미국의 신선야채에서 미생물 저감 정책 동향

Mirobial Hazard Reduction Policies of US to Control Fresh Produce

송미령, 박인희[1], 이종경[1]*

Mi-Ryung Song, In-Hee Park, Jong-Kyung Lee[1]*

숙명여자대학교 식품영양과, [1]한양여자대학 식품영양과

Dept. Food and Nutrition, Sookmyong University, [1]Dept. Food and Nutrition, Hanyang Women's University

I. 서론

최근 유럽 16여개국에서 발생한 (2011년 6월 28일 현재) 병원성대장균 식중독 (Escherichia coli O104:H4) 식중독으로 인하여 세계보건기구 (WHO)에 따르면 유럽 내 3천명 이상 환자가 발생한 사건으로 미생물학적 식품 안전의 문제가 큰 이슈로 부상하였다. 유럽 질병통제예방센터 (ECDC)는 독일을 중심으로 다수의 사상자 원인균은 '시가톡신 생성 대장균 (Shiga toxin-producing Escherichia coli STEC)'으로 로 불리는 변종 세균으로 유전자 분석으로 나타나면서 국경을 초월하여 발생한 대표적 식품안전 문제 사례임을 보여주고 있다. 과거 미국에서도 2006년엔 시금치에 O-157이 오염돼 미국 내 26개주에서 199명이 집단 발병했고 이중 3명이 사망하는 사고도 발생한 바 있다. 이에 따라 각국에서는 야채류에서의 병원성 대장균 안전문제에 대해서 지침을 내는 등 최근 야채에서 병원성대장균이 식품안전의 주요 문제로 부상하고 있다.

본 원고는 미국에서 야채에서의 미생물학적 위해요소를 저감하기 위해서 이 분야에 적용할 수 있는 적용 정책에 대해서 조사한 FDA의 보고서 (Analysis and Evaluation of Preventive Control Measures for the Control and Reduction/Elimination of Microbial Hazards on Fresh and Fresh-Cut Produce, 2001)를 요약하여 야채류에서 미생물학적 오염요소에 대해 살펴보고 오염요소들을 저감하기 위한 관리방안을 살펴보고자 한다. 본 보고서 이후에 미국 FDA에서는 농산물 잎채소, 멜론, 토마토, 신선고춧잎, 신선편이제품, 땅콩류에서 산업체에 지침이 되는 결과물을 산출하였다. 신선, 신선편이 제품의 안전성에 영향을 주는 요인들을 관계기관, 민간, 학계에서 평가할 필요성을 인식한 결과 연구자료, 훈련 프로그램, 산업체에 지도서를 풍부하게 생산해 낼 수 있게 되었다. 본론에서는 미국에서 신선농산물에 대해서 관리프로그램이 등장하게 된 배경과 이를 정부 독자적으로 수행한 것이 아닌 Institute of Food Technologists (IFT)와 함께 학계, 산

*Corresponding author: Jong-Kyung Lee, Department of Food and Nutrition, Hanyang Women's University, 200 Salgoji-gil, Sungdong-gu, Seoul 133-817, Republic of Korea
Tel: +82-2-2290-2183, E-mail: jklee@hywoman.ac.kr

업계와 함께 이 문제를 해결하고자 하였다.

미국의 관리프로그램 관심분야는 크게 식중독 문제 상황, 가령 식중독 발생 수, 병원균의 발생, 병원균의 생육/성장, 미생물학적 오염의 원인을 이해하는 연구 활동, 제품에서 병원균의 존재와 성장을 최소한으로 할 수 있는 방법, 안전성에 관한 포장과 관련된 새로운 기술들, 병원균을 관리하기 위해 부과할 수 있는 방법들에 관한 경제적 영향, 항균제의 효능을 결정할 수 있는 표준화된 방법의 필요성, 과일과 야채의 생산, 가공, 저장과정에서 병원균의 행위를 이해할 수 있는 surrogate 균과 indicator의 역할, 그리고 향후 더 필요한 연구에 대한 부분으로 구성되어 있다.

결론에서는 본 보고서에 대한 총평과 함께 신선야채 안전성 확보를 위한 저감대책에 대해서 기술하였다.

II. 미국에서 신선과일 및 야채에서 안전관리

1. 도입 배경

지난 수년간 전세계적으로 식품공급 관련하여 미생물학적인 안전에 관한 관심이 증가하였다. 우려의 표시로써 국내외적으로 새로운 연구와 시범 프로그램이 시작되었다. 국제보건기구 (WHO)와 같은 국제기구는 식품안전을 최우선으로 선포하였다. 대중의 건강을 보호하기 위한 미생물학적 위험요인을 관리는 미국 모든 식품 규제기관의 주된 관심 분야가 되었다.

많은 식품제품이 미생물의 오염, 생육, 성장과 같은 데에 취약하여 식인성 질병을 야기할 수 있다. 이들 중 신선, 신선편이 과일과 야채가 해당된다. 이들 식품과 관련된 위해의 이유들로는 먼저 이들이 신선제품의 소비가 증가하고 있으며 글로벌 국내 유통 시스템이 변하고 있다는 사실 그리고 균을 완전히 제거하기 위한 가공 단계의 부족 그리고 과일과 야채에서 병원균의 존재를 막을 수 있는 시스템적인 관리방법이 부족하다는 것이 그 이유다.

신선한 과일과 야채는 웰빙과 건강에 중요하지만 1990년대 말부터 미국 재배 및 수입 된 미가공 과일 및 야채에서 식인성 질환의 발생 관련 발견이 증가하고 있다.

1997년 1월 라디오 연설에서 클린턴 대통령은 농장부터 소비자의 식탁까지 총괄적인 측면에서 국가의 식품 공급 안전성을 개선하기 위해 '식품안전 Initiative'를 발표했다. 1997년 5월, 대통령의 식품 안전 이니셔티브의 일환으로, 보건부, Human Services부, 미국 농업부, 그리고 환경 보호기관들이 대통령에게 우려될 것으로 보이는 농산물에 대한 보고서를 제출하였고, 1997년 10월, 클린턴 대통령은 "수입 및 국내 과일 및 채소의 안전을 보장 위한 Initiative"를 발표했다.

대부분의 싱싱한 과일과 야채는 들판과 과수원 같은 무균환경이 아닌 곳에서 재배되기에 야생재배는 처리 시설에 비해 상태 통제가 잘 안되어 있는 편이다. 농산물의 표면은 일반적으로 인간의 건강에 해를 끼치지 않는 미생물로 구성되어 있지만 때로는 낮은 수준으로 인간의 병원균이 농산물에서 산발적인 오염을 발생시킬 수도 있다.

병원균은 수확 때까지 살아남지 못할 수도 있기 때문에 오염은 공중 보건 의미로 여겨지지 않는다. 수확하는 작업자들은 조류 배설물에 오염되었거나 수확 후 관리(병원균을 불활성 시키거나 제거하기 위한 세척, 조리, 필링과 같은 것)가 필요한 명백한 오염이 예상되는 농산물의 수확은 피하도록 교육받았다.

그러나, 그런 수확된 미가공 농산물을 세척, 절단, 포장과 같은 상업적 조작하는 과정에서 병원균에 오염되거나 병원균이 성장 적합한 환경을 제공하는 확률이 커진다. 신선한 농산물과 관련된 식인성 질환의 발병률은 여전히 낮지만, 증가하고 있다는 점이 문제점이고 미생물학적으로 치명적일 수도 있는 물질들을 제거처리 없이 날 것으로 섭취될 가능성이 큰 야채 농산물의 특성상 주목을 끌고 있다.

질병 관리 센터에 따르면, 보툴리누스와 버섯, 샐러드 관련 질병을 제외하면 1983-1987과 1988-1992 사이에 매해 보고되는 농산물관련 outbreaks의 수는 두 배씩 증가하고 있다. 1995년 농산물 관련 질병의 상당한 증가 또한 관찰되었다. Outbreak 데이터는 Shigella 종인 알팔파 싹의 Salmonella Stanley와 오렌지 주스의 Salmonella Hartford, 상추와 부추의 Escherichia coli

O157:H7, 토마토의 A형 간염 바이러스에 관한 것이다.

최근에는 저온살균하지 않은 사과 맛의 Cryptosporidium, 산딸기, 양상추 샐러드와 바질(바질 포함 식품)의 Cyclospora, 저온 살균하지 않은 사과 맛 소다와 알팔파 싹의 E. coli 0157:117, 저며지거나 얼린 딸기의 A형 간염 바이러스, 오렌지 쥬스에 Salmonella Muenchen, 클로버와 알팔파 싹에서 Salmonella spp들에 관한 식중독이 발생되었다.

이들은 미가공 또는 최소한의 가공을 거친 농산물에 관련된 outbreaks만을 예시로 든 것이다. 좀 더 농산물에 대한 총괄적인 자료를 보고 싶으면 식품 미생물 기준 국가 자문위원회에 의해 만들어진 "Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce" (Food Control, 10, 1999)에서 찾아볼 수 있다.

농산물 안전 이니셔티브에 대응하여, FDA 및 미국 농무부는 농산물 산업을 위해 적합한 농업적 업무 지침을 발행했다. "Guidance for Industry –Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables (신선한 과일과 야채에 대한 미생물 식품 안전 위험 최소화를 위한 산업체용 지침)"라는 타이틀의 이 문서는 미가공 또는 최소한의 가공을 거친 신선 과일 및 야채에 대한 미생물 식품 안전 위험의 내용을 담고 있으며 또한 재배, 수확, 세척, 분류, 포장과 같은 적합한 농업적 관리 과정에 대한 지침을 포함하고 있다.

국제 신선 편이 식품 협회 (IFPA)는 신선편이 식품을 "야채나 과일이 신선함을 유지함에 있어 소비자에게 편리함과 영양가 보존을 제공 할 수 있도록 과일 또는 야채를 손질하거나 벗긴 상태의 식품"으로 정의 내렸다.

주스 제품과 관련된 질환의 발병에 대응하여, FDA는 연방 Register에 공표된 과일, 야채 주스 제조에 대해 안전하고 위생적인 처리 절차를 제안 했다 (1998년 4월 24일). 제안된 규칙은 주스 생산을 위해서 해당 공장은 HACCP 인증 시스템을 사용해야 한다는 것이었다. 이 문서는 병원체에 5 log 감소를 달성하는 방식으로 처리되지 않은 쥬스 제품에는 이를 알리는 경고 문구를 붙이게 된다는 내용이다. 이 규칙은 7월 1998 (63 FR 3703 1)에 완성되었다. 이 규칙은 타 제품까지 적용할 수 있도록 최종 완성(63 FR 3703 1)되어 1998년 9월에는 사과주스에 대해서, 다른 쥬스에 관해서는 11월에 영향력을 발휘하게 되었다.

2. FDA와 IFT의 공동작업

FDA는 이 문제를 해결하기 위해서 IFT와 협력하여 과학적인 문제를 해결하고자 하여 다음과 같이 업무사항에 대해 함께 협의하였다. 이 영역은 3개 영역으로 구성되어 있는데 IFT는 협력사항으로 1) 과학 문헌을 검토해야 하고 2) 학술 전문가 의견을 도출하는데 3) 다른 정부기관의 요구사항을 고려해야 한다고 하였다. 아래는 IFT에서 협조해야 할 사항이다.

