

파프리카의 농산물우수관리제도(GAP)적용을 위한 재배단계의 위해요소 분석

남민지¹ · 정도영² · 심원보^{3*} · 정덕화^{3,4}

¹한국보건산업진흥원 HACCP 지원사업단, ²경상대학교 식품공학과
³경상대학교 농업생명과학연구원, ⁴경상대학교 응용생명과학부(BK 21 program)

Hazard Analysis for the Application of Good Agricultural Practices(GAP) on Paprika During Cultivation

Min-ji Nam¹, Do-yeong Chung², Won-Bo Shim^{3*}, and Duck-Hwa Chung^{3,4}

¹Korea Health Industry Development Institute, Department of HACCP Promotion Daejeon, Korea
²Department of food science and technology, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam Korea
³Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam Korea
⁴Division of Applied Life Science(BK 21 program), Graduate School, Institute of Agriculture and Life Science,
Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam Korea
(Received September 1, 2011/Revised September 7, 2011/Accepted September 9, 2011)

ABSTRACT - This study established hazards which may cause risk to human at farm during cultivation stage of paprika. Samples of plants (paprika, leaf, stem), cultivation environments (water, soil), personal hygiene (hand, glove, clothes), work utensils (carpet, basket, box) and airborne bacteria were collected from three paprika farms (A, B, C) located in Western Gyeongnam, Korea. The collected samples were assessed for biological (sanitary indications and major foodborne pathogens), chemical (heavy metals, pesticide residues) and physical hazards. In biological hazards, total bacteria and coliform were detected at the levels of 1.9~6.6 and 0.0~4.6 log CFU/g, leaf, mL, hand or 100 cm², while *Escherichia coli* was not detected in all samples. In major pathogens, only *Bacillus cereus* were detected at levels of ≤ 1.5 log CFU/g, mL, hand or 100 cm², while *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *E. coli* O157 and *Salmonella* spp. were not detected in all samples. Heavy metal and pesticide residue as chemical hazards were detected at levels below the regulation limit, physical hazard factors, such as insects, pieces of metal and glasses, were also found in paprika farms. Proper management is needed to prevent biological hazards due to cross-contamination while physical and chemical hazards were appropriate GAP criteria.

Key words: good agricultural practices (GAP), paprika, hazard analysis

서 론

파프리카는 매운맛이 덜하고 강한 단맛이 특징이며, 카로티노이드의 우수공급원인 동시에 발암억제 및 면역력 강화 등의 다양한 효과가 있는 것으로 알려져 있다¹⁻³⁾. 칼로리와 영양소만을 중시하던 예전과 달리 건강지향성과 편의성이 강조되어 웰빙 농산물을 익히지 않고 바로 섭취하는 즉석 섭취(ready-to-eat) 농산물의 소비가 증가되고 있으며⁴⁻⁶⁾ 이와 함께 파프리카의 소비도 증가하고 있다.

파프리카는 미생물의 생육이 적합한 고온다습한 환경에서 재배되어 수확·유통되므로 재배환경 및 농작물의 부적절한 관리로 즉석섭취에 따른 식중독 사고의 발생가능성이 높으며, 현재까지 우리나라에서 파프리카에 기인한 식중독 사고의 보고 사례는 없으나 과일과 야채 등의 과채류에서 비롯된 식중독 사례는 2006년 이후 현재까지 매년 10건 내외로 꾸준히 발생하고 있어 파프리카의 안전관리가 필요하다⁷⁾. 또한 전 세계적으로도 과일 및 채소류가 원인이 되는 식중독 사례가 증가하고 있는 추세로 미국의 경우 신선 채소류와 샐러드에서 *E. coli* O157, *Salmonella* 및 *L. monocytogenes* 등과 같은 미생물의 오염 사례와 식중독 발생사고 등이 빈번히 보고되고 있으며, 지난 10년간 발생한 신선편의 농산물이 관련된 식품사고가 전체의 26%를 차지할 정도로 높아 식중독 관리의 주요 대상 식품이 되고

*Correspondence to: Won-Bo Shim, Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam Korea
Tel: 82-55-772-1903, Fax: 82-55-772-5485
E-mail: dbqlrhd@hanmail.net

있다^{8,9,10}). 농산물에 잔류가능성이 있는 농약과 중금속의 경우 인체에 다량 유입될 경우 만성중독 되거나 심하면 사망에 이르게 하는 것으로 알려져 있어 농산물의 경우 전 세계적으로 소비 및 수출입 과정에 대한 철저한 검사가 이루어지고 있으나, 최근에는 국내에서 생산된 일본 수출용 파프리카에서 농약인 ‘플로니카미드’가 일본 허용기준치 이상으로 검출되어 수출에 일부 지장을 초래한 경우도 있다.

현재 우리나라는 안전한 농산물을 생산하기 위한 방안으로 유기농산물 인증, 친환경농산물 인증 및 생산이력제 등과 같은 정책들을 시행하는 등 많은 노력을 기울이고 있지 만¹¹), 이러한 제도들은 농산물로부터 화학적, 물리적 위해 요소의 관리에 중점을 두고 있을 뿐 식중독 발생 원인균 등과 같은 생물학적 위해요소 관리는 배제된 상태로 운영되고 있어 과채류의 미생물 오염에 따른 식중독 사고의 발생이 증가하고 있는 현재 생물학적 위해요소를 포함한 다양한 위해요소를 사전에 관리하는 종합적인 안전관리시스템이 요구되고 있는 실정이다.

농산물우수관리제도(Good agricultural practices; GAP)란 농산물의 생산단계에서 수확, 저장, 포장, 가공, 유통단계를 거쳐 최종적으로 소비자에게 의해 소비되는 일련의 과정동안 농식품 위해요소를 사전에 관리하는 제도로^{12,13}) 대표적인 농산물 종합안전관리시스템이다. 국제농산물유통시장에서는 GAP 인증 농산물의 선호도가 높아지고 있어 수입상들은 GAP 인증기관을 만들어 농민들과 계약재배를 통해 GAP 농산물을 구입하는 등 국내외적으로 GAP의 도입이 권장되어 이 제도의 도입은 필수적인 것으로 판단된다¹⁴). 우리나라에서도 현재 GAP 기준이 고시되어 GAP 제도가 시행되고 있으나 화학적, 물리적, 생물학적위해요소를 함께 관리하는 위해요소중점관리제도(Hazard analysis critical control point, HACCP)의 원리에 기초한 GAP 시스템이 정립되지 못해 기존의 안전관리제도와 혼선을 빚어왔고, 각 농가에서 구체적으로 실행할 수 있는 실천세부내용 역시 수정·보완해야 될 부분이 많은 실정이다. 특히 생물학적 위해요소 관리를 포함한 GAP 시스템의 구축사례나 관련 연구논문이 국내외적으로 거의 없는 상황이므로 보다 체계적인 연구를 통해 안전한 농산물을 생산하고, 각 농가에서 쉽게 적용할 수 있는 실천 가능한 GAP 모델이 제시되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 파프리카의 재배단계에서 생물학적, 화학적 및 물리적 위해요소를 조사 및 분석하여 안전성이 확보된 파프리카의 생산을 위한 GAP 모델 구축에 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

