

오이와 고추생산 환경에서의 GAP 모델 개발을 위한 위해요소 조사

심원보¹ · 이채원² · 정명진³ · 김정숙² · 류재기⁴ · 정덕화^{2,5*}

¹광주과학기술원 물리화학부, ²경상대학교 농업생명과학연구원, ³경상대학교 식의약품학과
⁴농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 유해생물팀, ⁵경상대학교 응용생명과학부

An Investigation of the Hazards Associated with Cucumber and Hot Pepper Cultivation Areas to Establish a Good Agricultural Practices (GAP) Model

Won-Bo Shim¹, Chae-Won Lee², Myeong-Jin Jeong³, Jeong-Sook Kim², Jae-Gee Ryu⁴, and Duck-Hwa Chung^{2,3*}

¹School of Physics and Chemistry, Gwangju Institute of Science and Technology

²Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University

³Department of Food and Drug, Graduate of Food and Drug, Gyeongsang National University

⁴Microbial Safety Division, Department of Agro-Food Safety, NAAS, RDA

⁵Division of Applied Life Science, Graduate School, Gyeongsang National University

Abstract To analyze the hazards associated with cucumber and hot pepper cultivation areas, a total of 72 samples were obtained and tested to detect the presence of biological (sanitary indicative, pathogenic bacteria and fungi) and chemical hazards (heavy metals and pesticide residues). The levels of sanitary indicative bacteria (aerobic plate counts and coliforms) and fungi were ND-7.2 and ND-4.8 log CFU/(g, mL, hand, or 100 cm²) in cucumber cultivation areas, and ND-6.8 and 0.4-5.3 log CFU/(g, mL, hand, or 100 cm²) in hot pepper cultivation areas. More specifically, the soil of hot pepper cultivation areas was contaminated with coliforms at a maximum level of 5.6 log CFU/g. *Staphylococcus aureus* was detected only in glove samples at a level of 1.4 log CFU/100 cm² and *Bacillus cereus* was detected in the majority of samples at a level of ND-4.8 log CFU/(g, mL, hand, or 100 cm²). *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Salmonella* spp. were not detected. Heavy metal (Zn, Cu, Ni, Pb, and Hg) chemical hazards were detected at levels lower than the regulation limit. Residual insecticides were not detected in cucumbers; however, hexaconazole was detected at a level of 0.016 mg/kg (maximum residue limit: 0.3 mg/kg) in hot peppers.

Keywords: good agricultural practices (GAP), cucumber, hot pepper, hazard, cultivation area

서 론

최근 건강에 대한 관심이 증가함에 따라 국민들의 식품 선호도는 가공식품 보다 신선채소 식품이 높고, 곡류와 채소를 기본으로 하는 한식 식생활을 추구하고 있어 신선 농산물에 대한 소비가 증대되고 있다(1). 특히 신선편이 과일 및 채소류는 항암 및 항산화, 면역증강, 각종 성인병 예방에 유효한 생리활성 물질을 함유하고 있어 소비자층이 더욱 확대되고 있다(2). 하지만 대부분의 신선편이 채소류는 가열조리를 하지 않고 그대로 섭취하는 경우가 많기 때문에 재배에서 수확 시까지의 전 과정을 통해 채소류에 미생물을 비롯한 각종 오염원이 오염되어 있을 경우 안전성에 위협이 될 수 있다(3). 각종 미생물이나 오염원으로부터 채소류의 안전성 확보를 위해 염소계 소독액, 오존수 및 전기분해수를 이용한 세척살균 등에 대한 많은 연구가 이루어지고 있

으나(4-6), 소독액을 사용하는 경우 올바른 행균이 이루어지지 않으면 세척 후 화학물질의 잔류 가능성이 있다. 또한 채소류 생김새 특성상 소독액의 접촉이 어려운 경우에는 올바른 세척살균이 되지 않아 미생물이 그대로 잔존할 수도 있다. 따라서 안전성이 확보된 채소류를 생산하기 위해서는 채소류를 생산하는 모든 단계에서 오염원을 파악하고 해당 작물로의 오염을 방지하는 등 사전에 관리하는 것이 무엇보다 중요하다.

이를 위해 도입된 것이 농산물의 생산, 수확 후 관리 및 유통의 각 단계에서 재배포장, 농업용수 등의 농업환경과 농산물에 잔류할 수 있는 농약, 중금속 및 유해생물 등의 모든 위해요소를 관리하는 GAP (good agricultural practice) 제도이다. 우리나라는 2003년 9농가를 시작으로 2012년 현재 전체 농가의 3.4%에 해당하는 4만여 농가가 GAP를 인증 받았고(7), 2013년에는 인증 농가를 5%까지 확대하여 GAP 제도를 활성화 시키는 것을 목표로 하고 있다. 이처럼 GAP 농산물의 인증비율은 점차 확대되고 있는 추세이나 여전히 유통업체에서 친환경농산물에 비해 취급이 불편화 되어 있지 않고 소비자의 인지도도 낮은 수준이다. 또한 친환경은 농약과 화학비료 등의 화학자재 사용의 관리를 통해 화학적 위해에 대해 안전성을 확보하는 제도인 반면(8), GAP는 Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP)와 마찬가지로 발생 가능한 모든 위해요소를 사전에 관리하여 안전성을 확보하는 소비자 중심의 위해요소 관리 시스템임에도 불구하고 안