1) 농산물 · 신선편이 식품의 병원성 오염에 기여되는 생산 절차 특징에 대해 심도 있는 review를 해야 한다. 다음과 같은 사항에 각별한 주의를 필요로 한다. (1)농업용수 (관개용수 등 재배 환경에서 사용되는 물)와 가공용 물(세적, 냉각, 왁싱, 운반등과 같이 수확 후 사용되는 물) (2)거름, biosolids, 동물의 배설물 (3) 공정 과정에서의 설취류 동물, 벌레, 새, 먼지 (4)노동자의 건강과 위생의 공헌, 위생시설 포함 (5)열악한 농장 위생 (6) 포장 시설과 운송에서의 조건

2) 농산물과 신선편이식품에 고려되는 특정 병원균 (예,Shigella, Salmonella, E. coli, Listeria, Cyclospora, Cryptosporidium, Hepatitis A virus 등) 에 대한 정보를 제공해야 한다. 이 정보는 제품과 병원균 간의 상호작용에 대한 것, 식물의 오염되기 쉬운 특정 부위에 대한 정보, 병원균이 좋아하는 식물에 대한 결합, 침투, 공격에 적합한 특성을 포함한다.

3) 수확한 농산물과 신선편이 식품에 현존하거나, 발생할 수 있는 병원균에 대해 자세한 검토를 수행해야 한다. 이 정보는 농산물에 적합한 살균제에 대한 내용과 농

산물의 물리적 변화에 따른 병원균의 생존, 성장, 내면화와 관련 된 환경 조건에 대한 내용을 포함해야 한다.

4) 농산물의 신선한 상태를 유지시키면서 병원균을 제거 또는 줄이는 다양한 방법에 대한 정보를 제공해야 한다. 그 중의 일부는 다음과 같다.

(1) 염소, 오존, 유기산, 인산, 조사(자외선, 감마선 등), 천연항균오일성분, 식물 색소, 세재, 물리적인 제거 (세척 및 껍질제거), 스팀처리와 살균제처리를 조사연구한다. 이런 처리작업을 어떻게 수행하는지, 작업조건을 최적화하고, 효과는 어떠한지, 사용에 제약점 (온도, pH, 산화환원작용), 모니터링의 도구/방법 (예: 활성 염소 수준)을 살펴보고 시작할 때, 중간에, 공정 후에 처리의 효율성을 확인하여야 한다. 마지막으로 비용 편익에 관한 정보를 살펴보아야 한다.

(2) 포장기술은 modified atmosphere packaging (MAP)이나 controlled atmosphere packaging (CAP)이라는 공기조성의 변화를 이용하여 포장을 하는 방법으로 필름종류와 필름의 특성에 관한 적절한 정보에 관해서다. 이런 정보는 추가적인 병원균의 포장기술을 사용함으로 인해 발생하는 위해를 포함해야 한다. (예를 들면 변화된 공기조성은 어떤 부패미생물의 성장과 생육을 저해할 수도 있으며 병원균에게는 오히려 성장과 생육에 더 적절한 환경을 제공하게 될 수도 있기 때문이다). 추가적으로 미생물에 의한 식품안전 위험요소들을 최소화하고자 재배와 공정중에 특별한 도구를 사용할 수 있는지 그리고 냉장과 저장이라는 방법을 이용하여 병원균을 관리할 수 있는지에 관한 정보를 제공해야 한다.

5) 산업체 적용 저감기술에 대해 가장 강한 저항을 보이는 공중 보건 우려 미생물에 대한 정보를 제공해야 한다.

6) 대규모, 소규모 산업체 적용 저감기술 사용에 적합성을 평가(예를 들면 가공 승인, 유기농 제품 인증의 손실, 소비자 수용 등)하는데 있어 장애물은 무엇인지 이런 기술을 얼마나 지속적으로 사용할 수 있을 것인가 하는 추가적 정보를 제공해야 한다.

7) 위에 언급한 처리 효과를 검증하기 위해서 지표균(indicator)을 검토해야 한다. 이 리뷰는 대체 미생물(surrogate), 자연적으로 발생하는 미생물 균총, 그리고 병원균에게 적합한 조건에 대한 조사를 포함한다.

3. 병원균을 관리하기 위해 부과할 수 있는 방법들에 관한 경제적 영향

안전시스템을 생산하는데 있어서 경제성을 결정하는데 있어서 복잡한 요인은 현재 이용되는 비즈니스 모델이 다양하다는 점이다. 대규모 제품 회사들은 수직적으로 여러 회사들이 통합되었을지 모르며 (농장주/선적업자/가공업자) 생산, 마케팅, 유통에 이르기까지 전 분야에 걸쳐서 통제되고 있을 수 있다. 다른 회사들은 순서대로 단순히 특정 작물을 키우고 마케터와 유통 업자에게 팔아 식품서비스업과 소매영역에서 판매되도록 할 수 있다. 또는 마케터와 유통업자는 작물을 키우지 않고 마케팅과 유통만 담당하며 제품에 브랜드에 관한 라벨을 붙이고 포장하는 포장소만 소유하고 있을 수 있다.

농장처럼 포장소 운영은 항상 커다란 회사로부터 관리되고 있지 않을 수 있어서 효과적인 안전을 확보하는 과정을 적용하는데 재원을 가지고 있지 않을 수 있다. Co-ops(생활협동조합)나 특정 제품 생산 그룹같이 소규모 농부의 그룹을 대표하는 경우 회사와 같은 수준의 자원들을 가지고 있지 않을 수 있거나 아직 많은 회사들처럼 포장 시스템을 운영하고 있지 않을 수 있다.

포장하우스 운영은 GAP 가이드 라인하에서 제품을 보존하고 포장하도록 디자인되어있는데 GMP에서는 제외되어 있다. 운영크기와 상관없이 식품안전프로그램은 모든 포장소에 부과되어 있어야만 한다.

어떤 구매자들은 공급자들로 하여금 어떤 기준을 찾아내고 효과를 테스트하고 난 이후에 제품을 구입해서 확인하고

제 삼자로 하여금 오디팅을 요구하여 엄격한 안전 기대치를 충족시키도록 한다.

이런 요구는 제대로 된 안전프로그램을 추구하도록 생산업자들에게 유도하지만 산업체는 위해를 줄이기 위해서 더욱 과학적인 답을 제품 공급자에게 요구한다. 오염을 줄이기 위한 효과적인 단계들은 공급체인의 각 단계들 사이에서 협동을 통해서 유통시스템을 통해서 부과하여 효과를 발휘할 수 있게 할 수 있다.

최근 십여년 동안에는 중, 대규모 회사들이 통합이라는 단계를 통해서 지금까지 없었던 성장을 경험하였다. 합병은 비용을 줄이고 생산량을 늘이는 시도로 일방적으로 계속되었다. 반면에 작은 회사들은 틈새시장에서 접근하기 좋은 적당한 방법들과 독특한 요구들에 부응하는 방식으로 번창하였다. 수입증가, 새로운 종을 개발하기 위한 생명공학 기술 활용, 편이 식품에 대한 지속적 요구, 장기간의 유통기간에 관한 요구에 관한 마케팅의 다양성이 과일과 야채 생산과 관련된 식품안전 측면에 영향을 주었다.

오염물질을 줄이거나 제거하기 위해 개발된 저감전략들은 소규모와 대규모 농장과 가공업체에 이들이 제공할 수 있고 효과적이며 효율적인 관리방법을 확신하는데 도움이 되도록 대부분 유연하게 적용되었다.

1) 경제적 배경

오늘날의 소비자는 신선한 농작물의 특유의 맛, 편리성, 가공과정을 거치지 않았다는 점에 대한 인식이 높아졌고 그에 따라 오늘날 신선농산물은 바람직한 음식으로 여기고 있다. 이 특성은 모두 건강 지향적이고 시간적 여유가 부족한 소비자에게 매력적이기 때문이다. 이런 소비 경향은 전국 레스토랑과 슈퍼마켓에서도 두드러졌으며, 그에 따라 지난 10년간 과일과 야채산업은 꾸준히 성장해 온 것을 볼 수 있다. 성장하고 있는 신선 농산물 시장에 따라 해당 업계는, 미생물 위험 요소로부터 소비자 보호에 더 많은 주의를 기울여야 한다. 어떻게 산업 구조와 시장의 압력이 농산물 안전성에 영향을 끼칠 수 있는가? 식품 안전 보호 시스템에 드는 비용은 얼마나 되며 누가 그것을 재정적인 방법으로 성공적으로 부과할 수 있겠는가? 이 질문들은 신선 농산물 산업에 관해 중요한 질문이 된다.

2) 신선 농산물의 시장 구조

다양한 시장을 통한 신선 농산물의 이동과 유통은 다양하다. 이러한 시장의 다양성은 식품 안전성을 보장하기 어렵다. 유통 과정의 복잡한 단계는 잠재적인 오염에 대한 기회를 증가시키기 때문이다. 이러한 구조로 인해 만약 미생물 오염이 발생하더라도 원인을 찾으려고 유통 채널을 역추적하기란 쉽지 않으며 이는 식품 안전성을 조사할 때나 농산물 리콜을 행함에 있어서 경로가 다양하게 되기 때문에 미생물의 오염의 근원을 찾는데 방해가 된다.

오늘날, 신선 농산물 산업은 직원 대상 교육과 역추적 시스템을 만들어 부과하는 것에 집중하고 있다. FDA와 산업체 협회 가령 IFPA와 같은 협회는 과일과 야채의 위해 요소를 줄이는 지침 요소를 제공하고 있다.

(1) 산업의 규모.

1997년 신선 농산물의 소매시장과 단체급식시장은 1997년 708억에 달하였으며 이는 1987년의 346억에 비해 두 배에 가까운 수치이다. 구체적으로 살펴보면 지난 10년간, 단체급식업체 시장은 15% 증가 하였지만, 소매에서의 점유율은 같은 기간 16% 감소한 것으로 추정된다.

소비자들의 수입 증가와 시간적 여유 감소로 인해 직접 요리하는 경우가 줄어들었으므로 소매 시장에서의 수요 감소는 예상된 결과였다. 그러나 1인당 신선 농산물 소비는 1987년의 284파운드로부터 1997년 319파운드로 증가하였다. 앞에 언급했듯이, 이런 경향으로 인해, 농산물 산업은 재배부터, 수확, 포장, 처리공정, 유통에 이르는 총괄적 시스템에서 식품 안전을 위한 개선의 필요성을 갖게 됐다.

신선 농산물 시장에서 신선 편이 식품은 앞에서 언급된 대로 '수확 후 세척, 박피, 절단과 같은 물리적 처리만을 하여 신선함은 그대로 유지한 상태의 야채나 과일' 이라고 정의 되어 왔다. 소매와 단체급식에서 신선편이식품은 2000년 110억으로 추정하였는데 이는 신선 편이식품이 등장한 초기

1980년대에 비해 급속도의 성장이 이루어진 것이다. 편리성에 대한 수요는 부가 가치 상품의 성장을 일으켰고, 신선 편이 식품 시장 성장은 가까운 미래에도 계속 될 것이다. 시장이 지속적으로 성장함에 따라, 신선편이 산업은 재배자, 그리고 유통업자들과의 작업에서 신선 편이 상품들을 안전하고 위생적인 조건에서 생산하고 고품질, 안전 상품을 얻기 위한 작업에서 도전에 직면하게 되었다.

미국의 과일, 야채의 수입이 1987년 20억 달러에서 1997년 41억 달러로 증가 하였다. 또한 농산물 일반 식료품점에서 판매되는 농산물의 수는 현재 345가지인데 이는 1987년 173가지에 비해 두 배에 이르는 것이다. 이런 최근 소비자 수요의 다양함을 충족시키기 위해 미국의 소매업자들은 수입에 의존하곤 한다. 농산물 수입의 증가는 제품이 열악한 생산 기준아래에서 재배되었거나 오랜 기간의 유통동안 잘못 다루어진다면 오염에 노출될 가능성을 증가시키게 된다.