파프리카재배농장 선정 및 시료채취

본 연구를 위하여 2009년 4월~11월사이 서부경남에 소재한 파프리카 재배농가 3곳 (A, B, C; 양액재배)을 선정하

였고, 선정된 파프리카 재배농장을 대상으로 작물 (파프리카, 잎, 줄기), 재배환경 (원수, 양액, 폐양액), 개인위생 (손, 장갑, 작업복), 작업도구 (천막, 바구니, 박스) 및 공중낙하균 등 5가지 항목으로 분류하여 각 시료채취 방법에 따라 총 78점의 시료를 채취하였으며, 시료 채취는 다음과 같이 실시하였다. 먼저 생물학적위해요소를 조사하기 위해 파프리카, 줄기 및 잎은 방사형 채취방법을 적용하여 선정된 중심부를 포함한 동·서·남·북으로 각각 5 m 거리에 있는 지점에서 채취한 후 혼합하여 파프리카와 줄기는 500 g, 잎은 20장씩 각각 수집하였고, 재배환경인 원수, 양액 및 폐양액은 멸균 채수병(Medi-land, Korea)을 이용하여 약 1 L씩 채수하였다. 작업자 개인위생과 관련된 장갑, 작업복 및 작업도구인 천막, 바구니, 박스는 표면검체의 형태에 따라 채취 가능한 면적 또는 10 × 10 cm의 면적대를 사용하여 Swab kit (3M e-swab, 3M China Ltd., Shanghai, China)로 swabbing 하였고, 작업자 개인위생 중 손은 멸균 샘플팩에 50 mL의 멸균된 생리식염수를 붓고 손을 씻어서 검액을 채취하는 glove juice법¹⁴)에 준하여 시료를 채취하였다. 화학적위해요소를 조사하기 위해서는 재배환경인 원수와 양액, 작물인 파프리카를 수집하였으며, 원수와 양액의 경우 멸균 채수병을 이용하여 각각 2 L씩 채수하였고, 파프리카는 앞선 생물학적 위해요소 조사의 시료채취방법과 동일하게 방사형 채취방법으로 1차와 2차에 걸쳐 시료를 채취하였다. 채취된 생물학적 위해요소 분석을 위한 시료는 얼음을 채운 시료보관용 아이스박스에 담아 냉장 운반하여 4시간 이내에 식품공전법에 준하여 실험을 실시하였고, 화학적 위해요소 분석은 경상대학교 토양분석센터와 국립농산물품질관리원에 의뢰하여 분석을 실시하였다.

생물학적 위해요소 분석

시료전처리

생물학적 위해요소 분석은 위생지표세균인 일반세균, 대장균군, *Escherichia coli* 등의 위생지표세균, *E. coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* 등의 병원성 미생물 및 곰팡이를 대상으로 수행되었고, 채취된 모든 시료는 교차오염 인자를 차단하기 위해 clean bench 내에서 무균적으로 처리되었다. 파프리카, 잎 및 줄기 등의 식물체는 stomacher pack에 10 g을 취하여 멸균된 0.85% 생리식염수 90 mL를 첨가하여 혼합한 후 균질화 시켜 분석에 사용하였고, 원수, 양액 및 폐양액을 비롯한 작업종사자 손 및 swab법 등으로 수집된 시료는 별다른 전처리 과정 없이 30초 동안 강하게 혼탁하여 분석에 사용하였다.

위생지표세균 및 곰팡이 분석

파프리카의 재배단계 대한 전반적인 위생 상태를 확인하

기 위해 전처리된 시료를 대상으로 일반세균, 대장균군 및 대장균 등의 위생지표세균을 다음과 같이 분석하였다. 먼저, 일반세균과 대장균군은 전처리 시료 1 mL를 취하여 9 mL의 멸균 생리식염수를 이용하여 단계희석한 후 각 희석검액에서 1 mL를 취하여 2개의 petridish에 분주하였다. 분주 후 plate count agar (PCA, Difco, Becton Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)와 deoxycholate lactose agar (DLA, Difco)를 각각의 petridish에 약 15~20 mL 정도 분주하고 시료와 배지를 잘 혼합하여 상온에서 굳힌 다음 37°C에서 48시간 배양한 후 일반세균은 흰색콜로니, 대장균군은 붉은색 콜로니를 계수하였다. 대장균의 경우 전처리된 시료를 증균배지를 이용하여 37°C에서 24시간 동안 증균배양하였고, 양성으로 의심되는 시료를 대상으로 eosin methylene blue (EMB, Difco, USA)에 접종하여 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양된 시료 중 녹색의 금속성 광택을 띠는 집락만을 선택적으로 tryptic soy agar (TSA, Difco)에서 배양시킨 후 다시 API 20E (bioMérieux®SA, Marcy Étoile, France)를 이용한 생화학적 시험을 통해 재확인하였다. 또한 곰팡이도 앞선 일반세균 및 대장균군 측정방법과 동일하게 전처리된 시료 1 mL를 멸균된 0.85% 생리식염수를 이용하여 단계희석한 후 각 희석검액에서 0.1 및 1 mL를 취하여 rose bengal agar (RBA, Difco)에 도말하여 28°C에서 72시간 배양한 후 특정 colony를 계수하였으며, 모든 세균수는 \log_{10} CFU값으로 환산하여 나타내었다.

