



갯잎의 농산물우수관리제도(GAP) 적용을 위한 수확단계에서 미생물학적 위해요소 분석

권우현¹ · 이원경¹ · 송정언¹ · 김경열¹ · 심원보³ · 윤요한⁴ · 김윤식^{2,3} · 정덕화^{1,3*}

¹경상대학교 응용생명과학부(BK 21 program), ²경상대학교 농업경제학과,
³경상대학교 농업생명과학연구원, ⁴숙명여자대학교 생활과학부 식품영양학과

Microbiological Hazard Analysis on Perilla Leaf Farms at the Harvesting Stage for the Application of the Good Agricultural Practices(GAP)

Woo-Hyun Kwon¹, Won-Gyeong Lee¹, Jeong-Eon Song¹, Kyeong-Yeol Kim¹, Won-Bo Shim³,
Yo-Han Yoon⁴, Yun-Shik Kim^{2,3}, and Duck-Hwa Chung^{1,3*}

¹Division of Applied Life Science(BK 21 program), Graduate School,
Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701, Korea

²Department of Agriculture Economics, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701, Korea

³Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701, Korea

⁴Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

(Received March 5, 2012/Revised June 17, 2012/Accepted July 11, 2012)

ABSTRACT - The purpose of this study was to analyze microbiological hazards for plants, cultivation environments and personal hygiene of perilla leaf farms at the harvesting stage. Samples were collected from three perilla leaf farms(A, B, C) located in Gyeongnam, Korea and tested for sanitary indications, fungi and pathogenic bacteria(*Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogens*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*). As a result, total bacteria and coliform in perilla leaf were detected at the levels of 4.4~5.2 and 3.4~4.3 log CFU/g, respectively, but *E. coli* was not detected in all samples. Among the pathogenic bacteria, *B. cereus*(perilla leaf: 2.0~2.4 log CFU/g, stem: 1.4~2.1 log CFU/g, water: 0.7 log CFU/ml, soil: 4.2~5.0 log CFU/g, hands: 3.0 log CFU/hand, gloves: 2.1~2.4 log CFU/100 cm², gloths: 1.5~2.8 log CFU/100 cm²) and *S. aureus*(3.4 log CFU/hand) were detected in all samples and worker's hand from farm A, respectively. However, other pathogenic bacteria were not detected. This study demonstrates that perilla leaf at the harvesting stage was significantly contaminated with microbial hazards.

Key words: good agricultural practices(GAP), microbiological hazard, perilla leaf

갯잎은 대부분 가열하지 않고 그대로 섭취할 수 있는 신선편이 채소류(fresh-cut vegetable)로 anthocyanins 및 flavones 등의 안토시아닌계 색소와 철분, 칼슘 등의 무기질 및 비타민 A·C가 풍부하게 함유되어 있고, perillaldehyde와 perillaketone 등과 같은 방향성 정유 성분이 들어 있어 독특한 향이 입맛을 돋우어주므로 엽채류 중에서도 가장 많이 소비되고 있는 작물 중 하나이다¹⁾. 최근 경제 성장에

따른 소득의 증가와 건강 유지 및 비만에 대한 경각심이 사회적 이슈로 대두되면서 식생활 패턴이 건강과 직결된 신선편이 농산물을 선호하는 추세로 변화되고 있다²⁾. 이들 신선편이 농산물은 특별한 가공처리를 하지 않아 인체에 필요한 여러 가지 생리영양소들을 그대로 섭취하는 한편, 농산물에 존재하고 있는 미생물학적 위해요소 또한 함께 섭취할 가능성이 있으므로 식중독 사고의 발생이 우려된다.