유기농 제품 또한 지난 10년간 급격한 성장을 이루었다. 2000년대 40억 달러의 매출이 추정된다. 유기농 제품 산업은 앞으로 3년간 7%의 매출 성장을 목표로 하고 있다. 분명, 일부 소비자들은 유기농 제품이 환경 친화적인 식품에 대한 사람들의 욕구를 충족시킨다고 여긴다. 그들의 상품 수요 증가에 따라, 생산은 증가하고 가격은 감소될 것이다. 그리고 외식업체와 식료품에서도 좀 더 합리적인 가격으로 유기농 제품을 접할 수 있을 것이다. 최근, 이런 유기농 제품 보증을 운영하는 국가적 규제의 도입은 정부와 지방의 조화를 이룰 것이다. 그러나 이러한 규정은 식품 안전성이나 영양적 측면을 해결하지 않고 있다. 그러므로 유기농 제품 생산자들은 종래의 생산자들과 마찬가지고 생산 전반 걸쳐 GAP와 GMP를 활용할 필요가 있다.

(2) 통합 경향

업계에 영향을 미치는 하나의 주요 트랜드는 구매자들끼리 통합하여 결과적으로 공급자 끝에서의 통합을 유도하게 된다. 1999년, 미국의 유통체인의 최고 8개 소매 체인점의 판매는 2000년 1월 31일자로 2270억 달러로써 이는 전체 식품 소매 산업 매출인 4610억 달러의 49%를 차지하고 있다. 산업은 몇 년 안에 5개 판매 체인이 전체 소매 산업의 50%를 차지할 것으로 예상하고 있다. 이미 몇몇 회사가 산업의 많은 부분을 차지하는 추세는 식품 유통산업에서 이미 실현되고 있다.

Refrigerated & Frozen Foods Magazine (Anonymous 2000)에 따르면, 세개 주요 식품서비스 유통회사의 판매 점유율은 32에서 43%로 성장했다고 하였다. 분명, 식품무역에서 공급체인을 점유하는 경향은 계속되고 있다.

최근의 구매자 통합 경향은 다음의 몇 가지 결과를 낳았다.

a. 보다 정교한 회계 및 재고 관리 기술을 필요로 한다.
b. 품질과 안전에 대한 새로운 기준을 충족시켜야만 한다.
c. 유통마진을 관리하기 위해 중간업자 제거는 불가피하다.
d. 구매자들의 수요를 충족시키기 위해 제품의 가격은 일관되며 저렴해야 한다.

증가된 부피, 새로운 기술, 숙련된 브로커의 부족, 중간업자의 부족은 유통 시스템에서 새로운 영향을 미치게 될 것이다. 예를 들어 대량 구매업자는 더욱 직접적인 관리를 원하게 되어 제품에 대해서 더 정확하고, 가격을 절약하며, 더 나은 품질시스템에 안전성관리가 된 제품을 원한다. 생산자 서비스로 식품안전요구를 들어주어야 한다는 요구는 확장될 것이며 구매자는 품질과 안전성에 대한 기준을 가지고 생산자, 포장업자, 가공업자 그리고 유통업자에게 제품의 특이사항에 대한 준수를 하도록 계속 영향을 주게 될 것이다.

상품을 지속적으로 판매하기 위해서, 재배자들은 통합하고, 파트너쉽을 형성하거나 그들의 서비스를 확장하기 위한 자원 투자가 필요할 것이다. 최근 통합 트렌드는 중대형 기업으로 하여금 그들의 자원을 통합, 기업합병, 혹은 지역 조합을 형성하거나 다른 재배업자들이 큰 대형농장으로 협동하거나 혹은 소매업자와 foodservice 체인등 새로운 통합 업체를 창설하는 것을 유도한다.

거대한 규모의 수요자들의 소매와 식품 서비스 체인에 대한 요구를 만족시킬 수 있는 다른 보다 큰 통합 농장이나 상

품 기반 집단을 형성한 재배자를 확보함으로써 자원을 통합시키도록 한다.

제품을 계속 마케팅 하려면 재배업자들은 서비스의 일환으로 통합, 협력, 시설투자를 해야 할 것이다. 최근 통합 경향은 중, 대규모 재배업자 사이에 이들 시설을 결합하게 하였다.

소규모 농장의 성공여부는 특별함을 공급하느냐 이런 제품 아이템에 달려있다.

업체 규모와 상관없이, 식품 안전을 농장 운영에 있어 신경을 써서 농업운영에 있어서 하나의 부분으로 만들고 변화를 일으킨다면 모든 농업 운영은 규모와 상관없이 이익을 낼 것이다.

(3) 국제적 유통 경향

앞에서 언급했듯이, 미국은 신선 제품을 대량 수입하는 경향을 띠고 있다. 소매업이나 외식업체들의 주문 양은 수입절차를 성사시키기엔 충분하지 않아 수입은 주로 도매업자들에 의해 이루어진다. 도매업자들에 의해 수입된 상품들이 미국에 도착하였더라도 최종 소비자까지는 아직 긴 여정이 남아있다. 저장 된 상태로 이동 때문에 많은 환경에 노출될 수 있고 어떤 제품은 미국요구사항에 맞추기 위해서 취급처리를 증가시키거나 어떤 수하물은 검역절차를 밟기 위해서 더 긴 저장 시간을 소요할 수 있다.

과일과 야채의 글로벌화한 조달 시스템은 일년내내 다양한 상품들의 접근을 가능케 하지만 오염에 노출될 가능성에 추가적인 가능성을 더 많이 제공하기도 한다.

몇몇 노력들이 현재 세계적인 생산을 위해서 식품 안전 기준을 조화시키는 작업이 진행중이다. 미국 FDA는 GAP라고 알려진 최소한의 권고 기준을 미국업체뿐 아니라 미국에 과일과 야채를 공급하는 국제시장에서도 수립하였다. 이러한 가이드라인은 국내와 해외 농산물 생산 및 생산을 위한 운영을 포함하여 오염을 최소화하는 데 도움을 줄 수 있을 것이다.

또 FAO와 WHO의 Codex Alimentarius Food Hygiene Committee는 신선과일과 야채 (특별히 신선편이 제품과 새싹에 대한 Annex 첨부)에 관한 위생 가이드라인 (Draft Code of Hygienic Practice for Fresh Fruits and Vegetables)을 2003년 통과시켰다 .

(4) 컴퓨터 기술

미국에서는 식품생산에 수입만이 영향을 주는 것이 아니라 기술 혁명이 또한 식품제조, 유통, 구매에 주된 영향을 준다. 세계시장은 혁신과 신속한 기술변화를 통해 세계화 되고 있다. 더욱 중요 한 것은 아마, 기술이 회사의 제조방법과 무역에 있어 변화를 주고 있다는 것이다. 텔레커뮤니케이션 진보와 소형화를 통한 컴퓨터 기술의 세계화와 함께 회사의 상품들과 서비스는 여전히 지역적이지만 세계화된 운영시스템을 사용하고 있다. 예를 들어 작은 농장은 그들의 농작물을 인터넷을 통해 팔고 선박을 통해 세계각지로 지정된 날짜에 운송한다. 반대로, 큰 회사들은 세계적인 저비용 지역이나 전문성 있는 생산운용방법을 사용하여 특수한 생산품이나 서비스를 발전시킬 수 있다. 이런 종류의 발전이 이루어지면서 가까운 미래엔 훈련이나 급료 총계와 같은 사무실에서 일어나는 단순한 일 조차도 집중화되어 보다 적은 비용이 가능한 세계의 다른 지역에서 훈련된 전문가들에게 맡겨지게 될 것이다.

산업에서 새로운 기술이 생산과 마케팅에서 적용되어 왔지만 과일과 채소는 결국에는 부패하기 때문에 더욱 개인적 구매 행태가 널리 행해짐에 따라 전자상거래기술을 통한 새로운 세일즈 거래 시스템은 수용이 늦은 편이다.

그러나 텔러커뮤티케이션 그리고 컴퓨터들의 사용 증가를 통해 얻은 협력에 따른 비용절감으로 인해 산업은 지속적으로 미래에 기술을 활용하여 사업적으로 기술을 이용하고 식품 안전 프로그램은 컴퓨터화를 통해 향상시키게 된다. 예를 들어 새로운 시스템은 컴퓨터화 라벨방식을 통해 향상된 추적시스템을 포함할 것이고 물소독법을 위한 자동화학식품공급시스템을 통한 보다 개선된 물의 소독, 그리고 재배자, 포장업자, 물류제공자, 유통업자들 사이의 직접 의사소통은 작업 실행에 효과적이다.

이 기술을 통한 새로운 단계의 의사소통은 지속적으로 생산자부터 소비자까지 식품 유통업의 확장에 공헌할 것이다.

효과적인 비즈니스 영업에 뿐만 아니라 의사소통기술은 소비자들의 쇼핑 습관에 영향을 끼치는 중이다.

오늘날 소비자들은 인터넷을 통해 식료품을 구입할 수 있고 그것은 집으로 배달된다. 인기 있는 생산 필수품도 이 시스템에 적용되는데 그러나 식품 안전 기준의 유지는 소비자와 신용을 쌓고 주문을 반복하는데 있어서 절대적이다. 또한 소매업자들은 물건을 인터넷으로 주문하고 운전석에서 창문을 통해 받는 고객을 위한 새로운 형태의 상점까지 나타날 수 있다. 즉석요리를 파는 지역은 편리해야 하고 건조, 냉장, 냉동의 세가지 보관이 가능해야 한다. 그러므로 저장고와 그것의 운용은 이 시스템에서 소비자 신용을 보존하는 새로운 역할을 가질 것이다.

3) 농산물 산업에서 식품안전 시스템

과일 및 야채는 주로 날 것 또는 최소한의 조리로 섭취된다는 점에서 특이한 식품이다. 데이터에 따르면 효과적인 저감화 전략이 개발되어왔다. 그러나 여전히 그 전략은 조리없이 섭취하더라도 식품 안전 위해로부터 안심하도록, 식품의 미생물을 완전히 제거하는 단계에 이르진 못했다.

그러므로 신선한 과일 및 야채에서 병원균 오염과, 화학잔존물의 위험 수준 혹은 물리적 오염에 대해 오염물질의 예방하는 것이 인간이 섭취하는데 있어서 안전한 식품임을 확신하는 방법이다.

(1) 농산물에 관한 정부의 식품안전 관리

과일 및 야채의 재배, 수확, 수확 후 처리, 절단 과정 동안 안전성을 확신하기 위한 시스템으로 신선편이 가공공정은 세가지 예방 프로그램 범주로 나뉜다. 식품 안전성을 확보하기 위해서 병원균 오염의 감소나 제거를 위해 FDA는 농장과 포장 공장에 대해 GAP지침서를 발간했다. FDA는 또한 GMP 규정을 공표했다. 이것은 신선 편이 식품 공장을 포함한 모든 식품 가공 시설을 대상으로 한 것이다. 최근에 HACCP 활용이 자발적으로 이루어지고 있다. 식품 가공 산업은 식품 안전 프로그램의 일환으로서 HACCP을 이용한다.

a. Good Agricultural Practices (GAP)

GAP 규정은 채소와 과일 상품의 다양성으로 인한 특성상 광범위하고, 또한 농장을 위한 권고 사항을 확립하기 위한 충분한 자료가 없기 때문에 테스트와 감시 규정을 포함하고 있지 않다. 미생물학적 위험을 판단하기 위한 추가적인 정보는 도움이 될 것이다. 예를 들어 규정이 재배자에게 미생물학적으로 안전한 관개수를 사용하는 것을 확인하고 제시할 수 있지만 농장에서 안전성을 보장할 수 있는 과정을 확신할 수 있는 최고의 과정을 알아낼 수 있는 자료는 없다.

