일반강좌

안전 해산물 공급을 위한 HACCP 적용을 비롯한 최근 연구동향

윤 장 원

독소 및 병원체를 검출하기 위한 개선방법확립이 식품안전성 확보의 선결과제이다.

일반적으로 해산물이 소비자들에게 안전하다고 하지만 미국 연방정부에서는 식품공급을 위해 FDA (미국 식품의약청)로 하여금 해산물에서 오염원을 제거하기 위한 해산물 처리단계에서의 품질관리 프로그램을 확립하기 위해 노력하고 있다.

FDA 국장인 Davis Kessler는 "우리는 해산물 검사를 통해 안전성을 확인하고 있지만 그리 만족스럽지 못하며, 우리는 문제를 사전에 예방함으로써 해산물 안전성에 접근할 필요가 있다"고 말한다.

해산물의 안전성 확인에 대한 필요성이 대두되면서 연구원들은 이들 식품에 존재할지 모르는 오염원을 검출하는 항체분석법, 세포분석법, DNA 분석법 등의 여러가지 방법 개발에 박차를 가하였다.

앞으로는 이러한 분석법이 키트로 만들어져서 쉽고 정밀하고 신속하고 값싸게 시장유통과정중의 오염원에 대해서 어류 또는 패류를 screen 할 수 있게 될 것이다.

Charleston에 있는 국립 해양어류 서비스의 charleston Lab의 Frances Van Dolah는 "그런 분석법이 앞으로 개발은 되겠지만 최소 5년 어쩌면 10년내에 개발되기는 어려울 것이다"라고 예견했다. 그럼에도 불구하고 다수의 prototypes가 개발되고 있고, 그들이 직면하고 있는 일부의 문제들은 이 분야가 현재 어디에 와있고 어디로 가야하는지에 대한 좋은 제시를 해주고 있다.

※ 서울대학교 수의과대학 미생물학교실

해산물 소비의 증가가 안전성에 대한 관심을 더욱 부추긴다.

몇년전 FDA와 Atlanta의 CDC에 의해 제시된 보고서에 의하면 어류가 닭보다 40배정도 안전하게 만들어지기 때문에 조리된 음식 100만개중 단 1개에서 질병이 발생한다고 한다.

불행히도 그러한 양상은 날 생선이나 요리되지 않은 조개류를 먹을 때 100개의 접시중 1개의 비율로 바뀌었다. 조개는 다른 어류보다 문제가 심한데 그 이유는 해변에 가까이 살고 있어서 독소나 병원체 그리고 오염물질 등에 노출될 가능성이 높기 때문이다. 해산물의 안전성 문제를 미국인들이 과거에 비해 훨씬 더 많이 섭취하고 있기 때문이다. 해산물의 안전성 문제는 미국인들이 과거에 비해 훨씬 더 많이 섭취하고 있기 때문에 중요성이 커졌다. 1989년에 상업용으로 잡은 해산물의 년당 소모량이 개인당 16파운드(7.3kg)로 1980년대에 비하여 25% 증가하였고, 2000년까지 20파운드(9.1kg)로 증가가 예상된다. 참치, 새우, 대구류는 미국인들이 가장 좋아하는 요리이며, 다음으로 생태류, 넙치, 대합조개, 연어, 게, 홍합류 등이 있다. 종합해보면 이들 요리가 미국 해산물 소비량의 약 75%를 차지하고 있다. 해산

물 소비량의 증가는 연방안전성시스템에 더욱 많은 압력으로 작용되었다. 현재 FDA는 3년을 주기로 약 4,000여개의 해산물 처리업자의 시설물을 검사하고 있으나 이러한 접근법의 한계를 극복하기 위해 FDA 임원들은 최근 HACCP(Hazard Analysis Critical Control Point) 전략이라고 하는 변경된 품질관리가 이루어지기를 원하고 있다.

새로운 분석법이 해산물의 HACCP 적용에 필요하다.

HACCP 적용은 개개의 처리업자에게 미생물 오염의 유도와 같은 문제가 일어날 가능성이 있는 생산라인의 특정경로의 문제점 확인을 가능케 할 수 있다. 일단 처리업자가 문제발생경로를 확인하게 되면 그때부터 예상되는 문제에 대해 예방조치를 취하게 된다. 처리업자가 자신의 HACCP 전략을 구상하고 또한 요청하게 함으로써 해산물이 해수유래의 불순물에 의해 오염되지 않도록 해주고 FDA에 계획서를 제출해서 승인을 얻는다. 그리고 나서 FDA는 그 전략에 대한 처리업자의 방법을 수시로 점검해주게 된다. 산업체들은 HACCP 적용의 실시를 원하고 있으나, 국가정책은 이 새로운 방법의 실시를 미루고 있다. 공화당이 우세한 미국의회는 모든 새로운 법령에 대해서 일시유예상태에 있다. 예를 들면 1995년초 식육과 가금생산물에 대하여 몇몇 의원들은 USDA HACCP PLAN 소요비용이 너무 과다하고 비난했다.