최근 우리나라 갯잎 절임식품에서 *Clostridium perfringens* 이 검출되어 회수한 사례가 있었으며, 김 등³⁾의 연구에 의하면 비가공 농수산 식품소재의 미생물 오염분석을 조사한 결과 갯잎이 다른 농산물보다 높은 미생물 오염도를

*Correspondence to: 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

나타내어 위생상 문제가 있는 것으로 보고하고 있다. 또한 전 세계적으로 신선편이 농산물에 의한 식중독이 증가하는 추세로 2011년에 발생한 유럽산 유기농 채소류에서의 장출혈성 대장균과 미국산 멜론에서의 리스테리아균에 의한 식중독으로 많은 사망자가 발생하는 등 지난 10년간 신선편이 농산물과 관련된 식품사고는 전체 식중독 사고의 26%를 차지할 정도로 높고 사고 발생에 따른 피해가 막대하므로 최근에는 식중독 관리의 주요 대상 식품이 되고 있다^{4,6)}.

실제로 정부는 안전한 농산물을 생산하기 위한 방안으로 유기 농산물 생산, 친환경 농산물 생산 및 생산 이력제 등과 같은 정책들을 적용하는 등 많은 노력을 기울여 왔지만 이 제도들은 농산물로부터 화학적, 물리적 위해요소만을 감소시키는 것에 역점을 둔 반면, 미생물을 포함한 생물학적 위해요소 관리는 배제된 관리제도들이다. 그러므로 화학적·물리적 위해요소 뿐만 아니라 미생물학적 위해요소를 포함한 모든 위해요소를 효율적으로 관리 및 제어할 수 있는 종합적인 안전시스템의 확립이 요구되고 있으며⁷⁾ 우리나라에서도 화학적, 물리적, 미생물학적 위해요소를 종합적으로 관리하고자 하는 농산물우수관리제도(Good agricultural practices; GAP)가 소개 및 보급되고 있다.

GAP란 농산물의 재배환경, 재배과정, 수확 및 수확 후 과정 중에 발생가능한 위해요소를 분석하여 중점관리점을 결정한 후 집중적으로 관리함으로써 안전성이 확보된 농산물을 생산하는 합리적인 제도이다⁸⁾. 유럽연합(European Union; EU)은 일찍이 안전하고 위생적인 신선과일·채소류를 생산하기 위한 GAP를 개발하고 GlobalGAP를 국제적 인증기준으로 활용하고 있으며, 중국은 농업의 영세성과 지역간 농업의 특성차이를 고려해 1급·2급 인증으로 나누어 기준을 설정하였으며, 1급 GAP는 2009년 2월에 GlobalGAP와 MOU 체결을 통해 동등성 인정을 획득하였다. 하지만 현재 우리나라에서는 미생물학적 위해요소 관리를 포함한 GAP 시스템 관련 연구논문이나 적용모델 등이 거의 없는 상황이므로 보다 체계적이고 활발한 연구를 통해 안전한 농산물을 생산할 수 있는 적용 가능한 GAP 모델들이 많이 제시되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 안전성이 확보된 깻잎 생산을 위한 GAP 모델 확립을 위해 수확단계의 작물, 재배환경 및 개인위생을 대상으로 미생물의 오염상태를 조사하여 깻잎 수확단계에서 미생물학적 위해요소 파악의 기초자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

농가 선정 및 시료채취

본 연구를 위하여 경상남도에 소재한 깻잎 재배농장(약 2,000 m²규모) 3곳을 선정하여 미생물 오염도를 조사하기

Table 1. The kind and number of samples for microbial population analysis from perilla leaf farms at the harvesting stage

Samples	Unit of sample	Number of sample		
		A farm	B farm	C farm
Perilla leaf	20 leaves	4	4	4
Stem	500 g	4	4	4
Soil	3 kg	4	4	4
Water	1 L	4	4	4
Hands	1 hand	4	4	4
Gloves	100 cm ²	4	4	4
Clothes	100 cm ²	4	4	4
Air	1 plate	4	4	4
Total		96		

위해 작물(깻잎, 줄기), 재배환경(관개용수, 토양, 공기) 및 개인위생(손, 장갑, 작업복)을 대상으로 2차레에 걸쳐 2회 반복씩 총 96점의 시료를 다음과 같이 채취하였다(Table 1).