GAP 프로그램의 시행은 세 가지 구분되는 양상으로 나뉘어진다. 하나 혹은 여럿의 수원과 인접해 있는 구획의 땅의 농장이라고 묘사된 것을 가정하여 비용은 다음과 같이 나눈다. 1) 현재 시스템에 관한 평가; 2) 화학적, 물리적, 미생물학적 오염을 예방하기 위한 조치를 취하는데 필요하다고 예상되는 초기 요구 평가 혹은 감시; 그리고 3) 특정 생산 구획의 지속적인 수행과 추적을 확인하기 위해 필요한 자료 수집 이렇게 세가지로 구성되어 있다.

비용: 농장 당 auditing에 $300-500 요구

일단 초기 평가가 시행되고 나면 재배자는 확인된 위험을 경감시키기 위한 새로운 절차를 수행하기 위한 단계를 밟아야 한다. 비록 오랜 시간에 걸친 과정 상 변화의 다양성 때문에 모든 비용을 예상할 수는 없지만, 이하의 단계들은 평균적인 규모의 농장이 직면하는 전형적인 예이다. 일반적인 포장방법이 전국에서 사용될 수 있도록 개발된다면 훈련과 자료 수집의 비용은 최소화 될 수 있을 것이다.

- 재배지와 포장 과정의 E.coli 수질 테스트
- 포장 과정의 환경에 존재하는 Listeria swabs 채취
- 노동 비용
- 청소와 위생
- 식품 안전 프로그램의 관리
- 자료 보존

식품 안전 프로그램 검증– 일단 프로그램이 시행되면, 검

증을 위한 독립된 제 삼자의 무작위 추출에 기초한 검사는 매우 가치가 있다. 그 과정은 시각적 관찰, 자료의 검토, 피고용자 인터뷰와 완제품 테스트가 포함된다.

비용: 농장 auditing 비용 $300-500

b. GAP 비용 다양성

GAP 식품 안전 프로그램과 관련된 비용은 다양한 요소에 의해 매우 다양하다. 대규모 재배자/운송자는 기업내에 위험을 평가하기 위한 전문적 기술과 식품 안전 위험을 경감시키기 위해 고안된 프로그램을 갖고 있을 수 있다. 보다 소규모의 재배자들은 전문 기술이 기업내에 없기 때문에 위험 평가를 위한 전문적 기술과 식품 안전 프로그램의 고안을 아웃소싱할 것이다. 농장에서 식품 안전 프로그램을 수행하고 고안하는 비용은 이하 내용에 의해 다양할 것이다.

독립적인 제3자 감시인들은 재배자들이 식품 안전 프로그램을 개발하는 것뿐만 아니라 식품 소매상과 식품서비스 구매자들이 생산 공급자들의 GAP 수행을 감시하는 명령에 있어서 중요한 역할을 수행한다. 농산물 직매 비용을 낮추기 위해 구매자들이 재배자들과 파트너과 되어 책임을 나누기 위한 식품 안전 프로그램을 개발하는 경우도 있다.

현재, FDA의 GAP가 단순히 지침이기 때문에 그 수행이 의무가 아니다. 이는 GAP나 식품 안전 프로그램을 수행하지 않는 재배자들에게 시장에서 경쟁적 이점을 줄 수 있다. 왜냐하면 그들은 식품 안전 프로그램을 개발하고 유지하는 비용을 지불하지 않아도 되기 때문이다. 그러나 점점 늘어나는 식품 안전에 대한 인식으로 인해서, 이런 농장들은 결국 시장에서 지속적으로 존재하기 어려움을 겪을 수 있다. 왜냐하면 식품 서비스와 소매 시장의 소비자들이 그들의 공급자들에게 이러한 프로그램의 증거를 요구하기 때문이다.

농작물 재배물은 생산물, 공급력과 수요력, 그리고 재배자의 위치와 관계된 직접적인 비용으로 인해 농산물 직매는 가치를 갖게 된다. 어떠한 주어진 상품의 식품 안전 혹은 GAP 프로그램 수행 비용은 생산물에 어떠한 재배 과정이 포함되어 있느냐에 따라 명확한 차이를 보인다. 따라서, GAP 수행 비용은 저가 상품의 농산물 직매 생활에서는 높은 비중을 차지할 것이다.

c. GMP와 HACCP

GMP는 농산물 가공업자에게 지시된 FDA 규정이며 미합중국 연합 규정의 법률 21(CFR) Part 11.1 – 110.99에 명시되어 있다. GMP는 공중 위생 설비에서 노동자의 장신구 금지 규정까지의 모든 가공 환경을 다룬다. GAP와는 다르게 GMP는 가공 환경의 영역을 정의해왔고, 가공 활동에 포함되고 관리될 수 있는 가공 활동으로 영역이 쉽게 규정되어왔다.

HACCP는 의무는 아니지만, 생산 환경에서 식품 안전 업무 수행의 유용한 도구로 신선편이 가공업에서 받아들여져 왔다. HACCP는 위험요소를 확인하고, 운영상의 기준을 고수하기 위해서 생산된 것을 모니터링하고, 그리고 fresh-cut 생산 설비의 효과적인 기록 보존 시스템의 개발에 적합하다. 선결 프로그램에 대한 주목과 함께 농산물 가공업자는 식품 안전 프로그램을 부과하고 종합하기 위해 HACCP를 수행할 수 있다.

HACCP는 식품 안전성을 위한 접근방식임을 의미하지만 HACCP는 단순히 전체적인 식품 안전 프로그램의 단순 부분 혹은 도구에 불과하고, GAP, GMP 그리고 적절한 공중 위생 계획 같은 선결 프로그램 없이는 수행될 수 없다.

HACCP와 GMP 수행의 비용 측정은 전문 경제학자 집단의 분석을 필요로 한다. 한 예로써, 표 I은 FDA fresh 주스 법규 (FDA2001)에 관한 최종 규정에 의해 산출된 최근의 fresh 주스 수치와 비교한 전형적인 중간 규모의 fresh-cut 가공 설비에 대한 HACCP와 GMP의 평균적인 비용을 나타낸다. Fresh-cut 설비의 비용은 미 중부에 위치한 중간 규모의 작업장의 지난 2년 간 실제 평균된 가격을 기반해서 나온 값이다.

비록 이러한 작업 과정이 유사한 생산물을 사용하고, 유사한 생산 활동을 거치지만, 주스 설비비용은 몇몇 지역의 fresh-cut 작업 비용으로 인해 달라진다. 한 예로 병원균 통제를 위해 생산라인 안에서 작업비용은 달라진다. 병원균 관리는 단지 fresh-cut 가공업자의 세척수 단계에서만 적용

가능함에도 불구하고 주스 비용은 제각기 다르다. 또한 저온 살균 시스템의 설치를 위한 초기 비용이 염소 소독에 비해 많이 들지만, 연간 발생하는 비용은 유사하다.

또 다른 차이는 항목 3, 표준 운영 기준 감시에서 발생한다. 주스 가공 업자는 표 1의 항목 6에 기술된 것과 같은 저온 살균 같은 병원균 통제에 의지 하고 있지만, Fresh-cut 가공 업자의 식품 안전 프로그램은 위생 설비나 오염 예방을 위한 GMP같은 선결 프로그램에 전적으로 의지하고 있다. 표 1의 항목 9에 보면, 사외 검사 비용은 다른데 그 이유는 fresh-cut 가공업자들이 사내 실험실을 갖지 않기로 결정하였기 때문이다. 따라서 그들은 모든 미생물학적 테스트는 사외 실험실로 보낸다. 다른 차이들은 서로 다른 경영 철학에서 대부분 기인한다.

4) 병원균을 감소 또는 제거를 위한 저감 전략의 경제학

(1) 농장에서

최근에 생산 산업에서의 병원균을 줄이기 위한 저감 전략 이행의 깊이는 안전의 인지와 자원의 활용가능성에 의존하고 있다. 매우 종종, 큰 스케일의 재배자/선적업자들은 몇 소비자들에 의해 더 엄격하게 강요되는 요구에 부합해야 한다. 왜냐하면 그들은 필요 되는 장비와, 절차 훈련과 모니터링 투자에 가장 큰 자원을 갖고 있기 때문이다. 일반적으로, 재배자에게 추가적인 자원은 더 많은 고용인 훈련, 일꾼들을 위한 위생적인 설비의 집중 그리고 병원성의 박테리아의 근원을 알아내는데 추가적으로 자원이 필요하다. 잠재된 위험요소에 대해서 생산지에서 다양한 조합은 GAP에서는 요구받지 않고 있지만 농산물 운영하는데 있어서 다양한 단계와 관련된 위해를 결정할 수 있도록 시험하고 있다. 또한, 재배

<표 1> 신선편이농산물과 쥬스 가공에 대한 식품안전 프로그램의 비용 비교 (예)

		초기비용		연간유지비용	
	활동	쥬스	신선편이	쥬스	신선편이
1	SOP 개발	$813.33	$450	$0.00	$0.00
2	SOP 선결 프로그램	$575.00	$500	$0.00	$0.00
3	모니터링/SOP 문서화	$396.67	$12,140	$396.67	$12,140.00
4	위험요소 분석	$958.33	$600	$0.00	$0.00
5	HACCP 계획	$1,950.00	$1,900	$0.00	$40.00
6	병원균 관리	$17,863.05	$2,500	$13,333.33	$13,752.00
7	자연 독소 통제	$173.33	$0	$173.33	$0.00
8	살충제 통제	$163.33	$0	$163.33	$0.00
9	사외 테스트	$0.00	$20,000	$0.00	$20,000.00
10	교정 활동 계획	$130.00	$80	$0.00	$0.00
11	교정 활동	$1,288.33	$2,500	$313.33	$800.00
12	검증	$1,201.67	$650	$1,201.67	$650.00
13	Validation	$3,605.00	$2,600	$2,670.00	$2,600.00
14	제조 과정 검증	$1,273.33	$700	$1,273.33	$700.00
15	HACCP 모니터링/자료 보존	$2,888.33	$3,500	$2,888.33	$3,500.00
16	자료 유지	$1,156.67	$1,000	$1,156.67	$1,000.00
17	HACCP 조정	$4,983.33	$2,000	$0.00	$100.00
18	피고용자 훈련	$860.00	$3,000	$0.00	$600.00
19	수입자	$2,000.00	$0	$1,000.00	$0.00
20	외국 가공업자	$13,333.33	$0	$11,666.67	$0.00
21	총계	$55,613.05	$54,120	$36,236.67	$55,882.00

자에게 예방적 수단과 재배지에서의 위험요소를 처리하기 위한 효과적인 처방에 대한 적합한 제안에 관한 추가 연구가 필요하다.

(2) 포장소에서

많은 양의 과일과 야채가 시장으로 분배되기 전에 결합되기 위한 중심적 위치로서 포장소의 역할은 중요하다. 그들은 냉장하고, 씻기고, 손질하고, 그리고 선적하기 위해 상품을 포장하는 데에 매우 중요한 역할을 한다. 이러한 작업은 개인적인 재배업자/선적업자나 많은 작은 농부들이 소유하는 Co-ops(생활협동조합)에 의해 소유될 수 있다. 병원균이 제품의 더미에서 확산 될 수 있기 때문에 좋은 위생 절차는 필수적이다.

포장소는 자원을 장비와 빌딩을 위한 위생 프로그램 개발, 직원 교육, 그리고 물의 질 보존을 위해서 자원을 할애할 필요가 있다. GAP 문서는 직원의 위생상태 그리고 포장소에서 기기작동에 중요한 위생적인 절차에 대해서 간략하게 규정하고 있다.