*Corresponding author: Duck-Hwa Chung, Division of Applied Life Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701, Korea
Tel: 82-55-772-1903
Fax: 82-55-757-5485
E-mail: dhchung@gnu.ac.kr
Received September 30, 2013; revised October 29, 2013;
accepted October 31, 2013

전성과는 상관없는 작물이나 시설 중심의 재배 관리 시스템으로 잘못 인식되고 있다. 이는 GAP 원리의 잘못된 이해에서 비롯된 것으로 안전한 농산물의 공급과 소비를 위해서는 원리에 대한 올바른 이해가 필요하다. GAP의 올바른 이해를 위해서는 위해요소 관리에 대한 이해가 기본이 되어야 하나 현재 GAP 관련 지침서나 문헌들은 각종 위해요소 관리에 대한 정보들이 매우 부족한 실정으로 위해요소 관리가 기본이 되는 다양한 작물별 GAP 지침서의 개발을 통해 자료들이 확보되어야 한다. 따라서 본 연구는 작물 중 대표적인 여름철 신선편이 채소인 오이와 고추를 대상으로 생산과정 중에서 발생할 수 있는 위해요소에 대해 조사하고 오염정도를 파악하여 위해요소 관리 중심의 오이와 고추 GAP 지침서 개발을 위한 기초 자료로 활용하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

시료채취

오이와 고추 생산 환경에서의 위해요소 조사를 위해 경남 지역에 소재하는 시설 하우스 관행재배 오이농장과 고추농장을 선정하여 재배 전 단계부터 수확단계까지 3차례에 걸쳐 시료 채취를 실시하였다. 본 연구에 사용된 시료는 토양, 농업용수, 오이, 고추, 잎, 작업자 손, 장갑, 작업복, 수확용기, 포장박스 등 총 72 점 이었고(Table 1), 이들 시료를 대상으로 위생지표세균(일반세균, 대장균군, *Escherichia coli*)과 병원성미생물(*E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*), 그리고 곰팡이를 분석하였다. 토양과 농업용수는 각각 1 kg 또는 1 L씩 시료채취용 멸균팩과 멸균 채수병(Medi-land, Seoul, Korea)에 채취하였고, 오이, 고추, 잎은 각각 500 g씩을 멸균팩에 채취하였다. 장갑, 작업복, 수확용기 및 포장박스는 채취 가능한 면적 또는 10 cm×10 cm 크기의 면적대를 사용하여 100 cm²의 면적을 Swab kit (3M China Ltd., Shanghai, China)로 문질러 채취하였으

Table 1. The samples and their numbers collected from cucumber and hot pepper farms

Farm	Sampling times	Samples	No. of samples
Cucumber	3	Soil	6
		Agricultural water	6
	2	Cucumber	4
		Leaves	4
		Hands	4
		Gloves	4
		Clothes	4
	1	Collection container	2
		Packing box	2
	Hot pepper	3	Soil
Agricultural water			6
2		Hot pepper	4
		Leaves	4
		Hands	4
		Gloves	4
		Clothes	4
1		Collection container	2
		Packing box	2
Total			72

며, 작업자 손은 glove juice법(9)으로 시료를 채취하였다.

위생지표세균 및 곰팡이의 오염도 측정

위생지표세균 중 일반세균과 대장균군은 정량분석을, 대장균은 정성분석을 실시하였다. 위생지표세균과 곰팡이의 분석을 위하여 토양, 오이, 고추, 잎 시료는 10 g씩 취해 각각 0.85% 멸균 생리 식염수 90 mL를 첨가하여 stomacher에서 균질화 하였고, 농업용수와 Swab kit를 이용하여 채취한 표면검체시료, glove juice법에 의해 채취된 작업자 손 시료는 별다른 전처리과정 없이 30초간 강하게 진탕하여 균질화 하였다.

균질화된 시료는 10배 단계희석한 후 각각 1 mL을 취하여 일반세균과 coliform 측정용 petrifim (3M, St. Paul, MN, USA)에 각각 분주하고 37°C에서 24시간 배양한 후 형성된 집락을 계수하였다. *E. coli*는 시료를 EC broth (Difco, Becton Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)에 증균배양(37°C, 24시간) 하여 가스를 생성한 양성인 시료만 eosin methylene blue agar (Difco)에 재배양하였다. 이후 녹색의 금속성 광택을 띄는 집락에 한해 tryptic soy agar (Difco)에서 배양한 다음 다시 ChromID™ Coli agar (BioMrieuxSA, Marcy Etoile, France)에 배양하여 핑크색 집락 생성을 확인하여 오염유무를 확인하였다. 곰팡이의 분석은 일반세균 및 대장균군 분석과 동일하게 시료를 단계 희석한 후 0.1 및 1 mL씩을 rose bengal agar (Difco)에 도말하여 28°C에서 72시간 배양한 다음 형성된 집락을 계수하였다.

병원성 미생물의 오염도 측정

주요 식중독 세균으로 알려져 있는 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *S. aureus* 및 *B. cereus*를 대상으로 병원성 미생물 오염도를 측정하였다. 이들 중 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.는 증균 및 분리배양, 확인시험 과정을 거쳐 정성분석을, *S. aureus* 와 *B. cereus*는 정량분석과 정성분석을 실시하였다. 이때 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp. 분석용 시료는 멸균된 0.1 % 펩톤수를 이용하여 위생지표세균과 곰팡이 분석용 시료와 동일하게 전처리하였으며, 모든 실험은 식품공전(10)에 따라 수행하였다.