먼저, 깻잎과 줄기는 방사형 채취방법을 적용하여 깻잎은 20장, 줄기는 500 g씩 각각 수집하였으며, 재배환경인 관개용수는 멸균 채수병(Medi-land, Korea)을 이용하여 각 농가에서 사용하고 있는 지하수를 대상으로 약 1 L 채수하였다. 토양은 농산물우수관리제도 분석기준에 준하여 각 필지당 임의의 지점을 선정하여 지그재그 형으로 10개 지점 토양의 표토(0~20 cm)를 대상으로 채집하여 혼합한 후, 각 시료당 약 3 kg이 되도록 멸균된 시료채취용 팩에 수집하였다⁹⁾. 작업자 개인위생인 장갑과 작업복은 표면검체의 형태에 따라 채취 가능한 면적 또는 10 × 10 cm의 면적대를 사용하여 Swab kit(3M e-swab, 3M China Ltd., Shanghai, China)로 swabbing하였고 작업자 손은 멸균 샘플팩에 50 ml의 멸균된 0.85% 생리식염수를 붓고 손을 씻어서 검액을 채취하는 glove juice법¹⁰⁾으로 시료를 채취하였다. 수집된 시료는 얼음을 채운 시료보관용 아이스박스(4시간 이내)에 본 연구실로 냉장 운반하여 식품공전에 기술된 실험방법에 준하여 실험을 실시하였다¹¹⁾.

시료전처리

수집한 시료에 대해 위생지표세균(일반세균, 대장균 및 *Escherichia coli*; *E. coli*), 병원성 미생물 *Escherichia coli* O157:H7(*E. coli* O157:H7), *Listeria monocytogenes*(*L. monocytogenes*), *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*(*S. aureus*), *Bacillus cereus*(*B. cereus*) 및 곰팡이를 대상으로 미생물학적 위해요소를 분석하였고, 채취된 모든 시료는 교차오염 인자를 차단하기 위해 clean bench에서 무균적으로 처리되었다. 먼저, 깻잎, 줄기 및 토양은 stomacher pack에 10 g을 취하여 멸균된 0.85% 생리식염수 90 ml를 이용하여 균질화 시켜 분석에 사용하였으며 관개용수, 작업자 손, 장갑 및 작업복은 별다른 전처리 과정 없이 30 초 동안 강하게 혼탁하여 분석에 사용하였다.

위생지표세균 및 곰팡이 검사

깻잎의 수확단계에 대한 전반적인 미생물 오염도 조사를 위하여 전처리된 시료를 대상으로 위생지표세균인 일반세균, 대장균군 및 *E. coli*를 검사하였다. 먼저 일반세균과 대장균군의 측정방법은 전처리된 시료 1 ml를 취하여 9 ml의 멸균된 0.85% 생리식염수를 이용하여 10진 희석법으로 희석한 후 각 희석농도에서 1 ml를 취하여 2개의 petridish에 분주하였다. 분주 후 일반세균수 측정을 위해서는 plate count agar(Difco, Becton, Dickinson and Company, Sparks, MD, USA), 대장균군수 측정을 위해서는 deoxycholate lactose agar(Difco)를 각각 15 ml 정도 분주하고 시료와 배지를 잘 혼합하여 균한 다음 37°C에서 48시간 배양한 후 일반세균은 흰색 colony, 대장균군은 붉은색 colony를 계수하였다. *E. coli* 경우 전처리된 시료 1 ml을 EC broth(Oxoid, UK) 10 ml에 접종하여 37°C에서 24시간 동안 증균과정을 거친 후, 양성으로 의심되는 시료를 대상으로 선택배지인 eosin methylene blue(Difco)에 1 ml 분주해 도말한 후 37°C에서 24시간 배양하였다. 배양된 시료 중 녹색의 금속성 광택을 띠는 집락만을 선택적으로 tryptic soy agar(Difco)에서 배양시킨 후 다시 API 20E(bioMérieux®SA, Marcy l'Étoile, France)를 이용하여 재확인하였다. 또한 곰팡이도 앞선 일반세균 및 대장균군 측정방법과 동일하게 전처리된 시료 1 ml를 멸균된 0.85% 생리식염수를 이용하여 10진 희석법으로 희석한 후 각 희석농도에서 0.1 및 1 ml를 취하여 rose bengal agar(Difco)에 도말하여 28°C에서 72시간 배양한 후 특정 colony를 계수하였으며 모든 세균수는 log₁₀ CFU 값으로 환산하여 나타내었다.