(3) 신선편이야채 공장에서

농장과 달리, 식품 안전 가이드라인은 신선편의 식품 생산 과정에서는 잘 문서화 되어 있어왔다. GMP는 모든 식품 생산자와 신선편의 식품 생산을 위한 FDA 규제의 한 부분이다. 산업은 그 스스로 IFPA(Gorny 2001)을 통해서 "Food Safety Guidelines for the Fresh-cut Produce Industry"를 발행하였다. IFPA 가이드라인은 HACCP모델 계획, 위생적 설비 디자인, 항균제의 적절한 사용과 같은 식품안전기준들과 GMP를 통합하고 있다.

세부적으로, 병원균 오염의 감소나 제거를 위한 저감 전략은 안전한 신선편이 제품생산을 위해 증명된 항균제 뿐만 아니라 여기서 쓰이는 것과 같이 이점과 불이익을 포함한다. 이런 항균제는 대략 가공에 사용되는 물에 병원균이 없도록 먼저 항균제를 가공하는 물에 사용하는 것으로 야채나 과일의 표면이 위생적으로 되는 것을 의도하여 사용하는 것은 아니다. 아래 표는 소규모에서부터 중간규모의 신선편이 운영을 위해 세척수에 대부분 사용하는 항균제의 비용에 대해서 상세히 나타내주고 있다. 이런 세척수의 소독과정은 각각 효율이 동일해야 한다.

위의 표는 물을 이용한 냉각이나 세척과 같은 생산 가동을 위해, 대부분 널리 사용되는 세척수 소독 시스템을 위한 자본과 운영에 드는 비용에 관한 표이며 다양한 세척수 소독 시스템과 관련된 비용을 비교하기 위해서 개발되었다. 그리고 비용 변수에는 다양한 혼동요인이 있을 수 있음을 알아야 한다. 표2에서 나타나는 데이터는 아래의 가정들과 가정의 변화가 어떤 운영에 연관된 비용에 직접 영향을 줄 것이다는 것을 보여준다.

유기물 존재나 물의 품질과 같은 특정 변수들이 작동되는 시스템에 영향을 미칠 수 있는 혼란스럽게 만드는 요소들을 줄이고자 아래와 같이 가정하였다.

가정: a. 사용되는 물은 재순환된 물이 아니다
b. 물에는 진흙이나 먼지와 같은 유기 물질이 없다.

<표 2> 세척수 살균제 가격

처리방법	비용	시약비용	활성성분비용	연간운영비용	연간노동비용	연간 총비용(6백만 갤런)
Chlorine - Gas	$1,500	$43	$0	$100	$12,480	$14,023
Chlorine - NaOCl	$2,500	$172	$1000	$100	$12,480	$16,252
Chlorine - $Ca(OCl)_2$	$2,500	$150	$1000	$100	$12,480	$16,230
Chlorine Dioxide	$2,500	$2,600	$80	$100	$12,480	$17,760
Peroxyacetic Acid	$2,500	$41,429	0	$100	$12,480	$56,509
Ozone	$14,000	0	0	$2400	$12,480	$28,880
UV	$10,000	0	0	$333.33	$12,480	$22,813

c. 소독제 농도의 정의는 E. coli O157:H7이나 Salmonella spp.와 같은 인체 병원균의 영양세포의 생존을 물이 지원하지 않는다는 것을 확신하기 위해서 필요한 소독제의 농도를 의미한다.

표2 비용 매트릭스에서 하루에 20,000이라는 양이 선택되었는데 어떤 작은 사이즈나 중간 사이즈의 fresh-cut이나 비절단 야채 작업이 하루에 사용할 수 있는 양을 시뮬레이션하기 위해서 선택되었다는 것을 의미한다. 이것은 또한 일주일에 6일, 일년에 52주, 일년에 312일을 가동한다고 가정하였다. 대략 연간 6,000,000 갤런의 물이 가동을 위해서 사용된다는 것을 의미할때 이 비용 매트릭스는 다음의 소독제 농도에서의 6,000,000 갤런의 물을 처리하는데 쓰이는 비용을 비교하기 위해서 만들어졌다.

4. 미생물학적 오염의 원인을 이해하는 연구

과일, 야채 생산 과정에서 병원균에 오염되는 요인은 여러 가지가 있다. 주된 요인으로 비료와 물 (예,세척수)에 의한 것이다. 비료는 땅을 비옥하도록 하지만 오염물질을 갖고 있다.

제품의 잠재적인 오염에 영향을 주는 여러 인자중의 하나는 농장에서 병원균의 수준이다. 많은 인자들이 포함되어 있고 이들 중 많은 부분은 확실치 않다. 사료 공급, 스트레스, 동물 나이, 농장 관리는 대부분의 병원균 발산(shedding)과 관련되어 있다. 병원균 발산이 낮은 비율로 발생하는 것과 관리 방법의 다양하기 때문에 병원성균 존재하고 있는 상태와 특정 처리의 상관관계를 명확히 하기 어렵다.

병원균 수준을 최소화하기 위한 비료 처리 방법은 연구 활동이 이루어지는 영역이지만 아직 안전 및 실용적인 측면에서 입증을 보여줄 수준에 이르진 못한다.

연방 규정은 농지에 비료화된 거름의 활용 보다는 biosolids(바이오 고형물:하수 오물을 재활용 처리한 유기물; 특히 비료)의 혼합물(퇴비)에 대해서 강조하고 있다. 게다가, biosolids에 대한 최근 규정을 정당화할 과학적 문서가 필요하다. 적합한 방법이 확립되면, 처리를 실증하는 지표(indicator) 또는 대체실험균(surrogates)이 필요하게 된다.

병원성 미생물의 수준이 공중 보건 위험 수준으로 확산되기 위해서는 토양 오염뿐만 아니라 관련된 주변 환경 조건에서도 살아남아야만 한다. 토양에 사는 미생물의 생존은 토양 특성, background microflora, 기후와 같은 여러 가지 요인에 달려있다.

농작물 생산 과정에서 병원균의 생존과 성장을 억제하는 여러 가지 요인(예, 식물 표면 건조, 자외선 조사)이 고려되어야 한다. 토양의 잠재적인 순환 (건습 사이클링)과 미생물 생존 관련하여 현장 활동에 대한 연구가 부족하다.

농산물의 오염을 최소화하기 위한 몇 가지 예방 조치는 현장에 도입되었지만 이들 예방조처의 효과는 확신하기 어렵다. 예를 들어, 현재 권장 되었던 내용이나 주문 내역에서 이야기하고 있는 거름 만들어 식물에게 적용하여 사용하는데 60~100일이 요구된다는데 이런 권고는 평가된 적이 없으며 오랜기간 숙성된 거름과 식물에 적용하는데 안전함을 확보하는데 걸리는 시간을 결정하는데 근거한 어떤 특별 사항도 거론되고 있지 않다.

그러나 이런 방법 이외의 생산 조치는 분명 공중 보건에 있어 높은 위험을 나타낸다. 그리고 이 생산 조치는 개선되어야만 한다. 개선 방안 중 하나로, 일반적이지는 않지만 미가공 진흙을 이용하여 땅을 비옥하게 하는 방법을 사용하기도 한다.

또한, 잎으로 만든 퇴비와 비료의 사용은 인기 있는 방법이다. 하지만 이 방법은 예상치 못한 위험을 불러일으킬 수도 있다.

표 3은 대표적 병원성균에서 퇴비를 처리할 때 온도 및 퇴비준비시간이 미생물 저감화에 미치는 영향에 대해서 연구 정리된 것을 보여주고 있다.

가금류와 가축 배설물의 주요 차이는 가금류의 배설물에는 암모니아가 축적되어 있기 때문에 가금류 배설물에서 균의 사멸이 좀 더 빠르다는 것이다. 비료는 짚과 혼합되어 있기 때문에 60~70°C 열을 자체적으로 발생한다. 이 열로 인해 위험도를 낮출 수 있는 것으로 추정된다.

미가공 농산물 소비자에게 전체적인 위해를 추정하기 위

하여 데이터와 모델은 반드시 신중하게 정밀하게 조사되어야 한다. 현재 배설물 처리 조치를 설명하는 데이터 또한 필요로 한다.

이 section을 보면, 비료 처리 프로토콜 개발의 중요성을 보여준다. 신선 농산물에 존재하는 병원균의 수는 프로토콜에 따라 달라지기 때문이다. 질환 발생도가 낮은 정도로 낮

<표 3> 퇴비 준비에 있어서 처리 조건에서 E. coli O157:H7과 살모넬라를 5 log 감소 시키는데 필요한 시간

퇴비 종류	온도 °C	기간 days	참고문헌
Cattle manure	5	70	Wang and others 1996
	4	100	Himathongkham, Nuanualsuwan and others 1999
	4	20	Kudva and others 1998
	20	57	Himathongkham, Nuanualsuwan and others 1999
	22	56	Wang and others 1996
	23	40	Kudva and others 1998
	37	49	Wang and others 1996
	37	8	Kudva and others 1998
	37	36	Himathongkham, Nuanualsuwan and others 1999
Poultry manure	4	70	Himathongkham and others 2000
	20	8	
	37	3	
	37	8	Williams and Benson, 1978
Cattle manure slurry	4	25	Kudva and others 1998
	20	20	Porter and others 1997
	20	5	Plymm-Forshell and Ekesbo, 1996
	23	5	Kudva and others1998
	37	8	
Slurry, fresh manure	4	92	Himathongkham, Nuanualsuwan and others 1999
	20	69	
	37	14	
Slurry, old manure	4	261	
	20	26	
	37	12	
Slurry, poultry manure	4	223	Himathongkham and others 2000
	20	34	
	37	9	
Other materials			
Soil	20	36	Rickle and others 1995
	20	28	Zhai and others 1995
	20	94	Himathongkham and others 2000
Soil + manure	20	66	
Soil + straw	4	69	
	20	71	
	37	13	

출수 있도록 병원균 수 저감화 처리 프로토콜은 개발되어야 한다.

비료 처리 프로토콜에 앞서, 많은 기술적 문제가 해결되어야 한다. Sampling protocols, 탄산가스 포화처리법, fresh 비료의 첨가 들이 그 문제들에 해당한다.

게다가, 몇 가지 다른 요인들도 병원균의 성장이나 감소에 효과를 증대시킬 수 있으므로, 바람직한 저감화 수준은 여전이 논의되어야 할 문제다. 비료 속 병원성 생물로부터 오염의 위해를 평가하는 경우, 추가 환경 매개 변수의 다양함을 고려해야 한다. Suslow (2001)는 저서에서 잔여 병원균을 좀더 줄이는 것에 대해 식물 표면을 자외선처리나 다른 환경 스트레스를 주어서 건조시켜 soil에 심는 방법으로 비료에 존재하는 병원균의 수를 추가적으로 줄이는 것에 대해서 논하고 있다.

현재, 수질관리도 중요한 이슈로 부상하고 있다. 주로 관리 방법(예, 세척 방식)은 경제학적 기반과 시장의 다양성을 기반으로 하고 있다. 대중 건강을 위태롭게 하지 않게 하기 위해서 과학자와 재배자 사이에는 더 많은 대화가 필요하다. 아울러 농지로 인한 인간에 존재하는 병원균의 확산과 오염수 유출로 인한 농산물 오염 가능성에 대해 재검토가 이루어져왔다.

재배자는 책임감을 가지고 농업수의 미생물학적 안정성 확보를 위한 생산 조치를 철저하게 따라야 한다. 지속적 관리로 지하수 근원의 보호는 반드시 이루어져야 한다. 농업적 목적의 이용 시 특별한 관리가 이루어져야 한다. 재활용 된 용수의 질은 살균 처리 정도에 따라 다양하다는 것도 유념해야 한다. 예컨데, 재활용수 사용시 EPA이 마련한 기준보다 높은 살균제 농도를 보일 수 있다. 병원균의 지속성은 세척 단계에서 명확하지 않다. 일부 세척 방법은 위험요소를 포함하고 있다. 환경적 매개변수의 다양함에 따라 병원균도 광범위 하므로 이들에 대한 위험을 평가하는 연구는 계속되어야 한다.