E. coli O157:H7은 mEC broth (Difco)에 증균시켜 가스를 생성한 시료만을 macConkey sorbitol agar (Difco)에 접종하여 37°C에서 24시간 배양한 다음 sorbitol을 분해하지 않는 무색 집락을 대상으로 PCR (GeneAmp 2400, Applied Biosystems, Foster City, CA, USA)을 실시하여 최종확인 하였다. *L. monocytogenes*는 fraser broth에 증균한 다음 진한 갈색을 나타내는 시료에 한해서 oxford agar (Oxoid, Basingstoke, Hampshire, UK)에 접종하여 37°C에서 24시간 배양하여 검은색 환으로 둘러싸인 집락을 대상으로 PCR을 실시하여 최종확인 하였다. *Salmonella* spp.는 Rappaport-Vassiliadis broth에 증균한 다음 배지가 혼탁해진 시료에 한해서 xylose lysine desoxycholate agar (Difco)에 접종하여 37°C에서 24시간 배양하였으며, 생성된 검은색 집락을 대상으로 PCR을 실시하여 최종확인 하였다.

*S. aureus*와 *B. cereus*는 각각 baird-parker agar (Difco)와 manitol-egg yolk polymyxin agar (Difco)에 도말하여 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 *S. aureus*는 투명 한 띠로 둘러싸인 광택이 있는 검정색 집락을, *B. cereus*는 혼탁한 환을 갖는 분홍색 집락을 계수하여 정량분석을 하였다. 정성분석은 계수한 각 평판에서 5개의 전형적인 집락을 선별하여 tryptic soy agar (Difco)에 배양한 후 PCR로 최종 확인하였다.

이때 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.

의 PCR 반응은 predenaturation 5분(94°C), denaturation 30초(94°C), primer annealing 30초(60°C) 및 extension 30초(72°C)의 조건으로 30 cycle을 수행하고, final extension을 72°C에서 5분간 실시하였다. *B. cereus*와 *S. aureus*의 경우는 predenaturation 5분(94°C), denaturation 1분 또는 30초(94°C), primer annealing 2분 또는 30초(55°C) 및 extension 1.5분 또는 30초(72°C)의 조건으로 30 cycle을 수행하고, final extension을 72°C에서 7분간 실시하였다. PCR 반응을 통해 생성된 증폭물은 1.2% agarose gel 상에서 전기영동 하여 확인하였다.

중금속 및 잔류농약 측정

토양과 농업용수에 오염되어 있는 중금속은 농작물의 생육을 저해하거나 농작물에 축적되어 이를 섭취한 사람에게 영향을 미칠 수 있어 GAP 인증 시 중금속에 대한 관리는 필수 항목으로 (11), 오이와 고추 재배지의 토양과 농업용수에 대한 중금속 오염도를 확인하였다. 또한 수확된 오이와 고추에 대해서는 유통 시 문제가 될 가능성이 높은 잔류농약에 대해 분석을 실시하였으며 모든 분석은 (주)피코코리아에 의뢰하여 실시하였다.

먼저, 중금속 분석은 토양환경보전법 시행규칙 별표 3 토양오염유리기준, 환경정책기본법 및 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙의 농업용수 수질기준에서 제시하고 있는 카드뮴(Cd), 납(Pb), 구리(Cu), 크롬(Cr⁶⁺), 아연(Zn), 니켈(Ni), 수은(Hg) 및 비소(As) 등 8종의 중금속을 대상으로 실시하였다. 토양 시료는 균질화한 다음 105°C에서 건조(4시간)하여 vessel에 0.2 g을 칭량하고, 여기에 HCl 6 mL과 HNO₃ 32 mL를 첨가한 후 microwave digester에서 ramping (180°C, 5분), holding (180°C, 5분), cooling 과정을 거쳐 시료를 분해하였다. 분해한 시료는 25 mL로 양을 조절하여 시험용액으로 만든 후 ICP-OES (OPTIMA 7300DV, Perkin-Elmer, Waltham, MA, USA)로 측정하였다. 용수는 특별한 전처리과정 없이 시료 그대로를 측정하였으며, 원소별 측정파장은 Cd 228.802 nm, Cu 327.393 nm, As 188.979 nm, Hg 253.652 nm, Pb 220.353 nm, Cr⁶⁺ 267.716 nm, Zn 206.200 nm 및 Ni 231.604 nm로 하여 측정하였다.

잔류농약은 acetamiprid, azoxystrobin, bifenthrin 등 총 102종의 농약성분에 대한 분석을 실시하였다. QuEChERS법(12)에 따라 오이와 고추 시료 10 g에 CH₃CN 10 mL과 표준물질을 첨가하여 혼합 후 MgSO₄ 4 g과 NaCl 1 g을 처리하여 30분간 진탕하고 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상등액 1 mL을 취해 PSA 50 mg과 MgSO₄ 150 mg이 처리된 고체상으로 옮겨 정제한 후 이를 Waters사의 HPLC e2695 system을 사용하여 농약의 잔류농도를 확인하였다. 이때 사용한 칼럼은 Phenomenex Gemini (25 cm, particle size 5 µm, C18, Torrance, CA, USA), detector는 UVD, 이동상 용매는 CH₃CN: 3° DW를 사용하였으며, 유속은 1.0 mL/min, 시료의 일회 주입량은 10 µL로 하여 분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