병원성 미생물 검사

병원성 미생물 검사는 주요한 식중독균인 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *S. aureus* 및 *B. cereus*를 대상으로 식품공전에 기술된 실험방법에 준하여 증균, 분리배양 및 확인시험 과정을 거쳐 오염여부를 확인하였다¹²⁾. 먼저, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.의 경우 증균배지인 mEC broth, fraser broth 및 Rappaport-Vassiliadis broth 10 ml에 각각 1 ml씩 접종한 후 37°C에서 24시간 동안 증균배양 하였고, 증균배양액 중 양성으로 의심되는 시료를 대상으로 각 선택배지인 macConkey

sorbitol agar(Difco), oxford agar(Oxoid) 및 xylose lysine desoxycholate agar(Difco)에 각각 1 ml씩 분주하여 도말한 다음 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 각 병원성 미생물에 해당하는 의심집락을 대상으로 PowerCheck™ *Escherichia coli* O157:H7(verotoxin 2) Detection Kit(KOGENEBIOTECH Co., Ltd, Seoul, Korea), PowerCheck™ *Listeria monocytogenes* Detection Kit(KOGENEBIOTECH) 및 PowerCheck™ *Salmonella* spp. Detection Kit(KOGENEBIOTECH)를 이용하여 다음 Table 2와 같은 온도조건에서 PCR증폭기(GeneAmp PCR System 2400; Applied Biosystems, Carlsbad, CA, USA)로 반응을 시킨 후 1% agarose gel에서 전기영동을 실시하여 UV-visible spectrophotometer(SHIMADZU, Japan)로 1차 확인하였고, 양성으로 의심되는 시료만을 선택적으로 API Kit(bioMérieux)를 이용하여 재확인하였다.

S. aureus 및 *B. cereus*는 식품공전에 기술된 실험방법에 준하여 정량분석을 실시하였다. 먼저, 전처리된 시료 1 ml를 취해 멸균된 0.85% 생리식염수를 이용하여 10진 단계 희석법으로 희석한 후 0.1 및 1 ml씩을 취하여 *S. aureus*와 *B. cereus* 분석을 위해 사용되는 baird-parker agar(Difco)와 mannitol-egg yolk-polymyxin agar(Difco)에 각각 분주한 후 도말하여 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양된 집락을 대상으로 제조사의 메뉴얼에서 제시한 특정 집락을 각각 계수하였고, 계수한 각 평판에서 5개의 전형적인 집락을 선별하여 TSA에 접종한 후 37°C에서 48시간 동안 배양한 다음 PCR PreMix Kit(i-StarTaq)를 이용하여 다음 Table 2와 같은 온도조건에서 PCR증폭기(Applied Biosystems)로 반응을 시킨 후 1% agarose gel에서 전기영동을 실시하여 UV-visible spectrophotometer(SHIMADZU)로 1차 확인하였다. 양성으로 의심되는 시료만을 선택적으로 API Staph(bioMérieux)와 API 50CHB(bioMérieux)를 각각 적용하여 오염여부를 재확인하여 계수하였다.

