotime*속, *Aspergillus*속, *Penicillium* 속 등 364종의 곰팡이가 분리됐으며, 특히 *Asp. flavus*가 27% 분리돼 위생적으로 문제가 있음을 암시했다. 스리랑카에서도 시장에서 판매되는 염장 건조생선에서 *Aspergillus*속, *Aureobasidium*속, *Cladosporium*속, *Gleomastix*속, *Penicillium*속 등 61종의 곰팡이가 분리됐다. 그 중 *Aspergillus*속이 반 이상을 차지했는데, 이 중 태양광선에 큰 저항력을 가져 열대기후에서 생선 건조 시에도 잘 생존하는 *Asp. niger*가 가장 많이 오염되어 있었다고 한다. 이 곰팡이는 유해성은 없지만 성장하면서 검은색 색소를 발생시켜 오염 시 쉽게 눈에 띄며, 이물로 간주돼 가공식품에서 중요한 관리대상이 된다.

아프리카 나이지리아의 훈제 건조생선에서도 g당 만~십만 colony forming unit(cfu) 수준의 곰팡이가 오염돼 있었고, 12종의 곰팡이가 분리됐다. 주로 *Aspergillus*속, *Mucor*속, *Rhizopus*속, *Penicillium*속 등이었으며, 특히 곰팡이독을 생성하는 *Asp. flavus*도 분리됐다. *Asp. flavus*는 토양에 존재하는 곰팡이로 알려져 있으며, 열대나 아열대 지방에 널리 분포한다. 건생선에서 분리된 대부분의 곰팡이는 인체에 해가 없으나 *Asp. flavus*는 곰팡이독인 aflatoxin을 생성한다.

곰팡이독은 소량이라도 섭취했을 때 몸에 전혀 도움이 안 되는 독이다. 안전관리를 위해 정부의 지속적인 모니터링과 기준규격 강화가 필요하며, 해양수산부와 식약처의 안전관리 공조, 소비자 대상 커뮤니케이션 강화 등의 노력

이 필요하다.

3) 바이러스

최근 조류독감(AI), 춘천 외국인 관광객 노로바이러스 등 연이어 식중독 바이러스가 이슈화되고 있다. 미국 질병통제국(CDC)은 식품유래 질병 중 노로바이러스, A형간염바이러스(Hepatitis A virus, HAV), 로타바이러스, 아스트로바이러스 등에 의한 바이러스 식중독이 약 80%를 차지하며, 그 중 노로바이러스와 A형간염바이러스가 가장 많이 발생한다고 한다. 특히, 집단식중독(outbreak)의 원인 식품으로는 수산물이 가장 많았다.

국내에서도 노로바이러스가 최근 집단식중독 발생의 주원인으로 부상했다. 노로바이러스 식중독은 1999년 국내에서 처음 보고된 후, 굴 등 어패류와 오염된 식수를 통한 감염사례가 다수 보고되고 있다. 또한 A형간염은 2001년 105명의 환자가 발생한 후부터 2006년 1,923명 등 최근 증가 추세인데, 주로 횟감용 어패류 섭취가 가장 큰 감염의 원인이 되고 있다. 급성설사 중 로타바이러스 식중독도 오염된 식수 등에서 많이 보고되고 있으나, 다행히 수산물 섭취로 인한 식중독 발생사례는 국내에서는 아직 보고된 바 없다.

호주에서 발생한 대형식중독 원인식품을 분석한 결과, 육류(30%), 어류(16%), 패류(6%)의 순으로 수산물이 육류에 이어 두번째 주원인으로 보고되었다. 물론 호주에서도 패류 섭취로 인한 노로바이러스 감염이 빈발하며, 뉴질랜드에서도 생굴 섭취로 인한 노로바이러스 감염 발생사례가 있었다. 네덜란드의 경우에도 식중독의 약 90% 정도가 노로바이러스에 의해 발생하며, 샐러드, 샌드위치와 같은 복합조리식품과 굴 등의 수산물이 주요 원인식품으로 지목되고 있다.