재배환경인 토양과 농업용수의 미생물 오염도

재배환경인 토양과 농업용수의 미생물 오염도 확인을 위해 재배전, 재배 및 수확단계로 구분하여 총 3회에 걸쳐 미생물 분석을 실시하였다. 오이 재배 토양과 농업용수에서는 일반세균과 대장균군이 1.7-7.2 log CFU/g or mL, 곰팡이가 3.8-4.8 log CFU/g or mL 및 *B. cereus* 1.7-4.5 log CFU/g or mL 범위로 확인되었고, 고추 재배 토양과 농업용수에서의 미생물 분포는 일반세균과 대장균군이 1.9-6.8 log CFU/g or mL, 곰팡이가 0.4-5.0 log

CFU/g or mL로 확인되었고, *B. cereus*는 토양에서만 2.3-4.8 log CFU/g 범위로 확인되었다. 이외에 *E. coli*와 다른 병원성 미생물은 발견되지 않았다.

토양의 미생물 분포도는 오이 재배지와 고추 재배지 모두 시기에 따른 큰 차이는 나타나지 않았다. Nam 등(13)의 연구에서는 고추 재배지의 토양에서 일반세균과 대장균군이 5.7-6.2 log CFU/g, *B. cereus* ND-2.5 log CFU/g 수준으로 검출되었고, Kim 등(14)도 오이시설재배 토양에서 미생물이 7.8-7.9 log CFU/g으로 검출되었으며 다양한 미생물 중 *Bacillus* 속이 가장 많이 분리되었다고 보고하고 있다. 또한 일반적으로 토양에는 여러 미생물이 일정수준 이상 존재하고 있기 때문에 본 연구에서 확인된 오염수준은 작물의 안전성에 문제를 야기할 가능성은 매우 낮은 상태인 것으로 판단된다. 하지만 토양내의 미생물 분포와 밀도는 토양의 구성성분, pH 등에 따라 달라질 수 있고, 이들은 영양분 공급의 목적으로 사용되는 퇴비나 비료 등으로 인하여 달라질 가능성이 있다(14,15). 그리고 토양에 존재하는 미생물은 작물 외부뿐만 아니라 내부로 들어와서 가격부로 이동할 수도 있다는 보고가 있다(16). 따라서 건전한 상태의 토양 유지를 통해 안전한 작물을 생산하기 위해서는 영양분의 공급을 목적으로 사용되는 퇴비나 비료 등을 올바른 사용법에 따라 적정량을 사용하도록 하는 것이 우선되어야 하며, 특히 부적절한 퇴비의 사용으로 유해 미생물이 토양으로 유입되지 않도록 주의할 것을 기울여야 할 것이다.

농업용수의 경우 두 재배지 모두 지하수를 사용하고 있었으나 오이 재배지에서는 수확단계에서만 일반세균이 최고 2.7 log CFU/mL로 검출되어 양호한 것으로 확인된 반면, 고추 재배지에서는 재배전 및 재배단계에서 일반세균 외에도 대장균군이 최고 4.5 Log CFU/mL까지 검출되어 고추 재배지에서는 용수의 관리가 필요한 것으로 확인되었다. 일반적으로 대장균군과 *E. coli*, 분변성 대장균군의 검출은 다른 병원성 미생물의 공존가능성이 있음을 나타내므로(17) 본 연구에서는 대장균과 다른 병원미생물이 검출되는 않았지만 대장균군이 높은 수준으로 검출된 만큼 주변 환경의 청결관리를 통해 오염수가 농업용수로 혼입되지 않도록 하는 등의 용수에 대한 관리가 필요하다고 생각된다.

대상 작물(오이, 고추)의 미생물 오염도

작물인 오이와 고추에 대해서는 재배단계와 수확단계에 각각 1회씩 총 2회에 걸쳐 시료를 채취하여 미생물을 분석하였고, 가격부와 직접적인 접촉이 있어 교차오염의 원인이 되는 각각의 잎에 대해서도 미생물 분석을 함께 실시하였다. 그 결과 오이와 잎에서는 일반세균과 대장균군이 4.2-6.4와 1.7-2.9 log CFU/g, 곰팡이가 1.1-5.5 log CFU/g으로 검출되었고, 오이보다는 잎에서 높게 검출되었다. 병원성 미생물은 *B. cereus*만 잎에서 2.5 log CFU/g 이 검출되었다(Table 2). Jung 등(18)의 유통 유기농 채소류 미생물 분포확인 연구에서 오이의 경우 일반세균이 평균 7.4 log CFU/g으로 검출되었고(18), Bae 등(19)의 유통 중인 신선편이 채소류의 미생물 품질 연구에서는 일반세균이 3.9-5.8 log CFU/g 범위로 검출되었으며, Choi 등(20)의 신선 채소류의 호기성 세균의 조사 연구에서 오이는 일반세균이 평균 3.3-6.5 log CFU/g, 대장균군이 1.6-5.4 log CFU/g로 확인되었다. 이들 결과와 비교할 때 본 연구에서 확인된 생산-수확 단계에서 오이의 미생물 오염도는 유통단계에서와 유사하거나 낮은 수준이었으며, 우려할 정도의 수준 또한 아니라고 판단된다.