병원성 미생물 분석

주요한 식중독세균인 *E. coli* O157, *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.는 식품공전에 준하여 증균 및 분리배양, 확인시험 과정을 거쳐 오염여부를 확인하였다¹⁵⁾. 먼저, *E. coli* O157의 경우 전처리된 시료를 mEC broth에 첨가한 후 37°C에서 24시간 동안 증균배양 하였고, 증균배양액 중 양성으로 의심되는 시료를 대상으로 macConkey sorbitol agar (SMA, Difco)에 접종하여 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 sorbitol을 분해하지 않는 무색집락을 대상으로 PowerCheck™ *Escherichia coli* O157 (verotoxin 2) Dection Kit를 이용하여 PCR로 1차 확인하였고, 양성으로 의심되는 시료만을 선택적으로 API 20E (bioMérieux)를 이용하여 오염여부를 재확인하였다. *L. monocytogenes*는 전처리된 시료를 fraser broth 10 mL에 접종하여 증균한 후, 그 증균 배양액 중 양성으로 의심되는 시료에 대하여 oxford agar에 접종하여 30°C에서 24시간 배양하였다. 배양 후 의심집락을 대상으로 PowerCheck™ *Listeria monocytogenes* Dection Kit를 이용하여 PCR로 1차 확인을 거친 후, 양성으로 의심되는 시료만을 선택적으로 API Listeria (bioMérieux)를 사용하여 동정하였다. *Salmonella* spp.도 앞서 설명한 *E. coli* O157 및 *L. monocytogenes*와 동일한 방법으로 전처리된 시료를 Rappaport-Vassiliadis broth 10 mL에 접종하여 증균한

후, 그 증균 배양액 중 양성으로 의심되는 시료에 대하여 xylose lysine desoxycholate agar (XLD, Difco)에 접종하여 37°C에서 24시간 배양하였으며, 의심되는 집락을 *E. coli* O157 및 *L. monocytogenes*와 같이 PowerCheck™ *Salmonella* spp. Dection Kit를 이용하여 PCR로 1차 확인을 거친 후, 양성으로 의심되는 시료만을 선택적으로 API 20E (bioMérieux)를 이용하여 오염여부를 재확인하였다.

S. aureus 및 *B. cereus* 역시 *E. coli* O157, *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.와 같이 식품공전에 준하여 분석을 실시하였다. 먼저 전처리된 시료 1 mL를 취해 멸균된 생리식염수를 이용하여 10진 단계희석법으로 희석한 후 각 희석검액 0.1 및 1 mL씩을 취하여 baird-parker agar (BPA, Difco)와 mannitol-egg yolk-polymyxin agar (MYP, Difco)에 각각 도말하여 37°C에서 48시간 동안 배양하였다. 배양된 집락을 대상으로 제조사의 메뉴얼에서 제시한 특정 집락을 대상으로 각각 계수하였고, 계수한 각 평판에서 5개의 전형적인 집락을 선별하여 tryptic soy agar (TSA, Difco)에 접종한 후 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 DNA polymerase, dNTP Mixture, reaction buffer, loading dye 등이 포함된 PCR PreMix Kit (i-StarTaq)를 이용하여 PCR로 1차 확인을 하였고, 양성으로 의심되는 시료만을 선택적으로 API Staph (bioMérieux)와 API 50CHB (bioMérieux)를 적용하여 각각 오염여부를 재확인하였다.

공중낙하균 측정

파프리카 재배농장 주위 공기에 의한 파프리카의 교차오염 여부를 판단하기 위하여 위생지표세균 (일반세균, 대장균군, 대장균), 병원성 미생물 및 곰팡이를 대상으로 공중낙하균을 측정하였다. 파프리카가 재배되고 있는 각 농장의 필지에 각 미생물에 대한 선택배지의 뚜껑을 열고, 15분간 방치한 후 배지의 뚜껑을 닫은 후 parafilm으로 밀봉하여 37°C에서 48시간 (단, 곰팡이는 28°C에서 72시간)배양하였다. 특히 *E. coli*와 병원성 미생물의 경우 배양된 colony 중 제조사의 메뉴얼에서 제시한 특정 집락을 대상으로 앞서 설명한 바와 같이 PCR 및 API kit로 재확인하였으며, 모든 세균수는 \log_{10} CFU값으로 환산하여 나타내었다.

화학적 위해요소 분석

재배단계에 대한 화학적 위해요소 분석은 원수, 양액 및 파프리카를 대상으로 한 중금속 분석과 작물인 파프리카를 대상으로 한 잔류농약 분석을 실시하였다. 중금속 분석은 카드뮴(Cd), 납(Pb), 구리(Cu), 크롬(Cr), 아연(Zn), 니켈(Ni) 및 비소(As) 등 7종에 대하여 경상대학교 토양분석센터에 의뢰하여 분석을 실시하였으며, 환경부의 오염공정시험법^{16,17)}과 식약청의 유해금속시험법¹⁸⁾에 준하여 김 등¹⁹⁾의 방법으로 실시하였다.

잔류농약의 분석은 국립농산물품질관리원 경남지원 관할

에 위치한 파프리카 재배농가 3곳을 대상으로 tebupirimfos, tolclofos-methyl, phosalone 등 102성분에 대한 잔류농약 분석결과와 기존의 문헌이나 연구논문 등을 바탕으로 하여 위해요소 조사를 실시하였다.

물리적 위해요소 분석

물리적 위해요소는 안전한 농산물 생산과 소비자의 건강 상 주요하게 영향을 미칠 수 있는 쓰레기, 유리, 금속 및 플라스틱 등과 같은 이물 (질병 또는 상처를 야기시키는 것) 을 포함하는 것으로서²⁰⁾, 본 연구에서는 선정된 파프리카 재배농가의 현장조사 및 문헌조사를 바탕으로 재배환경에서 발생 가능한 물리적 위해요소를 조사하였다.

결과 및 고찰

생물학적 위해요소 분석

위생지표세균

파프리카 재배농가의 재배단계에서 수집된 식물체, 재배 환경, 개인위생 및 작업도구에 대한 일반세균 분석결과 Table 1에서 보는 바와 같이 3곳의 파프리카 농장에 대하여 전체적으로 식물체는 2.1~4.5 log CFU/g or leaf, 재배환경은 1.9~5.5 log CFU/mL, 작업자 개인위생은 3.0~6.6 log CFU/hand or 100 cm², 그리고 작업도구는 2.3~4.3 log CFU/100 cm² 수준으로 각각 검출되었다. 먼저, 파프리카의 경우 A, C농장은 3.7~4.0 log CFU/g 으로 검출되어 유 등⁶⁾이 보고한 파프리카의 일반세균 결과인 4.3 log CFU/g 보다 약간 낮은