공중낙하균 조사

깻잎 재배농장의 공기에 의한 깻잎으로의 교차오염 여부를 판단하기 위하여 위생지표세균, 병원성 미생물(*E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *S. aureus* 및 *B. cereus*) 및 곰팡이를 대상으로 공중낙하균을 조사하였

Table 2. Thermal condition for amplification of *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *B. cereus* and *S. aureus*

Steps	Pathogenic bacteria										
	<i>E. coli</i> O157:H7		<i>L. monocytogenes</i>		<i>Salmonella</i> spp.		<i>B. cereus</i>		<i>S. aureus</i>		Cycle
Pre-denaturation	94°C	5min	94°C	5min	94°C	5min	94°C	5min	94°C	5min	
Denaturation	94°C	30sec	94°C	30sec	94°C	30sec	94°C	1min	94°C	30sec	
Annealing	60°C	30sec	60°C	30sec	60°C	30sec	55°C	2min	55°C	30sec	30 cycles
Extension	72°C	30sec	72°C	30sec	72°C	30sec	72°C	1.5min	72°C	30sec	
Final extension	72°C	5min	72°C	5min	72°C	5min	72°C	7min	72°C	7min	1 cycle

다. 깻잎이 재배되고 있는 각 농장의 필지에 각 미생물에 대한 선택배지의 뚜껑을 열고 15분간 방치한 후 배지의 뚜껑을 닫고 parafilm으로 밀봉하여 37°C에서 48시간(단, 곰팡이는 28°C, 72시간) 배양하였다. 특히, *E. coli*와 병원성 미생물의 경우 배양된 colony 중 앞서 설명한 바와 같은 특정 집락을 대상으로 PCR 및 API Kit로 재확인하였으며, 모든 세균수는 \log_{10} CFU 값으로 환산하여 나타내었다.

결과 및 고찰

위생지표세균 및 곰팡이

깻잎 재배농장의 수확단계에서 수집된 작물, 재배환경 및 개인위생에 대한 위생지표세균의 오염도를 분석한 결과 Table 3에서 보는 바와 같이 일반세균의 경우, 작물인 깻잎과 줄기에서 4.4~5.2 및 5.5~6.7 log CFU/g, 재배환경인 관개용수에서는 3.3~3.8 log CFU/ml, 토양에서는 6.5~6.7 log CFU/g, 그리고 작업자 개인위생인 손에서는 4.9~5.6 log CFU/hand, 장갑과 작업복에서는 3.7~4.1 및 3.7~4.6 log CFU/100 cm² 수준으로 각각 검출되었다. 먼저, 깻잎의 경우 A농장이 B, C 농장에 비해 오염도가 다소 높았으나, 전반적으로 이 등¹³⁾이 보고한 5.5 log CFU/g 수준보다는 다소 낮게 검출되었다. 하지만 대부분 생식으로 섭취하므로 깻잎의 안전성을 확보하기 위해 수확 후 관리단계에서 세척 등의 위생적인 관리가 요구된다. 재배환경인 토양은 세 농장 모두 일반적으로 보고되고 있는 6.0~8.0 log CFU/g 수준과 비교 시 본 연구에서 검출된 토양의 미생물 오염수준은 비교적 양호한 것으로 판단되며¹⁴⁾ 관개용수의 경우, 일반세균 기준이 설정되어 있지 않아 오염수준 정도를 판단하기 어려우나 환경부의 먹는 물 수질기준¹⁵⁾인 2 log CFU/ml과 비교 시 농업용수임을 생각했을 때 양호한 수준으로 판단된다. 작업자 개인위생 중 특히 손의 경우, 평균 5.4 ± 0.4 log CFU/hand 수준으로 모든 농장에서 비교적 높은 오염도를 나타내었으며 미국식품의약품안전청(Food and Drug Administration, FDA)¹⁶⁾에서 과일과 채소류의 섭취로 식중독을 일으키는 미생물 경로 중 작업자에 의한 교차오염이

상당부분을 차지한다고 지적하고 있는 만큼 작업자의 지속적인 위생교육과 관리를 통해 위생개념을 향상시키고 장갑과 작업복 등의 세척·소독 주기 및 방법을 설정하여 올바른 관리방안을 모색해야 한다고 판단된다.