한편, 고추와 잎에서는 일반세균과 대장균군이 2.9-4.5와 0.7-4.3 log CFU/g, 곰팡이가 1.6-5.3 log CFU/g으로 검출되었고, 고추와 잎의 검출 수준은 비슷하였다. 병원성 미생물은 오이와 마

Table 2. Microbial population for the samples collected from cucumber farms

(Unit: log CFU/g or mL, hand, cm²)

Samples	Times	Microorganisms					
		APCs	Coliforms	Fungi	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>	
Environment	Soil	1st	7.2±0.2	2.3±0.2	3.8±0.7	ND ¹⁾	1.7±2.4
		2nd	7.1±0.1	1.7±2.4	4.5±0.1	ND	4.5±0.1
		3th	7.0±0.3	3.7±0.7	4.8±0.0	ND	2.4±0.2
	Agricultural water	1st	ND	ND	ND	ND	ND
		2nd	ND	ND	0.2±0.3	ND	ND
		3th	2.7±0.1	ND	0.2±0.3	ND	1.7±0.0
Crop	Cucumber	1st	NS ²⁾	NS	NS	NS	NS
		2nd	4.2±0.6	1.7±0.5	1.1±1.5	ND	ND
		3th	4.7±0.2	2.9±0.5	2.0±0.9	ND	ND
	Leaves	1st	NS	NS	NS	NS	NS
		2nd	4.8±0.1	2.8±0.9	4.3±0.8	ND	ND
		3th	6.4±0.0	2.1±0.8	5.5±0.1	ND	2.5±0.1
Workers' hygiene	Hands	1st	NS	NS	NS	NS	NS
		2nd	4.6±0.3	ND	3.6±0.1	ND	2.3±0.1
		3th	4.7±0.3	2.3±0.0	3.4±0.1	ND	ND
	Gloves	1st	NS	NS	NS	NS	NS
		2nd	3.7±0.9	ND	1.2±0.2	1.4±2.0	ND
		3th	4.6±0.5	1.9±2.6	3.3±0.5	ND	2.0±1.4
Clothes	1st	NS	NS	NS	NS	NS	
	2nd	3.4±0.1	ND	2.9±0.2	ND	2.2±0.3	
	3th	2.2±0.1	ND	2.5±0.3	ND	ND	
ETC	Collection container	1st-2nd	NS	NS	NS	NS	NS
		3th	3.9±1.2	1.7±2.4	4.1±0.2	ND	ND
	Packing box	1st-2nd	NS	NS	NS	NS	NS
		3th	2.6±0.5	ND	1.9±1.2	ND	2.0±0.5

¹⁾ND: Not detected²⁾NS: Not sampled

찬가지로 *B. cereus*만 앞에서 1.0 log CFU/g 이 검출되었다. Nam 등(13)의 연구에서는 고추와 고춧잎에서 일반세균과 대장균군이 각각 1.9-4.8 과 3.0-4.2 log CFU/pepper or leaf, 곰팡이는 1.0-2.7 log CFU/pepper or leaf 수준으로 검출되어 본 연구결과와 유사하였다. 또한 Bae 등(19)의 연구에서는 유통 중인 고추에서 일반세균이 4.5-5.3 log CFU/g 범위로 검출되었고, Jo 등(21)의 학교주변식당 신선 채소류의 미생물 오염도 조사에서 고추는 일반세균이 2.8-7.4 log CFU/g, 대장균군이 ND-4.7 log CFU/g, *S. aureus*가 ND-4.0 log CFU/g 범위로 검출되었다. 이와 비교할 때 생산-수확단계에서의 미생물 오염도는 비교적 낮은 것으로 판단되며, 농산물의 미생물 오염도가 수확할 때 까지는 낮은 수준이라 하더라도 유통이나 소비 전 단계에서 부적절한 취급이 발생하면 미생물의 오염 수준이 높아 질수 있는 가능성이 있음을 확인할 수 있었다.

따라서 오이와 고추 모두 생산에서부터 수확과정까지도 미생물에 대한 안전성 확보를 위한 노력이 필요하지만, 이와 함께 수확 후 단계에서의 위생 관리도 철저히 하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

작업자 손, 옷, 장갑의 미생물 오염도

작업자 개인위생관련 항목에 대한 미생물 오염도 분석 또한 작물과 마찬가지로 재배단계와 수확단계에 각각 1회씩 총 2회에 걸

쳐 실제 작업 중인 작업자를 대상으로 시료를 채취하여 실시하였다. 오이 재배지 작업자의 손과 옷, 장갑에서는 일반세균과 대장균군이 1.9-4.7 log CFU/hand or 100 cm², 곰팡이가 1.2-3.6 log CFU/hand or 100 cm², *B. cereus*가 2.0-2.3 log CFU/hand or 100 cm² 범위로 검출되었고, 장갑에서만 *S. aureus*가 1.4 log CFU/100 cm²가 검출되었다. 또한 고추 재배지 작업자의 손, 옷, 장갑에서는 일반세균과 대장균군이 0.4-4.9 log CFU/hand or 100 cm², 곰팡이가 2.5-5.1 log CFU/hand or 100 cm², *B. cereus*가 0.5-2.8 log CFU/hand or 100 cm² 범위로 검출되었다. 전체적으로 작업자의 옷과 장갑보다는 손에서 높은 미생물 오염도를 나타내었고, 심각한 수준으로 검출된 것은 아니지만 작업자로부터 해당 작물의 교차오염 가능성이 확인되어 개인위생 관리가 필요한 것으로 생각된다.