노로바이러스의 5가지 유전자형 중 I형과 II형이 사람에게 식중독을 일으키는데, 주로 분변에 오염된 식수와 식품을 섭취하거나 직접적인 사람 간 접촉을 통해 전염된다. 일반적이지는 않으나 공기를 통해서 감염되기도 한다. 주로 사람의 분변으로부터 오염된 바닷물 속 노로바이러스 입자가 굴 등 어패류에 농축돼 이를 섭취한 사람에게서 발생하게 된다.

두 번째로 위협적인 A형간염바이러스(HAV)도 물 또는 식품을 통해 감염돼 간염, 황달 등의 임상증상을 나타내는 A형간염을 일으킨다. A형간염은 주로 '분변-구강' 경로를 통하거나 감염자나 보균자와의 사람 간 접촉을 통해 전파되기도 한다. 주로 어패류, 과일, 채소 등이 원인식품인데, 오염된 관개용수로 인한 농산물 오염 또는 오염수가 유입된 바다에서 생산되는 수산물 오염 등이 문제시되고 있다. 1988년 중국에서 A형간염바이러스에 오염된 조개 섭취로 3십만 명의 간염환자가 발생한 바 있으며, 미국에서도 A형간염 발생의 2~5% 정도가 감염된 식품취급자 때문이었고, 생굴 섭취로 인한 감염도 보고되었다.

수산물로 인한 식중독바이러스 감염은 주로 어패류를 날 것으로 먹거나, 부적절하게 익혀서 섭취한 경우에 발생했다. 어패류, 상추, 라즈베리, 딸기 등 식품의 품질을 유지하기 위해서는 여러 제어법 중 비열처리 살균기술이 식품의 관능적, 영양적 측면에서 선호되고 있다. 특히, 초고압처리, 감마선조사가 바이러스 제어를 위해 가열과 유사한 효과를 내며, 자외선(UV) 등 광살균은 큰 감소효과를 주지는 못하는 것으로 알려져 있다.

그러나 현재까지 알려진 이들 제어기술을 사용하더라도 식품에 오염된 바이러스 입자를 완전히 제거하지는 못하므로 수산물 존재 바이러스를 불활성화시키는 것이 최선의 방법이다. 수산식품을 충분히 가열 조리해 섭취하거나, 조리되지 않은 어패류를 날 것으로 섭취하는 식습관을 고치는 것만이 바이러스 식중독의 예방법이다.

4) 기생충

해산 어패류를 날 것으로 먹거나 덜 익혀 먹으면 아니사키스, 광절열두조충 등에, 민물고기를 날로 먹으면 간흡충, 요코가와흡충 등의 기생충에 감염될 수 있다. 또한 살아 있는 자연산 민물게로 게장을 담가 먹을 때 충분한 양의 소금을 넣지 않거나 숙성이 덜 된 경우, 폐흡충에 감염될 수도 있다.

기생충은 살아 있는 상태로 인체 감염 시 위와 장관의 점막을 뚫어 심한 복부통, 구토 등의 소화기증상을 일으키지만 수산물 내에서 죽은 기생충을 섭취한 사람에게도 피부 알러지나 소화기장애 등을 일으키기도 한다.

수산물 중 발생하는 대표적인 기생충은 단연 아니사키스(*Anisakis*)다. 인체 '아니사키스증'(human anisakiasis)은 해산 포유동물에 성충으로 기생하는 회충류의 제3기 유충이 해산어류나 오징어, 문어 등 두족류(cephalopods)를 통해 사람에게 감염된 것을 말한다. 인체감염은 주로 고래회충(*Anisakis simplex*), 향유고래회충(*Anisakis physeteris*), 물개회충의 유충이 일으킨다. 사람은 제2중간숙주인 해산물을 익히지 않고 먹을 때 감염되고, 인체에 병변을 초래한 아니사키스 유충은 인체 내에서 제3기 혹은 제4기 유충상태로 머물다가 사멸한다.

감염된 사람 몸에서 아니사키스 유충은 위와 장관의 점막 및 점막하층을 침입하거나 뚫고 이동할 수 있다. 그래서 식중독과 유사한 심한 상복부통, 구역질, 구토 등 여러 소화기 증상을 일으킨다. 이 유충 감염증은 내시경 검사로 위벽을 침입하는 충체를 확인, 진단하며 침투한 유충을 물리적으로 제거해야 치료된다.