수준으로 검출되었지만, B 농장의 경우 4.5 log CFU/g 로 다소 높은 수준으로 나타나 즐기나 잎보다 생식으로 섭취 되는 경우가 많은 파프리카의 안전성 확보를 위해서는 보다 더 위생적인 관리가 필요할 것으로 판단된다. 재배환경의 경우 4.8 log CFU/mL 이상의 수준으로 검출된 폐양액을 제외한 원수와 양액은 각각 1.9~3.1 및 2.1~2.4 log CFU/mL 범위로 검출되어 1 mL 중 일반세균수가 2 log CFU/mL이하인 환경부의 먹는 물 수질기준²⁰⁾에 비해서 다소 높은 것으로 나타났지만 농업용수인 만큼 상대적으로 양호한 수준인 것으로 판단된다. 작업자 개인위생의 경우 작업자 손, 장갑 및 작업복에 대하여 3.0 log CFU/hand or 100 cm²이상으로 대부분 높은 수준으로 검출되었고, 특히 C 농장의 손과 장갑에서 6.6 log CFU/hand와 5.0 log CFU/100 cm² 수준으로 다른 농장에 비해 높은 오염도를 나타내었으며 전체적으로 개인위생에 대한 노력과 관심이 필요한 것으로 판단된다. 또한 작업도구인 바구니, 박스 및 천막 역시 모든 농장에서 비교적 높은 수준으로 검출되었고, 특히 파프리카의 재배단계 중 재사용되는 바구니와 천막의 경우 최대 4.3 및 4.1 log CFU/100 cm² 수준으로 검출되어 파프리카와 직접적인 접촉이 있는 만큼 작업 전·후로 적절한 세척과 살균과정을 거친 후 교차오염을 방지하기 위한 별도의 공간에 보관하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

대장균군의 검사결과 전체적으로 식물체는 0.0~3.8 log CFU/g or leaf, 재배환경은 0.0~4.6 log CFU/mL, 작업자 개인위생은 0.0~3.0 log CFU/hand or 100 cm², 그리고 작업도구는 0.0~3.1 log CFU/100 cm² 이하의 수준으로 각각 검출되었다. 파프리카는 검사된 세 농장에서 평균 2.2 log CFU/

Table 1. Microbial population of sanitary indication bacteria and fungi in samples obtained from farms during cultivation of paprika (Unit : mean ± standard deviation; log CFU/g, leaf, mL, hand or 100 cm²)

Samples		Total bacteria			Coliform			Fungi		
		Farms			Farms			Farms		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Crop	Paprika	3.7 ± 0.7	4.5 ± 1.2	4.0 ± 1.2	2.0 ± 1.5	1.9 ± 2.1	2.7 ± 2.1	1.1 ± 0.9	1.3 ± 1.2	3.2 ± 1.5
	Leaf	3.2 ± 1.1	4.3 ± 0.5	4.0 ± 0.5	1.9 ± 1.3	2.9 ± 1.0	3.8 ± 0.7	4.3 ± 0.3	4.1 ± 0.3	4.4 ± 0.2
	Stem	2.1 ± 0.4	2.4 ± 0.9	3.0 ± 1.0	ND ⁴⁾	2.9 ± 1.1	1.7 ± 1.7	2.9 ± 0.2	2.9 ± 0.7	3.1 ± 0.3
Cultivation environment	Water	1.9 ± 1.8	3.1 ± 1.2	3.0 ± 0.6	0.5 ± 1.2	0.1 ± 0.2	ND	ND	ND	ND
	NS ¹⁾	2.2 ± 0.3	2.1 ± 0.5	2.4 ± 0.4	0.8 ± 0.7	0.2 ± 0.3	0.4 ± 0.9	0.4 ± 0.6	0.9 ± 1.3	ND
	WNS ²⁾	5.3 ± 0.3	5.5 ± 0.3	4.8 ± 0.7	4.3 ± 0.1	4.6 ± 0.2	2.3 ± 0.2	1.9 ± 0.3	1.7 ± 1.4	0.4 ± 0.4
Personal hygiene	Hand	6.1 ± 0.9	6.3 ± 1.0	6.6 ± 1.7	1.4 ± 1.9	2.5 ± 1.4	2.2 ± 1.2	3.5 ± 0.9	3.4 ± 0.2	3.8 ± 0.4
	Glove	4.2 ± 0.5	3.9 ± 1.8	5.0 ± 2.0	1.6 ± 1.8	1.9 ± 1.5	3.0 ± 1.8	2.7 ± 1.0	2.9 ± 0.7	3.6 ± 1.1
	Clothes	3.0 ± 0.9	3.8 ± 0.8	3.3 ± 0.4	ND	2.7 ± 0.3	1.1 ± 1.2	2.3 ± 1.2	2.0 ± 1.0	3.1 ± 1.0
Utensils	Carpet	4.1 ± 0.9	3.2 ± 0.6	3.9 ± 0.7	2.2 ± 2.0	3.1 ± 0.5	1.1 ± 1.3	3.4 ± 0.7	3.5 ± 0.5	3.5 ± 0.7
	Basket	3.5 ± 0.7	4.3 ± 1.2	3.7 ± 0.7	1.2 ± 1.9	2.9 ± 2.3	2.8 ± 1.5	3.4 ± 0.9	4.4 ± 0.6	4.4 ± 1.1
	Box	2.3 ± 0.9	3.6 ± 0.9	2.8 ± 0.4	ND	1.0 ± 1.2	ND	2.3 ± 1.6	4.4 ± 0.4	2.1 ± 0.3

¹⁾NS : Nutrient solution

²⁾WNS : Waste nutrient solution

³⁾-.: Negative sample by PCR and API kit

⁴⁾ND: Not detected

g 수준으로 검출되어 유 등⁶⁾이 보고한 파프리카의 대장균 결과인 3.3 log CFU/g 보다는 낮은 수준으로 검출되어 대체적으로 양호한 수준인 것으로 확인되었고, 세 농장 중 C 농장의 파프리카와 앞에서 2.7~3.8 log CFU/g 수준으로 검출되어 가장 높은 오염도를 나타내었다. 재배환경의 경우 2.3~4.6 log CFU/mL 수준으로 검출된 폐양액을 제외한 원수와 양액은 각각 0.0~0.5 및 0.2~0.8 log CFU/mL 범위로 검출되어 1 mL 중 대장균군이 음성인 환경부의 먹는 물 수질기준에는 적합하지 않지만 농업용수인 만큼 앞선 일반세균과 같이 비교적 양호한 수준인 것으로 판단된다. 작업자 개인위생의 경우 작업자 손, 장갑 및 작업복에서 최대 3.0 log CFU/hand or 100 cm²으로 검출되어 대부분 시료에서 비교적 높은 수준으로 검출되었고, A 농장에 비해 B와 C 농장이 더 높은 오염도를 나타냈으며, 세 농장 모두 적절한 위생시설과 작업 전·후로 올바른 손 씻기 등으로 미생물에 의한 교차오염을 방지해야 할 것으로 생각된다. 또한 바구니, 박스 및 천막 등의 작업도구는 앞선 일반세균의 결과와 비슷한 경향으로 재배단계 중 재사용되는 바구니와 천막에서 1.2~2.9과 1.1~3.1 log CFU/100 cm² 수준으로 각각 검출되어 적절한 세척 및 보관방법이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

대장균은 파프리카 농장 3곳의 모든 시료에서 검출되지 않아 대장균에 의한 파프리카의 교차오염 발생가능성은 매우 낮은 것으로 판단된다. 하지만 대장균은 위생척도가 되는 위생지표세균이고, 최근 신선편이 과채류를 포함한 여러 종류의 농산물에서 빈번히 검출되고 있어 파프리카를 비롯한 다양한 농산물 및 과채류 등의 안전한 생산을 위해

서는 보다 더 철저한 관리가 필요한 것으로 판단된다.