특히 작업자는 식품의 취급 시 미생물을 포함한 위해인자를 주변 환경이나 다양한 오염원으로부터 식품으로 옮기는 매개 역할을 하여 식중독 발생원인의 큰 부분을 차지하고 있기 때문에 식품을 취급하는 현장에서의 작업자 개인위생관리는 매우 중요하다(22). 오이와 고추 재배 현장의 작업자는 식품제조 현장 작업자와는 달리 외부 자연환경에 그대로 노출이 되어 있는 환경에서 작업을 하므로 식품제조현장에서 요구하는 위생관리 수준으로 관리하기는 어려움이 있다. 하지만 손이나 사용하는 장갑 등에 유해 미생물이 오염 되어 있으면 오이와 고추의 선별 및 포

Table 3. Microbial population for the samples collected from hot pepper farms

(Unit: log CFU/g or mL, hand, cm²)

Samples	Times	Microorganisms					
		APCs	Coliforms	Fungi	<i>S. aureus</i>	<i>B. cereus</i>	
Environment	Soil	1st	6.5±0.5	5.6±0.1	2.3±0.0	ND ¹⁾	ND
		2nd	6.6±0.5	5.4±0.1	5.0±0.8	ND	2.3±3.3
		3th	6.8±0.1	3.9±0.3	4.0±0.4	ND	4.8±0.4
	Agricultural water	1st	4.9±0.1	4.4±0.1	0.5±0.2	ND	ND
		2nd	4.9±0.0	4.5±0.0	0.5±0.6	ND	ND
		3th	3.1±0.5	1.9±0.3	0.4±0.6	ND	ND
Crop	Hot pepper	1st	NS ²⁾	NS	NS	NS	NS
		2nd	3.3±0.8	4.3±0.1	3.8±0.1	ND	ND
		3th	3.1±2.0	0.7±1.0	1.6±2.3	ND	ND
	Leaves	1st	NS	NS	NS	NS	NS
		2nd	2.9±1.7	2.2±3.1	5.0±0.1	ND	1.0±1.5
		3th	4.5±0.6	2.9±0.7	5.3±0.4	ND	ND
Workers' hygiene	Hands	1st	NS	NS	NS	NS	NS
		2nd	4.9±1.8	2.2±1.1	3.8±0.2	ND	2.3±0.3
		3th	4.3±0.1	2.0±0.2	5.1±0.1	ND	2.8±0.2
	Gloves	1st	NS	NS	NS	NS	NS
		2nd	2.5±0.1	0.4±0.06	2.5±0.4	ND	0.8±0.4
		3th	3.4±0.5	2.5±0.2	4.5±0.2	ND	1.5±0.3
	Clothes	1st	NS	NS	NS	NS	NS
		2nd	3.0±0.4	1.6±2.2	3.5±0.4	ND	ND
		3th	3.1±0.1	2.6±0.0	4.3±0.2	ND	0.5±0.7
ETC	Collection container	1st-2nd	NS	NS	NS	NS	NS
		3th	2.8±0.0	ND	4.1±0.5	ND	1.0±0.0
	Packing box	1st-2nd	NS	NS	NS	NS	NS
		3th	2.8±2.6	ND	1.7±0.1	ND	ND

¹⁾ND: Not detected²⁾NS: Not sampled

장과정에서는 대상 작물로의 교차오염이 발생하여 유통과정 중 오염도가 증가할 수 있으므로 작업 전후에는 올바른 손 세척을 통한 청결 상태를 유지하고, 사용한 장갑 등은 깨끗이 세척 후 사용하는 등의 기본적인 사항의 준수를 통해서 위생관리를 할 수 있도록 해야 할 것으로 보인다.

수확 및 포장 용기의 미생물 오염도

오이 수확 시 사용되는 수확용기와 포장박스의 경우 일반세균과 대장균군, 곰팡이 및 *B. cereus*가 각각 1.7-3.9, 1.9-4.1 및 2.0 log CFU/100 cm² 수준으로 오염되어 있는 것을 확인하였고, 고추 수확 시 사용되는 수확용기와 포장박스에서는 일반세균과 곰팡이만 각각 2.8, 1.7-4.1 log CFU/100 cm² 수준으로 오염되어 있는 것으로 확인되었다. 일반세균과 대장균군은 비교적 낮은 수준으로 검출되었으나 수확용기에서는 곰팡이가 많이 검출되었고, 포장박스에서는 *B. cereus*가 검출이 되었다.

곰팡이는 대부분 작물병의 원인으로, 곰팡이에 오염되어 있거나 상처를 입은 오이나 고추가 수확 시 정상적인 것들과 혼입되어 수확용기에 담겨지게 되면 용기에 곰팡이가 남아있게 될 가능성이 있다. 이 용기를 그대로 반복적으로 사용하게 되면 이후 수확되는 오이나 고추로 교차오염이 발생하여 안전성뿐만 아니라 품질 저하에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 수확용기의 경우

사용 후에는 다음 사용을 위해 반드시 세척을 하여 청결한 상태로 지정된 장소에 보관할 수 있도록 해야 할 것이다. 또한 포장박스에서 *B. cereus*가 검출된 것은 토양에 노출되어 있는 장소 등 부적절한 보관에 기인한 것으로 판단되므로 수확용기와 마찬가지로 다른 용도의 물건과는 별도로 구분하여 지정된 장소에 보관하도록 해야 할 것이다.