USDA 임원들은 매년 오염된 식육과 가금 생산물이 5백만 건의 질병을 일으켰고, 4천명의 사망자를 발생시켰으며, HACCP는 의료비 절약과 매년 37억 달러의 이득을 얻을 수 있다고 반문했다. 실시될 HACCP 전략은 개발하는데 상당한 투자를 요하는 새로운 기술을 필요로 한다. 예를 들면 해산물이 해수로 부터의 오염원에 노출되지 않도록 하기 위해 FDA는 그들 오염원을 검출하기 위한 분석법개발에 많은 비용을 들여왔다. 현재의 독소검출방법은 오염가능성이 있는 해산물샘플로 부터의 추출물을 마우스에 접종하는 과정을 수반하는 느리고 부담스럽고 비싼 마우스 Bioassay 방법이다.

해산물 독소검출에 대한 정확하고 빠른 분석법 확립

대부분 한층 새롭고 이용하기 쉽고 빠른 분석법이 어느 분야에서든지 요구되고 있다. 이들 분석법이 상업화로 부터 얼만큼 소원한가 하는 것은 어패류의 ciguatoxin을 검출하는 방법개발과 관련된 논쟁으로 알 수 있다. 이 polyether neurotoxin은 *Gambierdiscus toxicus*와 *Procentrium lima*을 포함해서 해초에서 자라는 미시적 Dinoflagellate Algae에서 유래한다. Algae를 소모하는 다른 organism들도 먹이사슬을 따라 독소를 축적하게 되며, 이것은 육식성 해초어류(농어, 참치 및 창꼬치류(barracuda))가 그들의 조직에서 고농도로 함유될 수 있음을 의미한다. 사람에 의해 섭취될 때 그런 어류들로 부터의 ciguatoxin은 신경세포의 sodium channel recepter에 결합해서 정상적인 기능을 방해할 수 있다. 이들 신경독소는 미국에서 매년 3000 cases 정도로 모든 어류유래 식중독의 30%에 이르며 하와이, 괌, 프에르토 리코, 버진 아일랜드에서는 발생되는 cases의 거의 대부분을 차지한다. 일단 감염된 사람에서 ciguatoxin은 25년까지 신경계에 머무를 수 있는데 이 독소에 대한 인내한도 이상에 도달한 사람은 발열, 발한과 더불어 조정기능 및 방향감 상실을 나타내는 ciguatera라는 질병을 일으키게 된다.

최근 연구원들은 최소한 20여가지의 구조적으로는 유사하지만 구별되는 ciguatoxin형을 알아내었다. 이들중 하나가 California Pasadena의 SIRA testing system에 의해 개발되고 있는 ciguatect assay의 주요 대상(primary target)에 대한 연구결과이다. 이 분석법은 dipstick으로 구성되어 있으며, 이것을 독소를 가지고 있을 것으로 의심되는 어류의 근육조직에 노출시킨다. 그리고 나서 이 dipstick을 ciguatoxin형에 특이적인 단크론항체가 부착되어 있는 blue latex beads의 용액에 담근다. 만약, 어류가

ciguatoxin을 가지고 있다면 이 독소는 일차적으로 dipstick의 membrane에 결합한 뒤, blue latex beads에 부착된 단크론 항체에 결합한다. 그러나 FDA 연구원에 의하면 ciguatect test는 높은 신뢰성이 없어서 standard mouse bioassay를 대체하기 어렵다고 한다.

Dauphin island에 있는 FDA's gulf coast seafood Lab의 Robert Dickey은 독소가 없는 어류와 독소를 가지고 있는 어류의 조직을 사용하여 2개의 분석법을 비교하였다. "시장여건에 따라 다른 실험결과로 추정해보면 건강한 모든 어류가 ciguatoxic한 것으로 오인될 수 있으며 반대로 ciguatoxic fish는 검출되지 않은 채 판매시장에 유통될 수도 있다"고 말한다.

SIRA와 기타 다른 지역의 연구원들은 Dickey의 결론에 반박한다. "그가 ciguatect를 측정한 방법은 완전히 틀렸다."고 SIRA에 가입되어 있고 Baton Rouge에 있는 LSU의 Douglas Park은 말한다.

그는 검사된 마우스의 대부분이 이 독소에 노출된 후 보통 48시간이 아닌 30분만에 죽었기 때문에 그 비교는 타당하지 않다며, "Dickey는 ciguatect를 잘못된 standard와 비교했으며 따라서 그의 결과는 무의미하다"고 반박한다.