수확시, 수확 방법의 다양함을 단순화 시키는 것은 병원균 오염 위험도를 줄일 수 있다. 농작물의 종류에 따라 단계 관리 방법은 다양하지만 그 핵심 기본 원칙은 현장 노동자의 위생, 현장의 위생, 장치 및 설비의 위생, 용기의 위생, 트럭의 위생, 온도 조절이다.

전문가와 생산 관리자 사이의 지속적 대화를 통해 수확 작업의 각 단계별 잠재적 오염 인지를 알게 된다면 오염 방지에 도움이 된다.

수확 이후 작업에서의 공정은 가령 예를 들면 몇가지의 잠재적인 위해요소를 보유하는 포장과 같은 경우에는 물의 품질과 good manufacturing practice (GMP)와 관련이 있다. 적절하게 고안된 가공 설비는 병원균에 의한 농작물 오염 위험도를 낮출 수 있다. 식인성 질환을 예방하기 위한 목표는 운송에 관한 부분을 포함하여 다뤄져야 한다. 온도조절은 필수적이지만 선적은 짐들을 자주 한곳에 쉬어 운반되기에 다른 요인들 예를 들면 온도, 에틸렌, 수분과의 함께 양립할 수 있는지를 고려해야 한다. 생산하는 모든 단계에서 온도조절은 주요하지만, 그 중에서도 특히 장기간을 저장 또는 이동 과정에서 관심을 기울이고 냉해에 민감한 물품은 없는지 각 제품에서 미생물 호흡률은 어떤지 아울러 신경 써야 한다.

5. 항균제의 효능을 결정할 수 있는 표준화된 방법

다양한 농산물에 따른 살균제에 대한 연구는 광범위하게 연구되고 있다. 익히지 않은 농산물의 병원균 생존 및 성장 조건에 대한 연구도 보고되고 있다. 하지만 연구들의 결론 도출은 예방 접종 절차의 다양성, 치료와 보관에 대한 조건, 병원균 개체수의 파악 방법들에 대한 보고서가 불충분하여 자주 어려움을 겪는다. 농산물의 세균성 미생물 존재 및 집단에 대해 정확한 결정을 내리기 위해서는 기준 방법이 필요하다. 잘 정립된 기준의 적용은 기본 방식에 대해서도 상당한 가치를 창출할 것이다. 물론 모든 과일과 야채에 같은 단일 프로토콜은 적합하지 않다. 농산물에서 병원균이 회복되는 시간을 최대한 지연하기 위해서는 기본 방식의 조정이 필요하다. 기준법과 조정방법의 개발에 있어서 매개변수 또한 고려되어야 한다.

6. 식중독 발생 수, 병원균의 발생, 병원균의 생육/성장

수많은 미생물의 대부분은 장관 환경에서 발생되는 균(예를 들면, Salmonella spp., Escherichia coli O157:H7, Campylobacter jejuni)되며 일부 다른 요인에서 기인하는 균(예를 들면, Clostridium botulinum과 Listeria monocytogenes)에 의하기도 한다. 그들 모두 분리율(isolation)은 높지만 그 정도가 모두 일치하진 않는다.

샘플의 오염도는 0부터 50%로 다양하며, 이는 농산물과 해당 병원균에 따라 달라진다. 그들의 생산 시스템, 표면구조, 그 밖의 요인에 차이가 있기 때문에 양배추와 같은 표면의 농산 제품은 병원균의 생존과 성장에 적합한 조건을 제공하기도 한다.

미국의 CDC는 신선한 농산물 관련 식인성 질환 식중독 발생 수가 최근 몇 년간 꾸준히 늘고 있다고 발표 했다. 감시가 더 철저히 이루어졌음에도 불구하고 증가의 원인으로는 첫째, 소비의 증가, 소비자들 습관의 변화, 복잡한 유통 시스템로 꼽을 수 있다. 어떤 식품의 소비로 인한 식인성 질환은 많은 요인에 의한 것이다. 가령, 소비가 이루어지는 시점에서, 농산물은 병원균에 반드시 오염된다. 적절한 온도 처리를 못한다거나 미생물의 성장만으로 항상 식인성 질환이 항상 발생하는 것은 아니다.

병원균의 질환을 발생시킬 만큼의 생존과 성장에 반드시 영향을 미치는 조건들로는 미생물의 종류, 농산물 종목, 농장의 환경 상태, 취급, 저장 등이 해당된다. 예를 들면, 비나 세척과정에서 생성된 잎에 있는 자유수는 미생물의 수 증가시키는 것을 촉진시킬 것이다. 수확 후, 병원균 대부분은 신선한 과일과 야채의 표면에 살아 남아지만 성장할 수는 없다. 종종, 병원균 수준은 표면에서 감소한다. 그 감소 정도는 농산물의 종류, 습도, 온도, 환경, 사용된 포장방법의 종류에 따라 다르다.

그 중 미생물 성장에 미치는 중요한 요인 하나는 표면 방어 작용이다. 이런 표면 방어 층이 손상되었을 때 병원균의 생존과 증식은 상당히 증가한다. 방어 층의 손상은 취급 과정에서 긁히거나 구멍이 나는 것 같은 물리적 손상에 의하거나 병원균에 의한 품질 저하, 신선 편이 식품 제조 과정에서, 냉장 보관하지 않았을 경우에 생긴다. 냉장온도에서 미생물의 성장 능력은 제한받기 때문이다. 하지만 psychrotrophic, non-proteolytic C. botulinum, L. monocytogenes, Yersinia enterocolitica 와 같이 그렇지 않은 예외도 있다.

고압수 세척과 같은 특정 환경에 처하게 되었을 때 처리방법이 미가공 채소에 손상을 줘서 병원균 침투가 용이해지기도 한다. 농산물 내부의 영양분에 접근가능해진 병원균은 위험 수준으로 증식이 가능해 질 것이다. 식물에 병원균 침투를 통제하는 것은 곧 인간으로 병원균 침투를 예방하는 것과 같다.

고려해야 할 또 하나의 요인은 포장에 대한 것이다. 농산물 포장 시 환경을 조정하여 병원균의 성장률을 변화시킬 수 있다. 때로는 일부 미생물은 식품안전에 있어 필요하기도 하다. 대량의 비병원균 세균은 병을 일으키는 병원균의 성장에 방어작용을 할 수 있다. 식중독 데이터, 사고 발생, 병원균의 생존 및 성장에 대한 광범위한 자료가 조사되어 있다.

7. 제품에서 병원균의 존재와 성장을 최소한으로 할 수 있는 방법

많은 연구는 신선 제품의 병원성 미생물을 줄이기 위한 새로운 방법을 찾는 방향으로 진행되고 있다. 병원균을 제거하거나 확연한 감소를 위한 기본 방법은 GAPs, GMPs, 위해분석 중점 관리 기준(HACCP) 프로그램에 대한 엄격한 준수, 그리고 오염 발생 방지 관련 기타 전략이다.

이 방법은 Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables 라는 FDA의 가이드에 설명되어진 "good management practices (GMP)"의 개념을 포함하고 있다.

병원균에 의한 농산물 오염의 발병률은 아주 적지만, 완전히 제거하는 방법은 알려져 있지 않다. 농산물에 따라 미생물 개체 수 감소를 위한 다양한 경감방법과 살균제가 존재한다. 세척과 살균 효과는 생산물 표면의 특성, 수질, 살균제와 세척제, 사용여부, 접촉 시간, 닦는 작업의 종류와 여부 등 여러 가지 요인에 따라 달라진다. 보고된 데이터를 기반으로, 각각의 농산물 종목에 따라 다양한 위생확보를 위한 전

<표 4> 농산물에 존재하는 미생물 감소 저감 기술 방법의 장단점

살균방법	장점	제한점	현재 사용에 있어 해설	연구에 대한 의견
염소	오랜 사용의 역사	염소화된 부산물이 건강에 끼칠 수 있는 잠재적 부작용 장비부식 온도, 빛, 공기, 금속과 유기 물질에 민감함 pH 의존성 세균 포자 및 원생동물의 oocysts 난모세포 일부에 대한 저항 실시된 연구 결과 수가 많지 않음	일반적으로 50-200 ppm 농도 범위에서 1-2분접촉 많은 농산품에서 유용하다고 조사됨	매우 높은 농도를 사용하면 농산물의 병원균을 제거하지 못 할 수 있음
산성화아염소산	낮은 산도로 인하여 하이포아염소산염에 비해 향상된 효능		육류, 해산물, 가금류, 농산물에서의사용을위한 연구목적 적용 농도는 500~1200 ppm 범위에서만 연구	유용성에 대한 추가 연구가 필요
이산화염소	염소산보다 적은 유기체와의 반응성 적은 염소화 부산물 중성 pH에서 하이포아염소산보다 나은 살균력	안정성 절단된 제품에 허용되지 않음	모든 과일과 채소에서 최대 5 ppm 허용됨 껍질 제거된 토마토의 경우 1 ppm이 최대	농도 범위가 약 alfalfa 씨앗, 콩나물, 오이, 상추조각, 양배추, 오렌지 같은 품목에서 1 ppm부터 500 ppm의 범위 농도를 연구함 곰팡이포자, 천연에 존재하는 미생물군, L. moncytogenes, E. coli, E. coli O157:H7, Salmonella, Cryptosporidum prvumoocycts에 대한 연구가 수행됨 약간의 log 수준의 감소가 보고됨
브롬	염소화합물과 시너지 가능		살균제로서 널리 사용되지 않음	E. coli, Salmonella Typhosa, Staphylococcus aureus에 있어서는 Pseudomonas aeruginosa보다 효과적임. Bacillus cereus spores에게는 hypochlorite 만큼의 효과를 보이지 않음
요오드	남은 온도에서 염소보다 부식이 덜함 광범위한 스펙트럼 Iodophor (용해시킨 용액)는 Iodine보다 휘발성이 덜함	상품과 장비에 얼룩을 남김. 50°C이상에서는 부식함	일반적으로 식품 접촉 표면 및 장비에 사용 농산물에 간접적사용	포자를 죽이는 성능이 있는 듯 함 일부 비절단 통채소에 적용 가능한지 조사 필요
제3인산나트륨	다른 화합물보다 비교적 덜 부식함	리스테리아 균은 비교적 저항적임. 매우 높은 pH (pH 11-12)	신선한 감귤류에 종종 사용. 가금류에 사용이 허가됨	1-15%의 농도는 0-6 logs 만큼의 병원균 수 감소를 야기함
제4암모늄화합물	무색, 무취 고온에서 안정적	pH 6 이하에서는 사용성 제한 비누 또는 음이온 세제와	식품표면 또는 장비에 접촉 사용	Xanthomonas campestris pathovar vesicatoria의