고래회충의 유충은 우리나라 연안에서 어획되는 대부분의 해산어류 및 두족류에서 발견된다. 서해에서 잡힌 황조기에서는 마리당 평균 36 마리의 아니사키스 유충이 발견된 적이 있다. 경남 기장, 충무 및 강원도 속초에서 구입한 멸치의 약 7%에서도 유충이 발견되기도 했다. 또 노량진 수산시장에서 판매되는 붕장어의 58%에서 아니사키스 유충이 발견됐고, 2011년 부산지역 어시장에서 판매된 43종의 수산물의 아니사키스 유충 양성율이 34%에 달했다고 한다. 또한 강원도 남대천에서 잡힌 연어 120 마리 모두에서 아니사키스 유충이 발견된 적도 있다.

이처럼 우리나라 수산시장에서 판매되고 있는 수산물의 아니사키스 감염률은 높은 편이며, 이를 날 것으로 먹거나 소금에 절여 먹는 식습관을 갖고 있는 우리나라에서는 아니사키스증 환자가 꾸준히 발생되고 있다. 1971년에 첫 감염사례가 보고된 이후, 현재까지 약 500건 이상의 인체 감염이 보고되었다.

아니사키스의 감염 예방이 긴요한데, 다행히도 다른 병원성 미생물과는 달리 아니사키스 유충은 원생동물(protozoa)이 아닌 후생동물(metazoa)로 수많은 세포로 구성돼 있어 일반적으로 '냉동과 가열'에 매우 약하다. 미국 식약청(FDA)은 수산물을 통해 감염되는 기생충에 대한 예방 가이드라인을 제시하고 있다. 첫째가 "가열처리인데, 수산물을 조리할 때에는 생선의 내부온도가 60~70℃ 이상 되도록 가열 조리한다."이고, 두 번째는 "냉동인데, 수산물을 영하 20℃ 이하에서 7일간 혹은 영하 35℃ 이하에서 15시간 동안 냉동시킨다."이다. 국내에서도 영하 20~40℃에서 24시간 후 오징어와 대구에 존재하는 아니사키스가 사멸했다는 연구가 있다.

또한 '염장'도 제어법으로 언급되고 있는데, 청어에 오염된 아니사키스 유충은 8~9% 소금에 6주 동안, 6~7% 소금에는 10~12주 동안 염장 시 사멸했다는 보고가 있다. 국내에서도 5% 소금에 절인 오징어와 대구에서 7일 저장 후 82%의 생존율을, 10% 소금농도에서는 7일 후 27%의 생존율을 보였다는 연구가 있다. 아니사키스를 사멸시키기 위해서는 15% 소금에서 7일, 20% 소금에서 6일간 절여야 한다고 한다.

이렇듯 수산물 중 기생충 오염을 없애기 위해서는 가열해 먹거나, 생물보다는 냉동 수산물을 섭취하는 것이 좋으며, 수산물을 소금에 절여 염장해 먹는 것도 바람직한 기생충 예방법이라 하겠다.

5) 적조와 패류독

여름이 다가 와 수온이 높아지면 우리나라 바다와 강, 호수는 적조로 몸살을 앓는다. 특히, 최근에는 적조의 발생 횟수가 증가하고 발생 지역도 넓어지고 있다고 한다. 1990년대 이전에는 대개 수온이 높은 7, 8월에 일부 지역에서만 발생했지만, 이후부터 봄과 가을에도 발생하고, 지역도 남해안을 넘어 동해까지 확산됐다고 한다. 특히, 1995년에는 수온이 낮은 강릉 연안에도 적조현상이 나타난 적도 있었다.

'적조(赤潮, red tide)'는 "수온 상승에 따라 황색, 적색, 적갈색, 다갈색 등을 내는 유독 플랑크톤의 이상 증식으로 바다, 강, 운하, 호수 등이 변색하는 현상"을 말한다. 물이 붉게 물드는 경우가 많아 적조라고 하지만, 물의 색깔은 원인 플랑크톤이 갖는 색소에 따라 달라 백조(白潮), 청조, 녹조도 있다.