곰팡이의 경우 전체적으로 식물체는 1.1~4.4 log CFU/g or leaf, 재배환경은 0.0~1.9 log CFU/mL, 작업자 개인위생은 2.0~3.8 log CFU/hand or 100 cm², 그리고 작업도구는 2.1~4.4 log CFU/100 cm² 수준으로 각각 검출되었다. 식물체의 경우 비식용부인 잎은 평균 4.3 log CFU/leaf 수준으로 검출되었지만, 식용부인 파프리카는 C 농장 (3.2 log CFU/g)을 제외한 A와 B 농장에서 약 1.0 log CFU/g의 수준으로 검출되어 줄기나 잎에 비해 상대적으로 낮은 오염도를 나타내었고, 재배환경의 경우는 폐양액 (약 1.9 log CFU/mL 미만)을 제외한 양액과 원수에서 약 1.0 log CFU/mL 미만 또는 불검출된 것으로 확인되어 곰팡이에 대한 위해도도는 상대적으로 낮은 것으로 판단된다. 그러나 작업자 개인위생 및 작업도구에 대한 모든 시료에서 2.0 log CFU/100 cm² 이상의 수준으로 검출되었고, 특히 개인위생에서 작업자 손, 작업도구 중 바구니에서 높은 수준으로 검출되어 작업자의 개인위생 및 재사용되는 바구니에 대한 교차오염을 방지하기 위해 적절한 관리방안이 모색되어야 할 것으로 생각된다.

병원성 미생물 분석

파프리카의 재배단계에 대하여 주요한 병원성 미생물인 *E. coli* O157, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *B. cereus* 및 *S. aureus*의 오염도를 분석한 결과 정성 분석된 *E. coli* O157, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. 및 정량 분석된 *S. aureus*는 3 농장에서 수집된 모든 시료에서 불검출 되었고, 정량분석을 실시한 *S. aureus*와 *B. cereus*의 경우는 각각 식물체를 제외한 재배환경, 개인위생 및 작업도구에서 <2.0 log

Table 2. Microbial population of pathogenic bacteria in samples obtained from farms during cultivation of paprika (Unit : mean ± standard deviation; log CFU/g, leaf, mL, hand or 100 cm²)

Samples		Bacillus cereus			Staphylococcus aureus		
		Farms			Farms		
		A	B	C	A	B	C
Crop	Paprika	ND ³⁾	ND	ND	ND	ND	ND
	Leaf	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Stem	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cultivation environment	Water	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	NS ¹⁾	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	WNS ²⁾	1.5 ± 0.7	1.3 ± 0.8	ND	ND	ND	ND
Personal hygiene	Hand	ND	2.0 ± 1.3	1.3 ± 1.5	ND	ND	ND
	Glove	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Clothes	ND	ND	1.3 ± 1.0	ND	ND	ND
Utensils	Carpet	1.2 ± 0.8	1.1 ± 1.2	ND	ND	ND	ND
	Basket	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Box	ND	1.0 ± 0.8	ND	ND	ND	ND

¹⁾NS : Nutrient solution

²⁾WNS : Waste nutrient solution

³⁾ND: Not detected

⁴⁾-: Negative sample by PCR and API kit

CFU/mL or 100 cm² or hand 이하로 검출되어 병원성 미생물의 오염수준은 비교적 양호한 것으로 확인되었다(Table 2).

토양세균의 일종인 *B. cereus*의 경우 폐양액에서 0.0~1.5 log CFU/mL, 작업자 손과 작업복에서 각각 2.0, 1.3 log CFU/hand or 100 cm² 수준으로 각각 검출되었으며, 천막은 0.0~1.2 log CFU/100 cm², 박스는 1.0 log CFU/100 cm²로 검출되었지만 대체로 양호한 수준인 것으로 판단된다. 고추나 토마토와 같은 농산물은 *S. aureus*와 *B. cereus* 등과 같은 병원성 미생물의 부착력이 강하여 단순한 세척으로는 제거될 수 없으며 표면에서 조직 속으로 침투할 뿐만 아니라 약산성에서 내산성을 획득하여 조직 속에서 증식이 가능하므로 파프리카의 안전성확보를 위해서는 재배단계에서 수확 후 유통단계까지 각별한 주의와 관심이 요구된다²¹⁾. 또한 체내에서 생성한 독소에 의해 설사나 구토를 동반한 독소형 식중독을 발생시키므로 세균자체를 사멸시키는 항생제로는 치료에 많은 어려움이 있으므로 파프리카 재배지에 교차오염을 방지하여 내열성, 내생포자, 독소 등에 의한 위해를 줄이는 관리방안이 마련되어 각 농가에 보급되어야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 *E. coli* O157, *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.가 모든 시료에서 검출되진 않았지만 오 등⁵⁾의 연구에 의하면 신선편의 농식품에 의한 국내 식중독 사고 중 샐러드류에 의해 발생한 식중독이 35.4%로 가장 높았고, 그 원인균으로는 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *Shigella*, *Campylobacter*, *B. cereus* 순으로 나타났으며, *L. monocytogenes* 또한 0.5% 가 분리되는 등 병원성 미생물에 의한 발생률이 지속적으로 증가하는 것으로 알려져 있다. 병원성 미생물에 의한 농산물의 오염은 식중독을 야기할 수 있는 잠재적 가능성을 배제할 수 없기 때문에 미생물학적 안전성 확보방안에 대한 체계적인 연구와 작업자의 의식전환이 필요할 것으로 판단된다.

또한 개인위생과 관련된 중요한 병원성 미생물인 *S. aureus*는 모든 시료에서 검출되지 않았으나 Hatakka 등²²⁾과 김 등²³⁾의 연구에서 개인위생과 관련된 손, 코, 피부 및 작업

복에서 *S. aureus*가 빈번히 검출되었고, 사람의 25~50%가 보균자인 것으로 보고하고 있어 개인위생 불량에 의한 교차오염 가능성은 높은 것으로 판단되며, 계절에 관계없이 발생하는 것으로 알려져 이를 방지하기 위해 주변환경 및 작업자에 대한 위생적인 관리와 교육이 필요할 것으로 판단된다.