대장균군 검사결과 작물인 깻잎과 줄기에서 3.4~4.3 및 4.3~5.2 log CFU/g, 관개용수 1.2~2.2 log CFU/ml, 토양 4.9~5.3 log CFU/g, 그리고 작업자 개인위생인 손에서는 2.3~3.4 log CFU/hand, 장갑과 작업복에서는 2.2~3.7 및 2.4~3.9 log CFU/100 cm² 수준으로 각각 검출되었다. 작물인 깻잎에서 일반세균의 경우와 마찬가지로 A농장이 4.0~4.5 log CFU/g 수준으로 B, C 농장에 비해 다소 높게 나타났으나 최 등¹⁷⁾이 보고한 5.67~5.71 log CFU/g 보다는 낮은 수준으로 확인되었다. 줄기의 오염정도는 세 농장 평균 4.8 ± 0.5 log CFU/g로 다소 높은 오염수준이므로 수확 시 교차오염에 대한 주의를 기울여야 할 것이다. 특히, 재배환경인 토양에서는 세 농장 평균 5.2 ± 0.2 log CFU/g 수준으로 검출되어 김 등¹⁸⁾이 보고한 토마토 재배 농장에서의 오염도 2.57 ± 1.47 log CFU/g 수준과 비교했을 때 높은 오염수준임을 알 수 있다. 또한, 과채류의 미생물 오염은 주로 토양에서 기인한다고 보고되고 있는 만큼 주기적인 확인과 관리를 통해 안전성을 확보해 나가야 할 것이다.

대장균은 정성분석을 실시한 결과 세 농장 모두 불검출되어 비교적 양호한 것으로 판단되나 최근 신선편이 채소류에서 빈번히 검출되고 있으므로 재배농장의 위생관리에 지속적인 관심이 요구된다.

각 재배농장에 대한 곰팡이의 분석결과 Table 3에서 보는 바와 같이 관개용수를 제외한 깻잎, 줄기 및 토양에서 4.1~4.4, 3.8~4.0 및 4.4~4.9 log CFU/g, 개인위생인 손에서는 3.4~4.4 log CFU/hand, 장갑과 작업복에서는 3.3~3.6 및 3.1~3.6 log CFU/100 cm² 수준으로 검출되었고 특히, 깻잎에서 최대 4.4 log CFU/g 수준으로 확인되었다. 배 등¹⁹⁾의 신선편이 채소류의 미생물 오염도 조사에서는 곰팡이가 검출되지 않은 것으로 보고되고 있고, 곰팡이가 생산하는 2차 대사산물인 곰팡이 독소에 의해 소비자가 건강상의 위해를 입을 수 있으므로 재배시설 내 공기정화 관리 및 습

Table 3. Microbial population of sanitary indication bacteria and fungi in samples collected from perilla leaf farms at the harvesting stage

Samples (n = 4)		Total bacteria			Coliform			Fungi		
		Farms			Farms			Farms		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Crop	Perilla leaf (log CFU/g)	5.2 ± 0.5	4.4 ± 0.3	4.4 ± 1.5	4.3 ± 0.4	3.5 ± 0.1	3.4 ± 1.6	4.4 ± 0.2	4.1 ± 0.1	4.1 ± 0.1
	Stem (log CFU/g)	5.8 ± 0.5	5.5 ± 0.4	6.7 ± 0.1	4.3 ± 0.2	5.2 ± 0.6	4.9 ± 0.3	3.8 ± 0.4	4.0 ± 0.1	3.8 ± 0.4
Cultivation environment	Water (log CFU/ml)	3.8 ± 0.1	3.5 ± 0.3	3.3 ± 0.1	2.1 ± 0.2	1.2 ± 0.5	2.2 ± 0.1	1.3 ± 0.1	1.5 ± 0.2	1.6 ± 0.1
	Soil (log CFU/g)	6.6 ± 0.1	6.7 ± 0.1	6.5 ± 0.7	5.3 ± 0.6	4.9 ± 0.5	5.3 ± 0.3	4.9 ± 0.1	4.9 ± 0.3	4.4 ± 0.4
Personal hygiene	Hands (log CFU/hand)	4.9 ± 0.4	5.6 ± 0.2	5.6 ± 0.4	3.4 ± 0.3	2.3 ± 1.1	3.3 ± 0.5	3.4 ± 0.2	4.0 ± 0.3	4.4 ± 0.1
	Gloves (log CFU/100 cm ²)	4.1 ± 0.5	3.9 ± 0.3	3.7 ± 0.1	2.7 ± 1.0	2.7 ± 1.0	2.2 ± 1.2	3.3 ± 0.4	4.0 ± 0.1	3.6 ± 0.9
	Clothes (log CFU/100 cm ²)	3.8 ± 0.2	4.6 ± 0.3	3.7 ± 0.8	3.3 ± 0.1	3.9 ± 0.3	2.4 ± 0.7	3.1 ± 0.1	3.4 ± 0.3	3.6 ± 0.7