특히 장마 후 맑은 날이 계속되면 육지에서 영양염류가 대량으로 보급되고 높은 온도, 풍부한 유기물 공급 등 증식조건이 좋아져 적조가 발생하기 쉽다. 적조가 발생하면 갖가지 피해를 초래한다. 편모조류는 독을 갖는 경우가 많아 적조 바다에 서식하는 어류는 폐사되며, 어패류는 독을 축적한 채 살아남게 되는데, 이를 사람이 먹었을 때 중독을 일으키게 된다. 요즘 우리나라 연안에서 적조 발생 시 기승을 부리는 코클로디니움이라는 편모조류는 물고기 아가미에 붙어 장시간에 걸쳐 호흡 곤란을 유발시켜 물고기를 질식사시킨다.

패류독은 다양한 종류가 있는데 마비성패류독, 설사성패류독, 신경성패류독, 기억상실성패류독이 주로 문제 시된다. '마비성패류독'은 1790년도 러시아 Patrotf 탐험대가 미국 알래스카를 탐험했을 때 바위에 붙어 있는 홍합을 먹고 100여명이 죽은 대규모 중독사고가 발생해 알려지게 되었다. 우리나라에서는 1986년도 부산 감천만에서 진주담치를 먹고 11명이 중독, 2명이 사망했고, 1996년 거제도에서 낚시꾼 3명이 방파제에 붙은 진주담치를 먹고 2명이 사망한 사고가 발생한 적도 있다. 마비성패류독을 갖고 있는 식물성플랑크톤을 패류가 섭취해 내장에 독소를 축적하고, 그 패류를 사람이 먹었을 때 중독된다. 주로 독소는 진주담치나 굴가리비 같은 껍질이 2개인 이매패류가 축적하며, 약 20여종의 독소 중 Saxitoxin과 Gonyautoxin이 잘 알려져 있다. 중독증상은 초기에 입술 주위가 따끔거리다가 그 후 마비증상이 얼굴과 목으로 전이되면서 두통, 구토증상이 나타난다. 그리고 더 진전되면 몸 전체가 따끔거리면서 가벼운 호흡곤란을 일으키다가 결국 호흡이 멈춰 사망하게 된다. 우리나라에서는 주로 부산, 마산, 거제도, 여수 등 남해안을 중심으로 2~5월 사이에 발생한다.

'설사성패류독'은 1976년 일본의 미야키현에서 진주담치를 먹고 설사를 주 증상으로 하는 중독사고가 발생한 것으로 알려지기 시작했다. 이 중독사고는 일본, 유럽 등지에서 많이 발생되는데 발병율은 높으나, 사망자는 거의 없다.

'신경성패류독'은 미국 플로리다주 적조 발생 해역에서 채취한 굴을 먹고 중독환자가 발생한 사건으로 알려지기 시작했다. 1992년 겨울철 뉴질랜드에서는 이매패류를 먹고 60명이 중독된 적도 있었으나, 일본이나 우리나라에서는 신경성패류독 보고는 거의 없다. 섭취 후 입안이 짜릿짜릿해지고, 독이 얼굴, 목, 몸 전체로 퍼지면서 술에 취한 것 같은 상태가 되며, 동공확산, 설사 등의 증상이 나타난다.

'기억상실증패류독'은 1987년 11~12월에 걸쳐 Canada 해안에서 진주담치를 먹고 환자 107명 중 4명이 사망하고 12명이 기억장애 후유증(기억상실)에 시달렸던 대규모 식중독사건으로 유명하다.

적조의 대책으로는 약품살포, 점토에 의한 강제 침전, 펌프를 사용한 회수 등의 방법이 있으나 근본적 예방을 위해서는 과잉의 영양염, 유기물, 금속 등이 물로 유입되는 것을 막는 것이 가장 중요하다. 최근 경남도에서는 매년 반복되는 남해안 적조피해 해결을 위해 적조에 강한 양식품종인 전복과 해조류를 주로 보급하고, 가두리 양식장 시설을 현대화하기 위해 낡은 목재 가두리시설을 폴리에틸렌 재질로 교체한다고 한다. 적조 발생은 예방이 최선이지만, 일단 발생 시 생산자들은 이 지역에서 채취된 어패류를 절대 판매해서는 안 된다.