공중낙하균 측정

파프리카 재배 농장의 하우스에 대해 위생지표세균, 병원성 미생물 및 곰팡이를 대상으로 한 공중낙하균을 분석한 결과 농장 3곳 모두 일반세균(1.2~1.4 log CFU/plate)과 곰팡이(0.9~1.0 log CFU/plate)를 제외한 병원균이 검출되지 않아 파프리카 농장 내의 공기정화는 비교적 올바르게 이루어지고 있는 것으로 확인되었다. 하지만 공기 중 존재하는 미생물은 언제든 파프리카에 영향을 미칠 수 있으므로 농장 내 공기정화 장치를 적절하게 운영하여야 하며, 여과필터의 교체는 올바른 시기에 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한 재배농장 구석의 먼지 등이 작업자의 움직임에 재부유하여 교차오염을 일으킬 수 있으므로 주변청소 또한 항상 깨끗하게 이루어져야 할 것이다.

화학적 위해요소 분석

중금속

파프리카 재배농장에서의 재배환경인 원수와 양액, 그리고 파프리카에 대한 중금속 오염 여부를 확인하기 위해 각 시료를 수집하여 카드뮴, 납, 구리, 크롬, 아연, 니켈 및 비소 등 7종의 중금속을 분석한 결과 대부분의 시료에서 국내외에서 제시하고 있는 허용기준치 이하로 검출되었다. 그 중 납의 경우 A농장 파프리카에서 0.02 mg/kg으로 세 농장 중 가장 많이 검출되었고, 원수와 양액은 B 농장에서 최고 0.002 mg/L가 검출이 되었으며, 카드뮴의 경우는 파프리카, 원수와 양액 모두에서 0.0007 mg/kg·L 이하로 검출 되었다. 현재 국내 중금속허용기준은 일부 품목과 중금속에 대해

Table 3. Concentrations of heavies in paprika, agricultural water and nutrient solution collected from paprika farms during cultivation stage

(Unit : mg/kg·L)

Samples	Element	Farms					
		A		B		C	
		First (Plating season)	Secend (Fluting season)	First (Plating season)	Secend (Fluting season)	First (Plating season)	Secend (Fluting season)
Paprika	Cd	0.00072	0.00041	0.00042	0.00044	0.00036	0.00046
	Pb	0.02107	0.02046	0.01529	0.01066	0.01050	0.01299
Agricultural water	Cd	0.00005	0.00005	0.00003	0.00001	0.00008	0.00009
	Pb	0.00011	0.00011	0.00012	0.00013	0.00022	0.00016
Nutrient solution	Cd	0.00000	0.00000	0.00000	0.00003	0.00031	0.00012
	Pb	0.00010	0.00012	0.00016	0.00203	0.00052	0.00130

서만 설정되어 있으며, 그 중 사람과 동물에 대한 치명적인 위해성 때문에 국제암연구소(International Agency for Research on Cancer, IARC)에서 Group I (carcinogenic to human)로 분류하고 있는 카드뮴과 납의 경우 쌀, 옥수수, 대두, 팥, 고구마, 감자 및 배추 등에 대하여 허용기준치²⁴⁾를 설정해 놓고 있다. 파프리카 유사 식물체인 고추는 국외에서 카드뮴과 납 모두 0.1 mg/kg으로 허용기준이 설정되어 있고, 국내에서는 각각 0.05와 0.1 mg/kg으로 허용기준이 입안 예고되어 있다. 파프리카에 대한 허용기준은 국내외적으로 아직 미설정되어 있는 실정이지만 유사 작물인 고추에 대한 카드뮴과 납의 허용기준치에 비교 시 비교적 안전한 것으로 생각되며, 원수와 양액의 경우도 환경부의 국내 및 FAO의 수질기준과²⁵⁾ 국내의 마시는 물 기준(카드뮴:0.005 mg/L, 납:0.01 mg/L)에²⁶⁾ 모두 부합하는 것으로 판단된다(Table 3).

농약

국립농산물품질관리원 경남지원 관할의 파프리카 재배 농가 3곳 (I, II 및 III)을 대상으로 재배 중인 파프리카에 대한 잔류농약을 분석한 결과 모든 농가의 파프리카에서 chlorfenapyr, procymidone, fenarimol, azoxystrobin 및 tetraconazole 등의 성분이 잔류허용기준치²⁷⁾ 이하 또는 불검출되어 전체적으로 잔류농약에 의한 위해도는 낮은 것으로 확인되었다. 하지만 작업자가 파프리카 전용농약을 사용하지 않고 농촌진흥청에서 제시한 농약의 안전사용기준²⁸⁾을

준수하지 않는다면 파프리카의 잔류농약에 대한 안전성은 확보될 수 없으므로 지속적으로 농약에 대한 철저한 관리, 홍보 및 교육이 필요할 것으로 판단된다(Table 4).

물리적 위해요소 분석

물리적 위해요소는 식품공전상 주로 유리, 금속, 플라스틱과 같은 다양한 이물을 포함하며, 소비자에게 건강상의 장애 (질병 또는 상처)를 유발할 수 있는 외부 유래의 이물을 말한다²⁹⁾. 박³⁰⁾의 연구에 의하면 1998년부터 2008년 10월까지 식품안전사고 내용을 위해요소별로 분석한 결과 화학적 위해요소가 43.4%, 생물학적 위해요소가 22.1% 발생하였으며 건강상의 심각한 장애를 유발하지는 않지만 물리적 위해요소에 의한 사건도 17.0% 정도 발생한 것으로 나타났다. 금속성 이물 보다 비금속성 이물에 의해 발생한 사고가 많은 것으로 확인되었다.

파프리카의 재배단계에서 이물의 혼입여부에 대한 현장 조사 결과, 사람에게 직접적으로 질병이나 상처를 야기하지는 않으나 경작지 주변에서 유리조각, 캔 등의 일반쓰레기나 경작지 폐기물 등을 쉽게 관찰할 수 있었다. 이러한 이물들은 어느 시점에서나 혼입될 가능성이 항상 존재하므로 최종 수확 시 혼입되어질 경우에는 최종소비자에게 질병 또는 상처를 야기 할 수 매개체가 될 가능성이 있어 파프리카의 재배단계에서 이러한 물리적위해요소를 제거하기 위해 재배 시 이용되는 작업도구의 철저한 정리와 폐기물 처리장을 파프리카 재배지의 설치를 지양하는 등의 적절한