세포반응이용 ciguatoxin 분석법 개발의 필요

Ciguatect는 독소들 중에서 한가지 형태에 대한 항체를 사용하기 때문에 다른 형태의 독소를 검출하지 못할지도 모르고 따라서 가양성/가음성(false positive/false negative) 판독을 할 수 있다. 그래서 다수의 연구원들은 배양세포에 대한 독소활성을 기초로 ciguatoxin을 검출하는 분석법을 개발하고 있다. "세포반응이용 분석법은 관련복합물의 혼합독성정도를 반영하는 항체분석법이다."라고 Charleston Lab의 Van Dolah는 말한다. Ciguatoxin을 검출하기 위한 세포반응 분석법이 Bothell에 있는 FDA's seafood products research의 Rom Manger에 의해 개발되고 있다. 이 분석법은 건강한 세포에서는 blue formazon product로 환원되는 tetrazolium compound를 함유하고 있는 배양된 mouse neuroblastoma cell을 사용한다. 독소는 sodium channel receptor에 결합하기 때문에 ciguatoxin을 가지는 어류샘플은 color change를 방해하며 세포를 손상시킨다. 이 분석법은 7분내에 1 pg의 ciguatoxin을 검출할 수 있어서 mouse bioassay보다 한층 더 민감하고 빠르다고 한다. 하지만 세포분석법이 mouse bioassay보다 훨씬 낮은 수준의 ciguatoxin을 검출할 수 있다는 문제를 배제시킬 수 없었다.

이제까지 검출할 수 없었던 수준의 ciguatoxin을 측정하는 능력은 어류에서 ciguatoxin에 대한 제한치(regulatory limit) 수정을 필요케 한다. 하지만 "ciguatoxin은 다수의 어류에서 존재하지만 독성학적 중요성이나 공중보건상의 중요성이 알려져 있지 않으며, 실제로 그 독소가 급성중독 또는 만성중독 위험이 있는가는 확실치 않다"라고 LSU의 Park은 말한다.

병원체 검출기술이 문제를 일으킨다.

Ciguatoxin 또는 다른 해산물의 오염원의 제한치를 부여하는가 여부에 대한 토론은 특히 *Vibrio vulnificus*와 관련되어 있다. 이 박테리아는 광범위하게 특히 세계온대기후 전역의 얕은 해안수에 분포하고 있다. 그 농도는 다양해서 연중 일부기간동안 해수가 따뜻해지면서 증가하고, 해수가 차가워지면서 감소한다. 예를 들면 멕시코 만에서 *V. vulnificus*는 온난한 4~10월 기간중에 거의 모든 양식굴에서 발견되지만 11~3월까지는 약 5% 정도의 굴에서만 나타난다.

*V. vulnificus*에 감염된 사람의 약 50% 정도가 패혈증이나 독혈증을 유발하여 죽는다. 대부분 *V. vulnificus*는 나이 많은 사람이나 만성질병을 가진 사람을 포함하여 간, 위, 혈액, 면역계를 손상당하여 의료상태가 열악한 개인들에게 더욱 많이 감염된다. 그럼 어떻게 단속원들은 모호한 오염원에 대한 안전치를 설정하는가? 굴의 경우는 대부분, 질병을 일으키는 세균수가 확정되지 않았기 때문에 어떤 안전치도 설정되지 않았다. 현재 엄격한 *V. vulnificus*의 제한은 플로리다, 루이지애나, 캘리포니아 주에서 이

루어진다. 이들 지역에서는 생굴을 파는 곳에서 그것이 어떤 사람에서 심각한 질병을 야기시킬 수 있다는 경고판 설치를 요구한다. 하지만 박테리아에 대한 zero-tolerance 수치를 설정하는 것은 굴 산업을 폐쇄시킬지 모르며, 이들 지역에 대한 어떠한 경고판도 큰 항의의 대상이 된다. 예를 들면 1994년 10월~4월 사이에 멕시코 만에서 재배된 굴을 익혀서 먹어야 된다는 경고표시를 해서 선적하자는 제안이 있었다. 굴생산업체는 그 제안을 거부했고, 1년에 350만 달러에 이르는 굴생산업자들을 희생시키게 될 것이라고 주장했다.

날 생선을 먹은 후 죽은 사람의 보고가 1989년 이후로 50%까지 미국 굴 판매고를 떨어뜨리면서 산업은 이미 어려운 상황속에 있다.