살균방법	장점	제한점	현재 사용에 있어 해설	연구에 대한 의견
	비-부식성 우수한 침투능력 유기화합물에 대해 상대적으로 안정적 잔류물질 남김	호환되지 않음. 고비용		균수를 줄이는데 염소만큼 효과 있음 대조과일은 60%감소하였지만 오렌지 표면은 95%감소
산	사용법과 산의 종류에 따라 다르지만, 경제적	낮은 pH에서만 사용 가능 미생물과 산의 종류에 따른 살균효과 다름	식품의 보존을 위한 산성화 산을 스프레이방식으로 분사하는 것은 고기 도체에 상업적으로 사용됨 인산/음이온 화합물은 통상 감귤에는 200 ppm농도로 사용	가정에서는 병원균살균을위해 레몬주스나 식초가 유용 여러 제품에 특정 병원균(Salmonella spp, Campylobacter spp, Yersinia spp, Shigella spp., Listeria spp.)뿐 아니라 천연에 존재하는 일반균에 대해 야채 제품에 유기산 사용하는 것이 연구됨 Peroxiacetic acid의 농도는 200 ppm까지 이용
과산화수소	포자살균성있음- 비독성 제품에서 빨리 분해됨	농산물 색상의 갈변화나 표백 가능성	포장 제품과 식품표면에 대한 사용의 제한	다양한 농산품에 증기 및 수용액 침투에 대한 많은 제품에의 연구는 1-5% 농도에서 연구됨 연구자별 보고된 효과가 다름
오존	짧은 접촉시간과 낮은 농도 사용만으로도 효과적 넓은 스펙트럼 침투능력 탁월 원생동물에 대한 효과 비독성 물질로 분해	농산물에 물리적 상처 발생 가능 장비 부식화 농산물의 맛과 색저하 가능성 반응성이 매우 높아서 불안정함 가공처리 시설에서 사람에게 있어 독성효과 발생가능성	용수 처리에 주로 사용됨	수확 된 농산물에 존재하는 다양한 병원균에 대한 효과 간 블랙후추에 대해서 salmonella와 E.coli 감소 정도는 3-4 log/g 관찰됨 농산물에 대한 지속적 연구가 예고됨
방사선조사	비화학적처리 포장된제품에도사용가능 관찰했던 농작물의유통기한연장	광선에 대한 소비자가 가지고 있는 부정적 이미지 부정적인 관능 효과 가능	식품내외부의 병원균을 줄이기 위해1-10 kGy 사용 농산물의 곤충을 제거하고 뿌리, 감자줄기, 양파뿌리의 싹을 억제하기 위해서는 1 kGy 미만으로 사용	수확후 발견되는 병원균에 대한 효과가 다양하게 나타남 농산물에 존재하는 인체병원균에 대한 효과를 고려한 정보 적음
생물학적 제어	無화학적처리	제한된 스펙트럼 살아있는 미생물을 섭취하는 것에 대한 대중의 반응	수확 후 식물병원균의 제어를 위해 사과에서 사용함 병원균에 의한 장에 군집화하여 정착하는 것을 예방하기 위해 가금류에서 경쟁적 배재 사용 발효된 고기와 유제품에 있어서는 도입 초기	농산물의 인체병원균에 대한 biocontrol방법 사용에 대한 연구가 협소함

략을 필요로 한다.

표 4에는 농산물에 존재하는 미생물을 저감하기 위해 적용할 수 있는 기술의 장단점에 대해서 기술되어 있다.

8. 안전성 증진을 위한 새로운 포장기술

신선한 과일과 야채의 보존을 위해 그들 각각의 다양한 특성에 따른 새로운 포장재료 연구는 진행되고 있다. 일반적인 연구의 초점은 공기조성을 통한 제품 수명 연장이 주를 이룬다. 산소, 이산화탄소, 질소들은 modified atmosphere packaging (MAP)와 controlled atmosphere systems (CAS)에 가장 많이 사용되는 것들이다. 이산화탄소는 호기성 미생물에게 직접적 항균 작용을 하며 그 결과 유도기를 증가시켜 성장에 필요한 성장기동안의 세대시간을 증가시켜 미생물 증식에 필요한 시간을 늘리는 효과를 나타낸다.

질소와 질소의 산화물, 아황산가스, 에틸렌, 염소, 오존과 프로필렌 산화물 등의 가스들 또한 조사되고 있지만, 그것들은 비용과 안전성 측면에서 상업적으로 규제되므로 현재는 적용되지 않고 있다.

과일과 채소의 안전과 품질을 위한 적합한 공기조성에서 산소의 권장 비율은 1~5%이다. 현실적으로 산소 수준은 MAP produce에서 1% 이하 수준으로 지속적으로 감소하게 된다. 과일과 채소에 MAP를 사용하더라고 고농도 CO_2 (< 50%) 에서 적응하여 식인성 병원균에 대한 잠재성과 조성된 공기 구성에 민감하게 작용하는 부패 미생물이 증식으로 인한 우려가 있다.

일반적으로 투과력이 있는 필름을 사용하는 경우에 독소가 발생하기 전에 부패 미생물이 등장할 수 있다는 점이 문제점으로 나타나고 있다. 야채 제품의 MAP는 포장 재료와 결합하여 우리가 의도한 온도에서 제품을 저장한다고 해도 무산소 포장 환경으로 만들지 않을 수 있다. 신선야채의 부패는 각 제품에서 저장 조건에 따라서 다양하게 백그라운드 미생물에 기인한다. 부패미생물의 제거를 위한 특수한 방법을 이용한 저해는 여기에서 실시되지 않았고 병원성균과 상호작용은 제품의 안전성에서 중추적인 역할을 할지도 모른다.

또 다른 활발한 연구 영역은 식용필름 사용이다. 그러나, 다른 MAP 처럼 이 필름은 극소의 산소를 허락하며 이로 인해 C. botulinum 같은 혐기성 병원균이 자랄 수 있다. 그리하여 코팅과 합쳐질수 있는 항균성 물질에 관한 연구도 함께 시행되고 있다. 음식물 코팅제 성분인 벤조산 나트륨, 벤조산, 프로피온산, 칼륨 sorbate와 같은 항균물질의 이동 및 확산에 대한 많은 연구가 진행되어왔다. 항균물질 비율을 위한 이 필름의 가장 유리한 이용은 지질 단층과 소르빈산 필름으로 이루어진 구조, 혹은 소르빈산을 포함하는 지질층으로 코팅된 친수성 베이스로 구성된 이중층 구조를 사용할 때 장점이 나타났다. 주요 이슈는 농산물에 들러붙는 표면장력으로 인해 농산물 코팅 기술제품을 생산하는 것이다.

MAP을 이용한 애틸렌 생산과 보존, 농산물의 성공적인 호흡 제어는 과일과 야채의 품질을 높인다. 그러나 온도 조절능력에 따라 그 처리 과정의 성공적 관리 여부는 달라진다. 농장부터 테이블까지 총체적인 식품 관리 시 최적의 온도 유지는 매우 중요하지만 실제, 소매 단계에서 가장 제어하기 어려운 부분으로 작용한다. 최근에 L. monocytogenes, Y. enterocolitica , Aeromonas hydrophila, non-proteolytic C. botulinum에 대한 우려가 있다. MAP 농산물에서 존재하는 많은 미생물 중 특히 살모넬라, 대장균 O157가 눈여겨봐야 할 잠재적 위해를 끼치는 미생물들이다.

오직 두 가지 MAP 농산 제품(양배추 샐러드 믹스, 즉석야채샐러드)만이 식인성 질환 식중독 (보툴리누스 식중독과 살모넬라 식중독)에 연루되지만 병원균들이 존재할 때 잠재적인 성장이 발생할 수 있다 존재한다. MAP의 미생물학적 안전에 관한 성공은 농산물 각 고유의 특성 이해와 저온 저장관리에 달려 있다.

9. 과일과 야채의 생산, 가공, 저장과정에서 병원균의 행위를 이해할 수 있는 surrogate 균과 indicator의 역할

신선 · 신선편이 과일과 야채의 안전성 확보를 위한 미생물 제어 방법 효과 확증 또는 평가 방법으로, 지표미생물 (indicator) 및 실험적용 대리 미생물 (surrogate)이 사용될 수 있다. 이 방법은 특정 회사 내에서 비 · 공식적에 사용되지만, 지표의 사용이 구체적인 농산물 품목이나 범주에 대해 적절한 미생물 기준에 따라 달라진다. Indicator를 공정

검증에 활용해야 하는 경우라면 미생물 기준을 수립에 대한 고려사항들이 발표되어야 한다. 샘플링 고안, 엄격함, 그리고 통계적 의미는 식품 안전 보장국에서 indicator 나 surrogates 평가에 있어 중요한 요소들이다. 일반적으로 이용할 수 있는 적절한 Indicator와 surrogates를 알아내는 것은 안전 프로그램 개발의 시작점에서 중요한 가치가 된다. 특정농산물의 주요 목표 병원균 선택, 수작업 절차, 유통 절차 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다. Indicator와 surrogate 모두 병원균 존재를 알려주는데 사용된다는 점은 사실이다. 고려사항과 절차의 광범위한 목록은 신선 · 신선편이 식품에 indicators와 surrogates를 이용할 때 도움이 되어야 한다.

현재 당면한 어려운 점으로 확인된 것은 여기에는 재배, 수확, 가공, 처리, 보관, 포장과 같은 특정 조건이나 각기 개별적인 제품 항목에서 indicator와 surrogate를 선택하는 것이다.

10. 추가 연구 필요 사항

1) 경제적 영향

- 공중보건 위험을 최소화와 신선제품의 안전을 보장하기 위한 조치 비용을 평가. 이 평가는 산업의 규모를 고려해야 하며 어느 정도의 규모의 기업이 이런 엄격한 조치들의 수행에 역할을 담당할 수 있는지를 고려
- 병원균 예방법과 관리전략을 실현 가능하도록 연구하고 개발. 특히 중소기업과 같이 재원이 한정된 경우를 연구

2) 생산 방식에 따라 발생하는 위해 요인

- 우려되는 주요 병원균에 대한 위해 평가 방법론을 개발. 특정 유기체(박테리아, 바이러스, 기생충)와 신선 농산상품들의 does-response(용량 · 반응) 관계와 섭취량, 그리고 소비자에게 전염되는 잠재적인 경로들을 입증
- 농업용수에 대한 미생물 기준을 수립 (농업용수는 주요 우려 병원균의 위해 평가를 기반으로 함)
- 농업용수의 안전을 위한 지표생물을 확립. 특히, 농업용수의 안전 확인에 많이 쓰이는 지표생물인 대장균에 대한 과학적 근거를 규명
- 세균성 병원균과 기생충을 죽이기에 적합하고 실용적인 비료의 최적 조건(예, 시간 / 온도)을 결정
- 전체적 또는 일부 생산과정을 관리하기 위한 비료/퇴비 지표를 확인
- 수확 및 수확이후 작업에서 음식 표면 잔존하는 병원균의 지속성을 연구
- 식품과 접촉되는 부분(칼, 가방, 포장라인, 캔 등)의 소독을 위한 최상의 관리 practices를 찾기
- 현장 작업에 사용되는 재사용 가능한 용기에 병원균이 발생하는지를 확인
- 토지를 이용하거나 토지에 근접해서(가령, 낙농 작업) 발생하는 작업에 관련 노출과 위해 평가
- 곡물관리 practices가 진화할수록 증가하는 위해에 대한 영향을 연구(감소하는 완충지대/습지, 최소한의 경작, 고밀도 재배, 재배지 넓이)
- 토양 지속성과, 농업 환경에서 비료의 혼합에 대한 모델을 검증
- 집중된 지점의 오염(먼지 제어, 둔턱 등)과 관련된 병원균을 저감하기 위한 현재의 최상의 관리 방법을 검증
- 농업용수가 타당한지를 알기 위해서 저감 전략을 연구
- 농업용수에 병원균이 존재하는지의 여부를 평가하고 잔존하는 경제적 결정에 도움이 되도록 신속하고 정확한 평가 방법을 개발
- 식물 표면에서 병원균 지속성 vs 환경 스트레스/시간에 대한 데이터베이스에 관한 일
- 병원균의 생존에 대한 미생물의 상호 작용의 영향에 대해 분석 (바이오필름/균의 모임)