Table 4. Pesticide residues concentrations of paprika during cultivation stage

No.	Elements	Farms			Detection	Residual quantity permitted ²⁾
		I	II	III		
1	Tebupirimfos	- ¹⁾	-	-	0/3 (0%)	0.1
2	Tolclofos-methyl	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
3	Tefluthrin	-	-	-	0/3 (0%)	0.05
4	Phosalone	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
5	Terbufos	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
6	Methiocarb	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
7	Endosulfan (Total)	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
8	Cyazofamid	-	-	-	0/3 (0%)	2
9	Pyraclostrobin	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
10	Dicofol	-	-	-	0/3 (0%)	1.0
11	Isoprocarb/MIPC	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
12	Deltamethrin	-	-	-	0/3 (0%)	0.2
13	Iprodione	-	-	-	0/3 (0%)	5
14	Diflubenzuron	-	-	-	0/3 (0%)	1
15	Pyrimethanil	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
16	Pyrazophos	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
17	Ethoprophos/Ethoprop	-	-	-	0/3 (0%)	0.02
18	Metalaxyl	-	-	-	0/3 (0%)	1
19	Kresoxim-methyl	-	-	-	0/3 (0%)	2.0
20	Diniconazole	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion

(Unit : mg/kg)

Table 4. (Continue) Pesticide residues concentrations of paprika during cultivation stage

(Unit : mg/kg)

No.	Elements	Farms			Detection	Residual quantity permitted ²⁾
		I	II	III		
21	Permethrin	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
22	Methomyl	-	-	-	0/3 (0%)	1
23	Clothianidin	-	-	-	0/3 (0%)	2
24	Halfenprox	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
25	Azoxystrobin	-	0.046	-	1/3(33%)	2
26	Mepanipyrim	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
27	Fludioxonil	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
28	Pencycuron	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
29	Iprobenfos/IBP	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
30	Methidathion	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
31	Tebuconazole	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
32	Malathion	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
33	Procymidone	0.522	-	-	1/3(33%)	5
34	Flufenoxuron	-	-	-	0/3 (0%)	0.3
35	Cyhalothrin	-	-	-	0/3 (0%)	1.0
36	Chlorpyrifos-methyl	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
37	Diazinon	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
38	Cypermethrin (Total)	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
39	Chlorfenapyr	0.065	0.072	0.069	3/3(100%)	0.7
40	Fenvalerate	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
41	Tricyclazole	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
42	Thiacloprid	-	-	-	0/3 (0%)	1
43	Chlorothalonil	-	-	-	0/3 (0%)	7
44	Vinclozolin	-	-	-	0/3 (0%)	3.0
45	Phorate	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
46	Bitertanol	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
47	Imidacloprid	-	-	-	0/3 (0%)	1
48	Bifenthrin	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
49	Tebuconazole	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
50	Chlorpyrifos	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
51	Carbofuran	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
52	Tebuconazole	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
53	Triadimefon	-	-	-	0/3 (0%)	1.0
54	Cadusafos	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
55	Fenarimol	-	0.04	-	1/3(33%)	0.1
56	Phenthoate/PAP	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
57	Dimethomorph	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
58	Fenoxanil	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
59	Fthalide	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
60	Acetamiprid	-	-	-	0/3 (0%)	5.0
61	Thifluzamide	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
62	Trifloxystrobin	-	-	-	0/3 (0%)	2.0
63	Fluquinconazole	-	-	-	0/3 (0%)	2.0
64	Fipronil	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
65	Cymoxanil	-	-	-	0/3 (0%)	0.1
66	Fenpropathrin	-	-	-	0/3 (0%)	1.0
67	Edifenphos	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
68	Thiamethoxam	-	-	-	0/3 (0%)	1
69	Tetraconazole	-	0.21	0.32	2/3(66%)	1
70	Diethofencarb	-	-	-	0/3 (0%)	5.0

¹⁾-: Not detected, ²⁾Standard: KFDA (Korea Food & Drug Administration)

Table 4. (Continue) Pesticide residues concentrations of paprika during cultivation stage

(Unit : mg/kg)

No.	Elements	Farms			Detection	Residual quantity permitted
		I	II	III		
71	Buprofezin	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
72	Indoxacarb	-	-	-	0/3 (0%)	1
73	Pyridaben	-	-	-	0/3 (0%)	3
74	Carbaryl	-	-	-	0/3 (0%)	1.0
75	Penconazole	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
76	Flutolanil	-	-	-	0/3 (0%)	0.05
77	Chlorfluazuron	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
78	Tetradifon	-	-	-	0/3 (0%)	1.0
79	Cyprodinil	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
80	Butachlor	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
81	Furathiocarb	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
82	Lufenuron	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
83	Hexaconazole	-	-	-	0/3 (0%)	0.3
84	Boscalid	-	-	-	0/3 (0%)	3
85	Carbendazim	-	-	-	0/3 (0%)	5.0
86	Cyfluthrin (Total)	-	-	-	0/3 (0%)	0.5
87	Pendimethalin	-	-	-	0/3 (0%)	0.2
88	Pyridaryl	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
89	Teflubenzuron	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
90	Probenazole	-	-	-	0/3 (0%)	0.07
91	Fenobucarb/BPMC	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
92	Fenthion/MPP	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
93	Nuarimol	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
94	Paclobutrazol	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
95	Triflumizole	-	-	-	0/3 (0%)	5.0
96	Isoprothiolane	-	-	-	0/3 (0%)	Not criterion
97	Fenitrothion/MEP	-	-	-	0/3 (0%)	0.1
98	Dichlofluanid	-	-	-	0/3 (0%)	2
99	Pirimiphos-methyl	-	-	-	0/3 (0%)	1.0
100	Difenoconazole	-	-	-	0/3 (0%)	1.0
101	EPN	-	-	-	0/3 (0%)	0.1
102	Parathion	-	-	-	0/4 (0%)	0.3
Total detection rate		2/102 (2.0%)	4/102 (4.0%)	2/102 (2.0%)	8/306 (2.6%)	

¹⁾-: Not detected

²⁾Standard: KFDA (Korea Food & Drug Administration)

관리가 필요하고, 파프리카의 재배환경에 대한 지속적인 청결유지 및 관리가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 말

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ007392)의 지원에 의해 이루어졌음.