심지어 북서태평양에서 굴을 재배하는 사람들은 1990년 이후로 약 25%정도 가격이 떨어지는 것을 지켜보았다. 생굴에서 *V. vulnificus*에 대한 특별한 수치(안전치)를 부여하는 규제조항은 먼 현실이기는 하지만, 다수의 연구원들은 여전히 박테리아를 검출하기 위한 분석법에 관한 연구를 지속하고 있다. *V. vulnificus*가 살아있는 organism이기 대문에 연구원들은 검출방법을 개발하는데 다수의 option을 가지고 있다. Robert Reeves는 *V. vulnificus*의 DNA를 겨냥한 시험법도 개발하고 있다. 관행검출법은 사전배양을 요구하기 때문에 최소한 4일이 소요되는 반면, 이 방법은 2시간 이내에 *V. vulnificus*를 검출할 수 있다고 지적했다. 이런 이점에도 불구하고 이 분석법은 또한 다수의 단점을 가지고 있다고 Reeves는 말한다. "이 방법은 복잡하고 시간소모적이어서 그것을 수행하기 위해서 충분한 세포가 필요하다."고 언급했다. 게다가 그것은 굴의 서식지로 부터의 물, 침전물 표본에서는 잘 수행되지만 굴의 조직내에 함유되어 있는 *V. vulnificus*를 검출할 수는 없다며, 문제는 기술적인 것이라고 그는 설명한다. "굴은 자가형광을 띠며 조직은 형광색소를 흡수한다. 그래서 현미경 검사시에 모든 것이 발광되어 굴 조직과 *V. vulnificus*를 구별하기 어렵다"고 한다.

마지막 해결책은 형광색소이용 분석법을 방사성동위원소 분석법으로 교체하는 것이다. 이렇게 함으로써 우리는 직접 굴을 검사할 수 있다. 하지만 그 분석법은 안전성문제로 Lab에서 사용이 제한되어 있다. 현재 미국에서는 현장검사로 이용할 수 있는 손쉬운 해산물 독소분석법이 개발 연구가 더욱 활발히 진행되고 있다 (B. J. Spalding著, p.639~641, AMS Vol. 61, No. 12, 1995).

◆ USDA의 genetically modified fish에 관한 연구 안내서 ◆

USDA는 최근에 "Performance standard for safely conducting research with genetically modified fish and shellfish"라는 유전적으로 재조합된 해양어종에 관한 연구들의 생태학적 영향을 평가하는데 있어, 연구원들을 돕기 위해 2권의 안내서를 출판한다.

이 안내서의 목적은 이 분야의 연구를 지체시키는 것이 아니고 촉진시키는 것이라고 USDA 국장은 말한다. ABRAC의 Agricultural Biotechnology and executive secretary의 USDA 사무국의 담당자인 Alvin Young에 의하면 그 안내서는 여러해 전에 시작한 ABRAC의 연구원들의 노력으로 만들어졌다.

Performance standard는 "과학적 연구의 진전을 위해 최소의 장애물을 가지고 잠재적 위험성을 효과적으로 평가할 수 있는 방법에 대한 모델"이라고 말한다. 미네소타대학의 Anne Kapuscinki가 ABRAC 연구그룹을 담당하였다. 이 안내서는 일련의 flow chart와 연구원들이 연구할지 모르는 유전적으로 재조합된 어류와 패류에 대한 안전성을 파악하는데 이용할 수 있는 decision trees를 가지고 있다.

1차 분석은 해양미생물이 상대적으로 단순한 single gene change를 가지고 있는지 혹은 더 복잡한 chromosomal modification을 가지는지 아니면 복잡한 종간 hybridization의 결과인지에 대해 결정된다. 각 분야에 있는 연구원이 우선 의문시되는 미생물의 번식효율과 가능한 문제점을 결정한

다. 그리고 나서 생태계에 미치는 영향과 그 효과들중 어떤 것이 가장 잘 수행될 수 있는지에 관한 의문점을 편지를 통해 보낸다.

Performance standard 복사본은 USDA office of Agricultural Biotechnology, Rm. 3868-S, AG Box 0904, Washington, DC 20250-0904; tel:(202)720-5853, Fax:(202)720-5336에서 얻을 수 있다.

또한 Performance standard의 전자판은 National Biological Impact Assessment Program's Information에 의해 개발되고 있으며, 이곳에서 추가적인 정보를 다음의 Web address에서 제공할 것이다.

☞ http: //www, nbiap, vt. edu Jefferey L. Fox

대한수의사회지 합본판 배포 안내

본회에서 발간하는 대한수의사회지의 연도별 합본판을 한정판으로 제작하여 회원들에게 실비로 배포하고자하니 관심있는 회원님들의 많은 참여를 기대합니다.

합본판 현황

발간년도	권수	발간년도	권수	발간년도	권수
1977-78	7	1986	10	1992	29
1979-80	9	1987	10	1993	29
1981-82	9	1988	14	1994	29
1983	10	1989	11	1995	29
1984	10	1990	19		
1985	10	1991	19		

공급가격 : 15,000원/합본 권당(발송비용 포함)

(송금후 발송처를 통보하여주시기 바랍니다.)

송금구좌 : 은행명 : 농협중앙회 신촌지점

구좌번호 037-17-001052

예금주 : 대한수의사회