토양과 용수의 중금속 확인

GAP인증을 받으려면 토양은 토양환경보전법 시행규칙 별표3 토양오염우려기준 “1” 지역의 중금속 기준을 초과하지 않아야 하며, 농업용수의 경우 환경정책기본법 및 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙의 “농업용수 수질기준”에 적합하여야 한다(11). 오이와 고추가 재배되고 있는 토양과 농업용수가 이들 기준에 적합한지 확인하기 위해 중금속 분석을 실시한 결과 토양에서는 Zn > Cu > Ni > Pb > Hg 순으로 중금속이 검출되고, 그 농도는 Zn이 고추 재배 토양에서 최대 128.49 mg/kg (기준치: 300 mg/kg)으로 검출되었다(Table 5). 농업용수는 고추 재배지에서 사용되고 용수에서 Zn이 0.02 mg/kg이 검출되었다. 이는 일반적으로 농경지에서 검출되는 중금속 오염 농도 수준으로(23,24), 오이와 고추 재배지의 토양과 농업용수는 중금속에 대해 안전한 수준을 유지하고 있으며, 기준에도 적합한 것으로 확인되었다.

Table 4. Concentration of heavy metals in soil and agricultural water collected from cucumber and hot pepper farms (Unit: mg/kg or L)

Element	Cucumber farms		Hot pepper farms		MRL ¹⁾	
	Soil	Agricultural water	Soil	Agricultural water	Soil	Agricultural water
Cd	ND ²⁾	ND	ND	ND	4	0.005
Cu	28.14	ND	30.87	ND	150	- ³⁾
As	ND	ND	ND	ND	25	0.05
Hg	0.017	ND	0.015	ND	4	0
Pb	17.23	ND	9.76	ND	200	0.05
Cr ⁶⁺	ND	ND	ND	ND	5	0.05
Zn	102.12	ND	128.49	0.02	300	-
Ni	28.12	ND	13.53	ND	100	-

¹⁾MRL: Maximum Residue Limit

²⁾ND: Not detected

³⁾-: None of acceptable standards

오이와 고추의 잔류농약 확인

오이와 고추 재배 시 사용된 농약의 잔류여부를 확인하기 위해 수확한 오이와 고추를 대상으로 잔류농약 검사항목 102성분에 대한 분석을 실시한 결과 오이에서는 불검출 되었고, 고추에서는 hexaconazole 성분만 0.016 mg/kg (기준치: 0.3 mg/kg) 검출되었다(data not shown). 유통되고 있는 오이와 고추의 잔류농약 모니터링 연구결과를 살펴보면 Kim 등(25)은 일부 고추에서 농약이 검출되었으나 잔류허용기준 이하로 확인된 것으로 보고하였고, Han 등(26)의 연구에서는 오이전체 시료 중 25.4%에서 농약이 잔류허용기준 이하로 검출되었다. 또한 Nam 등(27)의 연구 결과에 따르면 고추는 모든 시료에서 잔류허용기준 이하의 농약이 검출되었으나, 일부 오이 시료에서는 잔류허용기준을 초과한 경우도 있었다. 전반적으로 오이와 고추에서의 잔류농약 모니터링 결과들은 농약이 불검출 되거나 검출되더라도 잔류허용기준 이하로 확인되어 대부분 안전한 것으로 판단되나 잔류허용기준을 초과하는 경우도 일부 존재하기 때문에 오이와 고추 재배 시 농약의 사용에 있어서 농약안전사용관리기준을 준수할 수 있도록 노력을 해야 할 것이다.

요 약

오이와 고추의 안전성에 영향을 미치는 위해요소 분석의 기초 자료로 활용하기 위해 오이와 고추 재배지에서 총 72점의 시료를 채취하여 미생물학적(위생지표세균, 병원성미생물, 곰팡이) 위해요소와 화학적(중금속, 잔류농약) 위해요소를 조사하였다. 미생물학적 위해요소 중 위생지표세균과 곰팡이는 오이 재배지에서 ND-7.2와 ND-4.8 log CFU/g (g, mL, hand, or 100 cm²) 범위로 검출되었고, 고추 재배지에서는 ND-6.8와 0.4-5.3 log CFU/g (g, mL, hand, or 100 cm²) 범위로 검출되었다. 특히 대장균군은 고추 재배지의 토양에서 최대 5.6 log CFU/g까지 검출되었다. 병원성 미생물은 *S. aureus*는 오이 농장의 장갑에서만 1.4 log CFU/100 cm²으로 검출되었고, *B. cereus*는 대부분의 시료에서 ND-4.8 log CFU/g (g, mL, hand, or 100 cm²) 범위로 검출되었다. *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 및 *Salmonella* spp.는 검출되지 않았다. 화학적 위해요소에 해당하는 중금속은 Zn, Cu, Ni, Pb 및 Hg이 국내 허용기준치 이하로 검출되었고, 잔류농약의 경우 오이에서는 모든 성분이 불검출 되었으나 고추에서 hexaconazole 성분이 0.016 mg/kg (기준치: 0.3 mg/kg)으로 검출되었다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ009216)의 지원 및 농림축산식품부 수산실용화학기술개발사업에 의해 이루어진 것임.