요 약

본 연구는 파프리카 GAP 모델의 개발에 있어 기초자료를 제공하기 위해 서부경남에 소재한 파프리카 농장 3곳을

선정하여 파프리카의 재배단계에서 생물학적, 화학적 및 물리적 위해요소를 조사하였다. 생물학적 위해요소는 식물체, 재배환경, 개인위생 및 작업도구를 대상으로 위생지표세균 및 주요 병원성 미생물을 조사하였으며, 화학적 위해요소는 중금속 (재배환경 및 파프리카)과 잔류농약 (파프리카), 물리적 위해요소는 물리적인 위해를 줄 수 있는 요인을 조사하였다. 먼저 재배단계에서 생물학적 위해요소 분석 결과 위생지표세균인 일반세균과 대장균군의 경우 가식부인 파프리카에의 오염과 밀접한 관련이 있는 양액 및 원수에 대해서는 오염도가 양호한 것으로 나타났으나, 수확된 파프리카와 직접적으로 접촉하는 바구니, 천막 및 작업자의 손 등에서는 최대 6.6 및 3.1 log CFU의 높은 수준으로 검출되

어 교차오염의 가능성이 확인되었다. 또한 병원성 미생물은 *B. cereus*만 1.5 log CFU 이하의 비교적 낮은 수준으로 검출되었고, 공중낙하균은 1.4 log CFU 이하로 검출되었다. 화학적 위해요소인 중금속(Cd, Pb, Cu, Cr, Zn, Ni 및 As)과 잔류농약은 재배환경 및 파프리카에서 모두 국내 허용기준치 이하로 검출되었고, 물리적 위해요소는 유리조각, 캔 등의 일반쓰레기나 경작지 폐기물 등으로 다른 위해요소들에 비해 위험도는 상대적으로 낮으나 경우에 따라서 위해를 일으킬 수 있으므로 관리가 필요할 것으로 판단된다. 결론적으로 파프리카의 재배단계에서 생물학적 위해요소의 경우 작업도구 및 개인위생에서 대장균군이 높은 수준으로 검출됨에 따라 파프리카로의 교차오염을 예방하기 위한 체계적인 관리방안이 모색되어야 할 것으로 판단된다. 또한 화학적 및 물리적 위해요소의 경우 본 연구에서는 허용기준치 이하로 농약과 중금속이 검출되고 위해가 큰 이물이 발견되지 않아 안전한 것으로 나타났으나, 농약안전사용기준의 준수 및 재배환경에 대한 주기적인 검사 등은 필히 요구된다.

참고문헌

- 이선옥, 이시경, 경석현, 박길동, 강희곤, 박주성. 파프리카 추출물의 색소안정성과 Ethoxyquin 및 잔류용매 검출. *한국응용생명화학회지*. **45**, 77-83 (2002).
- 조명숙, 이진숙, 홍진숙. 파프리카를 첨가한 설기떡의 품질 특성. *한국식품조리과학회지*. **24**, 333-339 (2008).
- Beltran, J., Ghish, A. K. and Basu, S. 2007. Immunotherapy of tumors with neuroimmune ligand capsaicin. *J. Immunol.* **178**, 3260-3264.
- 정승혜, 허명제, 주정화, 김경애, 오성숙, 고종명, 김용희, 임정수. 비가열 섭취 채소류의 미생물 오염도 조사. *한국식품위생안전성학회지*. **21**, 250-257 (2006).
- 오덕환. 신선편이 농산식품의 미생물학적 안전성확보방안. *식품저장가 가공산업*. **3**, 35-41 (2004).
- 유용만, 윤영남, Quan Juan Hua, 차광호, 이영하. 유통중인 파프리카, 딸기 및 토마토의 생물학적 위해요소 분포 조사. *한국식품위생안전성학회지*. **24**, 174-181 (2009).
- 식품의약품안전청, 식중독의 발생동향 (2011)
- 강호민. 김일섭. 품종별 숙기별 파프리카 과실의 수확 후 생리 및 품질 비교. *강원대학교 농업과학연구소 논문집*. **18**, 61-66 (2007).
- 박희옥, 김창민, 우건조, 박선희, 이동하, 장은정, 박기환. 최근 한국에서 발생한 식중독 모니터링 및 추이 분석. *한국식품위생안전성학회지*. **16**, 280-294 (2001).
- Seo JE, Lee JK, Oh SW, Koo MS, Kim YH, Kim YJ. Changes of microorganisms during fresh-cut cabbage processing: Focusing on the changes of air-borne microorganisms. *J. Fd Hyg. Safety* **22**: 288-293 (2007)
- Kim, S. Y. Implementation of GAP and its implications for food labeling and certification policies. *Agri. Life Sci.* **38**, 21-32 (2004).
- Chung, D. H. Application of good agricultural practices (GAP) of vegetables and their safety. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, **25**, 42 (2007).
- Lee, Y. M., Kang, J. I. and Hwang, G. C. Necessity of introducing the GAP system and future policy direction. *Agri. Life Sci.* **39**, 15-30 (2005).
- Yu, Y. M., Oh, S. C., Sung, B. J., Kim, H. H., Lee, Y. H. and Youn, Y. N. Analysis of good agricultural practices(GAP) in panax ginseng C.A. mayer. *Korean Journal of Medicinal Crop.* **15**, 220-226 (2007).
- KFDA. Korea Food and Drug Administration. Food Code, Seoul (2008).
- 환경부. 토양오염공정시험법. 고시 2009-225 (2009).
- 환경부. 수질오염공정시험법. 고시 2008-188 (2008).
- 식품의약품안전청. 식품공전. 유해금속시험법.
- Kim, K. Y., Song, J. E., Heo, R. W., Lee, W. G., Nam, M. J., Kim, J. S., Shim, W. B., Gil, J. G., Jung, C. S., Park, K. Y. and Chung, D. H. Microbial Assessment of Hot Pepper Farms for Application the Good Agricultural Practices (GAP) of Hot Pepper. *J. Agriculture & Life Science.* **44**, 121-132 (2011).
- RDA. GAP 인증심사원교육 교재. Rural Development Administration (2006).
- Bell, W. A., and R. F. Marquis. Adaptation of *Streptococcus mutans* and *Enterococcus hirae* to acid stress in continuous culture. *Appl. Environ. Microbiol.* **57**, 1134-1138 (1991).
- Hatakka, M., K. J. Bjorkoth, K. Asplund, N. Maki-Petays, and H. J. Korkeala. Genotypes and enterotoxicity of *Staphylococcus aureus* isolated from the hands and nasal cavities of flight-catering employees. *J. Food Prot.* **63**, 1487-1491 (2000).
- Kim, J. S., W. B. Shim, J. H. Kim, S. R. Kim, and D. H. Chung. Sanitary microbial distribution at the tomato farms in Western Gyeongnam. *Kor. J. Env. Hlth.* **32**, 77-88 (2006).
- 식품의약품안전청. 유해우려물질에 대한 권장규격 (2007).
- 환경부. 지하수의 수질기준 (2003).
- 환경부. 먹는 물의 수질기준 (2009).
- 식품의약품안전청. 농약잔류허용기준. 식품공전 (2009).
- 농촌진흥청. 일본수출 채소류 농약안전사용 지침 (2009).
- 농산물품질관리원. 농산물 전처리에 적용될 수 있는 HACCP Manual 개발. 최종보고서 (2004).
- 박경진. 1998~2008 발생한 식품안전관련 사건 · 사고분석. *한국식품위생안전성학회지*. **24**, 162-168 (2009).