5. 결론

향후 식량의 증산을 위한 위해가능물질의 사용 및 산업발전에 따른 환경오염 등으로 식품의 안전성을 위협하는 위해요소가 지속적으로 증가될 것으로 예측된다. 이들 원료 생산부터 가공, 유통에 이르는 전 식품산업은 식품위해요소의 오염으로 촉발된 사고에 의한 사회경제적 피해를 최소화하기 위하여 오염원인 위해요소를 분석하고, 이를

저감화하는 일련의 과학에 근거한 기술기반 위생관리활동이 더욱 중요해지는 추세다. 전반적인 식생활 패턴이 대량급식과 외식으로 확장되고 있고 식품의 국제적 무역이 활성화됨에 따라 식품원료의 생산, 제조업 뿐 아니라 유통업까지도 식품위생관리기술에 대한 수요가 증대되고 있다. 식품산업계는 HACCP, GAP, ISO 22000 등 각종 식품위생관리 인증을 획득해 나가는 추세다. 또한 저온유통체계를 갖춘 대형 유통사들의 출현으로 식품의 안전성을 더욱 강화하고 소비자의 편리성을 확보하기 위해 포장단위를 소형화하는 추세가 지속적으로 이어지고 있다. 유전자재조합(GM)식품, 복제동물, 나노식품 등 신식품(novel foods)의 지속적인 개발로 식품으로 인한 유해 환경에 노출될 가능성이 증가될 것이다. 또한 WTO 출범에 따른 식품 수입의 지속적 증대, 국가 간 규제기준의 조화 및 사후관리체계 전환에 따른 안전관리업무의 증가 또한 예상돼 이에 대한 각별한 대비가 필요한 시기다.

참고 문헌

1. 광일문화사, 식품과학기술대사전(2008)
2. 김용수, 박인숙, 하상도. 식품위해미생물 제어를 위한 살균소독제의 활용. 식품과학과 산업 42(2):26-51(2009)
3. 김현옥. 식품음료신문, 참기름 중 벤조피렌 저감화 장치 개발(2015)
4. 나무위키. 안식향산나트륨(2017)
5. 농림축산식품부. EU 수출을위한 다환방향족탄화수소 제거를 통한 농식품의 안전성 향상 기술개발(2016)
6. 도서출판 여초, 생명과학대사전(2014)
7. 루스 코완(김성희 외 옮김). 학지사, 과학기술과 가사노동(1997)
8. 식품의약품안전처. 식품공전(2016)
9. 식품의약품안전처, 식품중 벤조피렌 저감화 정책(2014)
10. 식품의약품안전처, 유통 수산식품의 위해미생물 안전관리 연구(2014)
11. 신한승, 김민지. 식품 중 다환방향족탄화수소 생성에 영향을 미치는 요인(2014)
12. 새런 맥그레인(이충호 옮김). 가람기획, 화학의 프로메테우스(2002)
13. 안장우, 양철영, 심상국. 한국방송통신대학교출판부, 식품저장 및 가공(2004)
14. 이효민. 농수축산신문, 헤테로사이클릭아민의 위해성(2006)
15. 이효준. 김영사, 유레카! 발명의 인간(1996)
16. 장동석, 신동화, 정덕화, 김창민, 이인선. 정문각, 자세히 쓴 식품위생학(2002)
17. 정동효. 대광서림, 식품미생물제어론(2001)
18. 조미희, 배은경, 하상도, 박지용. 천연항균제의 식품산업에의 응용. 식품과학과 산업 38(2):36-45(2005)
19. 톰 잭슨(김희봉 옮김), MID. 냉장고의 탄생(2016)
20. 하상도, 박지용. 식품위해미생물의 제어법 연구동향. Safe Food 1(3):56-88(2006)
21. Kim, Y.S. and Shin, D.H. Researches on the volatile antimicrobial compounds from edible plants and their food application. Kor. J. Food Sci. Technol. 35(2): 159-165(2003)