References

1. Yun HJ, Park KH, Ryu KY, Kim BS. Analyses of microbiological contamination in cultivation and distribution stage of tomato and evaluation of microbial growth in tomato extract. *J. Fd. Hyg. Safety* 28: 174-180 (2013)
2. Lee WJ, Lee CH, Yoo JY, Kim KY, Jang KI. Sterilization efficacy of washing method using based on microbubbles and electrolyzed water on various vegetables. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 912-917 (2011)
3. Hong CK, Seo YH, Choi CM, Hwang IS, Kim MS. Microbial quality of fresh vegetables and fruits in seoul, Korea. *J. Fd. Hyg. Safety* 27: 24-29 (2012)
4. Jin YG, Kim TW, Ding T, Oh DH. Effect of electrolyzed water and citric acid on quality enhancement and microbial inhibition in Head Lettuce. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 578-586 (2009)
5. Kim SR, Ryu KY, Lee MH, Jung CS, Yoon YH, Shim WB, Kim JH, Kim BS, Yoo SY, Kim DH, Yun JC, Chung DH. Evaluation of the bactericidal activity of electrolyzed water against *Salmonella* Typhimurium and *Staphylococcus aureus* on perilla leaves. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 467-471 (2012)
6. Kim C, Hung YC, Brachett RE. Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of food-borne pathogens. *Int. J. Food Microbiol.* 61: 199-207 (2000)
7. National Agricultural Products Quality Management Service. Good Agricultural Practice (GAP). Available from: <https://www.gap.go.kr>. Accessed Sep. 5, 2013.
8. Huh EJ, Kim JW. Consumer knowledge and attitude to spending on environment-friendly agricultural products. *Korean J. Hum. Ecol.* 19: 883-896 (2010)
9. Anonymous. Guidelines for effectiveness testing of surgical hand scrub(glove juice test). *Fed. Regist.* 43: 1242-1243 (1978)
10. MFDS. Korean Foods Code. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongwon, Korea (2013)
11. RDA. Textbook for training GAP inspector. Rural Development Administration. Suwon, Korea. pp. 59-64 (2012)
12. Lehotay SJ. Determination of pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate: collaborative study. *J. AOAC Int.* 90: 485-520 (2007)
13. Nam Mj, Heo RW, Lee WG, Kim KY, Chung DY, Kim JS, Shim WB, Chung DH. Microbiological hazard analysis of hot pepper

- farms for the application of good agricultural practices (GAP) system. *J. Agri. Life Sci.* 45: 163-173 (2011)
14. Kim BY, Weon HY, Park IC, Lee SY, Kim WG, Song JK. Microbial diversity and community analysis in lettuce or cucumber cultivated greenhouse soil in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 44: 1169-1175 (2011)
 15. Joa JH, Moon DG, Koh SW, Hyun HN. Effect of temperature condition on nitrogen mineralization and soil microbial community shift in volcanic ash soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45: 467-474 (2012)
 16. Solomon EB, Yaron S, Matthews KR. Transmission of *Escherichia coli* O157:H7 from contaminated manure and irrigation water to lettuce plant tissue and its subsequent internalization. *Appl. Environ. Microbiol.* 68: 397-400 (2002)
 17. An YJ, Peter BG. Monitoring *E. coli* and total coliforms in natural spring water as related to recreational mountain areas. *Environ. Monit. Assess.* 102: 131-137 (2005)
 18. Jung KS, Roh EJ, Ryu KY, Kim WI, Park KH, Lee DH, Kim KH, Yun JC, Heu SG. Monitoring of pathogenic bacteria in organic vegetables from Korean market. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45: 560-564 (2012)
 19. Bae YM, Hong YJ, Kang DH, Heu SG, Lee SY. Microbial and pathogenic contamination of ready-to-eat fresh vegetables in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 161-168 (2011)
 20. Choi JW, Park SY, Yeon JH, Lee MJ, Chung DH, Lee KH, Kim MG, Lee DH, Kim KS, Ha SD. Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. *J. Fd. Hyg. Safety.* 20: 43-47 (2005)
 21. Jo SH, Chung HJ, Lee SH, Hwang SJ, Om AS, Eun JB. Microbial quality of fresh vegetables in restaurants around school. *Korean J. Food Preserv.* 20: 424-428 (2013)
 22. Kim SR, Lee JY, Lee SH, Ko HS, Yoon YH, Kwon SH, Ryu KY, Yun HJ, Kim WI, Yun JC, Kim DH, Chung DH. Distribution of microorganisms in perilla leaf and cultivation area. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 243-248 (2011)
 23. Yu YM, Oh SC, Sung BJ, Kim HH, Lee YH, Youn YN. Analysis of good agricultural practices (GAP) in panax ginseng C.A. mayer. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 15: 220-226 (2007)
 24. Kim KY, Song JE, Heo RW, Lee WG, Nam MJ, Kim JS, Shim WB, Gil JG, Jung CS, Park KY, Chung DH. Investigation and analysis of hazards for cultivation environment to establish the good agricultural practices (GAP) of soybean. *J. Agri. Life Sci.* 44: 121-132 (2010)
 25. Kim MR, Na MA, Jung WY, Kim CS, Sun NK, Seo EC, Lee EM, Park YG, Byun JA, Eom JH, Jung RS, Lee JH. Monitoring of pesticide residues in special products. *Korean J. Pestic. Sci.* 12: 323-334 (2008)
 26. Han SH, Park SK, Kim OH, Choi YH, Seung HJ, Lee YJ, Jung JH, Kim YH, Yu IS, Kim YK, Han KY, Chae YZ. Monitoring of pesticide residues in commercial agricultural products in the northern area of Seoul, Korea. *Korean J. Pestic. Sci.* 16: 109-120 (2012)
 27. Nam HS, Choi YH, Yoon SH, Hong HM, Park YC, Lee JH, Kang YS, Lee JO, Ahn YS, Hong YP, Kim HY. Monitoring of residual pesticide in commercial agricultural products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 317-324 (2006)