3) 방법의 표준화

- 균을 접종하여 식품에서 검토하는 챌린지 테스트와 살균제의 효과에 대한 사용성 여부를 알고자 표준 참고 균주를 수립
- 과일과 야채에 살균제 적용 방법(담그기, 칠하기, 살포하기)에 따른 효과를 비교

- 접종 후 세포의 회복과 생존에 있어 병원균 접종에 함께 쓰여진 주입체의 화학적 조성이 미치는 영향을 확인
- 살균제에 대항하는 병원균의 생존 능력과 민감도에 있어 온도, 습도, 접종하였을 때와 균수를 최종 세었을 때 온도, 상대습도, 시간의 영향을 평가
- 과일, 야채에 살균제 이용 시 살균효과를 보이는 과일/야채에서 살균제 적용 비율을 시험
- 살균제 이용에 있어서 가장 적절한 조건(온도 및 노출시간)을 확인
- 병원균의 회복 효과에 대한 샘플 준비 (닦기, 문지르기, 균질화, 불리기)의 영향 확인
- 처리후 살균제에서 활성인자를 제거하는 효과에 중화제가 미치는 영향을 평가
- 유효성 검사는 협업, 공동 연구를 실시할 때 제안된 표준 방법의 타당성을 평가

4) 병원균의 발생, 생존과 성장 그리고 식중독 발생

- 신선한 농산물에서 병원균이 발생했던 잘 디자인된 연구를 계속하고 연구 증가. 독립된 개별 연구들은 대조군 샘플을 포함하여 통계적 타당성, 일관성(예를 들어, 일관된 샘플 수집, 처리, 실험실 테스트 방법 및 데이터 분석)을 고려하여 디자인하도록 함. 부정적인 결과도 보고되어야 함
- 신선 농산물 관련 식중독에 대한 조사와 감시를 증대
- 인간의 병원체의 상대적 적합성, 일반 식물의 표면에 사는 미생물, 세균 병원균과 토착 미생물 사이의 상호 작용에 대해 조사
- 병원균의 성장과 생존에 작용하는 다양한 환경요인 (예를 들어 자외선 조사)을 확인
- 농산물에 미생물 침투에 영향을 주는 요인들을 조사하고 그 침투로 인한 식인성 질환의 위험을 연구

5) 병원균 제어 방법

- 특정병원균/농산물 조합에서 전통적, 비전통적 살균제들을 조사
- 국내 및 수입 농산물 품목에 따른 특정 농산물 제품에 대한 공중 보건 미생물의 빈도에 대해 조사
- 농산물 종류에 따른 병원균 농도가 어떤지 포괄적으로 조사
- 여러 살균제를 함께 조합해서 사용할 때 살균처리의 상승 작용, 대립효과, 부가적 작용을 확인
- 다양한 기법을 이용한 물리적 세척 방법이 얼마나 영향을 미치는지 평가
- 농산물 수확 전,후에 농산물 내부로 미생물 잠입 가능성과 제품의 안전성에 어떤 영향이 있는지 조사
- 농산물 조직으로 병원균의 침투가 발생하게 되면 수확 이후 부패미생물과 이들 병원균사이의 상호작용을 평가
- 저감화 전략으로서의 생물학적 제어 및 경쟁 조사
- 새로운 살균제 및 농산물의 살균제 처리에 관한 혁신적인 기술을 개발
- 농산물 생산 시 사용되는 동물의 폐기물에서 병원체를 제거하는 처리방법 개발
- 관개용수에서 병원체를 제거하는 방법을 연구
- 비절단 농산물과 절단농산물의 안전성에 관한 사용할 수 있는 대체기술을 연구
- 세균이 아닌 다른 병원성 미생물에 살균제가 미치는 영향을 연구

6) 포장 기술 영향

- 신선 편이 식품 안전성 확보를 위해 superatmospheric oxygen 이용 시 항균효과를 조사
- 농산물에서 사용되는 다양한 modified atmosphere에서 식인성 병원균과 함께 존재하는 상존하는 백그라운드 미생물의 상호작용을 연구. 비절단, 신선편이 제품에 대한 세균성 병원균의 생존과 성장에 대한 여러 다른 가스 환경의 영향을 연구
- 7-12℃ 등의 다소 높은 온도에 저장된 modified atmosphere packaging (MAP)의 다양한 상태에서 Clostridium botulinum의 잠재적인 성장 가능성을 연구. 추가로 온도 이외의 허들을 연구해서

botulinum 독소 생성을 예방하기 위한 방법을 연구

- MAP 신선편이 농산품에 대해서 다른 기체조성, 배경 미생물, 저장 온도가 Listeria monocytogenes의 생존과 성장에 대해 미치는 영향을 조사
- MAP 상태 혹은 MAP 없는 상태 모두에서 신선편이 야채에 대해서 verotoxin 생성 대장균의 행위를 연구
- 장내 병원균인 Yersinia enterocolitica, 캄필로박터 속, 식중독 바이러스 그리고 기생충이 MAP 농산물에서 생존여부를 조사
- 허들기술 혹은 새로운 식품처리 및 포장 기술을 조합 효과 연구. 예를 들면 MAP와 방사선 조사를 사용하거나 MAP와 항균 필름을 병용 사용하는 것 등
- 지능 포장 시스템을 사용하는 것에 대해 평가

7) 지표미생물 (indicator)과 대리실험용 미생물 (surrogate)

- 오염제거작업 후에도 병원균의 생존과 성장에 의해 오염 허용 가능 조건에 노출되어 있는 농작물이 있는지를 알려주는 지표를 확립
- 즉석식품, 신선편이식품에 세균성 병원균, 병원성 바이러스, 병원성 기생충 존재 여부를 알려주는 민감하고 구체적인 지표를 확립
- 세균성 병원균, 병원성 바이러스, 병원성 기생충으로부터 오염물질을 제거하여 저감기술 효과를 측정할 수 있도록 즉석섭취 신선편이야채에서 사용할 수 있는 대리실험 미생물 찾기
- 병원균 관리 절차 및 공정의 효과를 테스트할 때 대리미생물을 선택하고 적용하기 위하여 특별히 고려할 것이나 표준을 알릴 수 있도록 표준화되고 타당한 프로토콜을 개발
- 가능한 지표 미생물과 대리미생물로써 사용할 수 있는 비병원성 균주를 고려하고 평가
- 제품/분류, 잘못된 취급, 식중독 발생 자료, 다른 측정할 수 있는 조처에 기인한 오염경로, 총판매부피, 식중독 발생수를 시스테믹하게 평가하기 위해서 안전성에 관한 지표미생물에 대한 평가프로그램을 제안하고, 디자인하고, 테스트
- 저감화 단계에서 스트레스에 대응하여 미생물의 저항성이 증가할지 모르는 특수 오염제거상황에 병원성 미생물이 놓여져 있지 않은지 연구
- 어떤 가공상태가 미생물에 미치는 영향과 이들 가공 상태가 스트레스 반응을 일으켜 균이 저항성이 증가하지 않는지 구분
- 개방된 자연환경인 상업적 조건과 잘 조절된 파일롯 공정 환경에서 각각 실험실 배양 균주와 야생균주에 대해서 지표 미생물을 테스트하기 위해서 실험방법을 찾고 연구방법의 타당성을 검증
- 병원성, 비병원성균주사이의 차이점을 구분할 수 있는 새로운 분자생물학적 기술과 함께 새로운 조사 자료를 수집. 이것을 통해서 위험한 상황과 실제로 중요한 병원균이 무엇인지 찾을 수 있도록 함
- 새 상품, 일반적으로 지리적 원산지, 오염 제거 절차, 또는 신선한 제품의 절단 프로세스가 도입 될 때마다 제품의 검사를 위한 모든 고려 목록을 찾기. 그리고 기존 표준 절차와 다른 점이 있다면 그 차이점이 무엇인지 평가
- 특별히 스트레스가 주어졌을 때 손상된 세포를 만들어 내거나 살아있지만 배양이 되지 않는 (VNC) 균주가 나타나는 경우에 지표 미생물, 이들의 대사산물, 혹은 이들이 가지고 있는 세포성분을 정밀하고 정량적으로 특수한 방법으로 회수해 올수 있는 방법을 찾고 개발
- 기존 혹은 새로운 시험 절차와 샘플링 계획을 평가하고 이들 계획이 적절하면서도 엄격한 기준에 의해 통계학적 디자인이 되었는지 검증. 아울러 타겟 미생물이나 발생 가능한 오염물질의 존재여부를 정확하게 예측하기 위해서 확률학적으로 고려되었는지 타당성을 검증

III. 결론

미국의 신선야채에서 저감화 모델은 특정 미생물에 의한 오염이 일반화되어 있지 않은 야채제품에서의 적용이어서 target 미생물을 선정하기가 어렵다는 특징이 있다. 따라서

저감 공정에서는 대체적으로 세균의 영양세포수 수준을 낮추고자 하는 방향으로 진행되었고 저감화 정도를 확신하기 위해서 지표미생물을 선정하는 것이 포함되었음을 알 수 있다.

최근 유럽에서는 저감화 정책의 경향은 농장에서 저감화가 오염률을 낮추는 효과가 가장 탁월하고 소비자들도 농장에서 저감화된 제품을 선호하고 있는 것으로 나타나고 있다. 본 글에서도 농장에서의 관리에 오염요소 조사에 많은 부분이 할애되어 있다. 제품이 가공과정에서 오염, 비오염 제품이 혼합 혹은 세척수를 사용하는 중에 오염될 수 있고 확산이 될 수 있는 부분이 고려되어야 한다.

미국의 동향을 살펴보면 저감 정책은 단순히 특정 저감기술을 적용한 것이 아닌 경제 분석, 환경에서의 오염요소, 역학 자료 및 균의 특성, 저감 기술 활용, 저감 기술을 사용하기 위한 기반 조성, 저감 효과 확인 기술이 농장에서 소비자까지 이르는 동안 광범위하게 포괄하여 조사가 되었음을 알 수 있다.

우리나라 산업구조 및 산업특성을 파악하는 것은 우리나라가 해외의 저감 정책을 도입하고 적용함에 있어서 우리나라의 여건이 다른 나라와 달라서 자체연구가 필요한 부분에는 중점을 두고 연구가 진행되어야 신속하게 적용하여 미생물학적 오염요인의 저감 효과를 높일 수 있을 것이다.

최근 유럽의 식중독 사고에서도 볼 수 있듯이 식품산업의 대형화, 글로벌화는 향후 식품안전관리 측면에서 관리하기 어려운 부분이 원료 관리 부분에서 증가되는 사안의 극복방안을 고민해봐야 할 것이다.

참고 문헌

1. Anonymous(2000) Oct. Market watch / foodservice. Refr.gerated & frozen foods (Stagnito Communications, Deerfield, IL):18

2. EU (2002) Risk Profile on the Microbiological Contamination of Fruits and Vegetables Eaten Raw, Report of the Scientific Committee on Food. SCF/CS/FMH/SURF/Final 29 April 2002

3. FDA (2001) Analysis and Evaluation of Preventive Control Measures for the Control and Reduction/Elimination of Microbial Hazards on Fresh and Fresh-Cut Produce. Available at http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/ResearchAreas/SafePracticesforFoodProcesses/ucm090977.htm

4. Suslow TV. (2001). Production practices affecting the potential for persistent contamination of plants by microbial foodborne pathogens. In: Lindow SE, editor. Phyllosphere Microbiology. St. Paul (MN): APS Press. p 234-48. Forthcoming.

5. 한응수 (2006) 청과물의 생산과 산지유통에서의 안전성 관리 체계 연구, 農協經濟硏究 第30輯 pp67-98