도조절을 통해 곰팡이의 생육을 억제해야 할 것으로 판단된다.

병원성 미생물

깻잎의 수확단계에서 주요한 병원성 미생물의 오염도를 분석한 결과 정성분석한 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.는 모든 시료에서 불검출 되었으나, *S. aureus*는 작업자의 손에서 3.4 log CFU/hand, *B. cereus*는 깻잎과 줄기에서 2.0~2.4 및 1.4~2.1 log CFU/g, 관개용수 0.7 log CFU/ml, 토양 4.2~5.0 log CFU/g, 개인위생인 손에서는 3.0 log CFU/hand, 장갑과 작업복에서는 2.1~2.4 및 1.5~2.8 log CFU/100 cm² 수준으로 수확단계 대부분의 시료에서 비교적 오염수준이 높은 것으로 나타났다(Table 4). 개인위생과 가장 밀접한 병원성 미생물인 *S. aureus*는 A 농장의 작업자 손에서 검출되었고, 이는 개인위생 불량으로 인해 작업 중 깻잎으로의 교차오염 발생이 우려되는 부분이다. 또한, 장갑에서는 검출이 되지 않아 장갑 사용으로 손을 통한 미생물의 교차오염을 어느 정도 방지할 수 있는 것으로 판단되나 김 등²⁰⁾의 연구에 따르면 작업을 마친 맨손뿐만 아니라 일부 장갑에서도 *S. aureus*가 검출되는 등 장갑의 사용 전·후에 대한 적절한 관리방법의 모색과 작업 전·후 작업자의 올바른 손 세척과 소독이 필요한 것으로 판단된다.

토양 상재균인 *B. cereus*는 특히 재배환경인 토양에서 4.2~5.0 log CFU/g 수준으로 높게 확인되어 깻잎으로의 교차오염이 우려되었고, 최근 가축분 퇴비와 유기질 비료의 병원성 미생물을 조사한 정 등²¹⁾의 연구결과에 따르면 가축분 퇴비에서 *B. cereus*가 검출된 것으로 보고되어 재배 과정에 있어서 가축퇴비의 사용을 지양하고, 사용하더라도 수확 후 관리시설에서 이들 미생물에 대한 집중적인 관리가 모색되어야 할 것으로 판단된다. 작물인 깻잎은 일반적으로 보고되고 있는 오염수준 1~3 log CFU/g²²⁾과 식품공전에서 제시하는 즉석섭취·편의식품류의 기준 규격²³⁾인 3 log CFU/g 이하와 비교하였을 때 2.0~2.4 log CFU/g 수

준으로 검출되어 대체로 양호한 것으로 판단된다. 하지만 개인위생인 손에서 3.0 log CFU/hand, 장갑과 작업복에서 각각 2.1~2.3 및 1.5~2.8 log CFU/100 cm² 수준의 오염도가 확인되어 개인위생 불량으로 인한 깻잎으로 교차오염이 발생할 수 있으므로 작업자 개인의 위생적인 관리도 수반되어야 할 것이다.

한편, 본 연구에서는 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.가 검출되지는 않았지만 농산물과 관련된 대부분의 식중독 사고는 작물을 오염시킨 병원성 미생물에 의해 발생하므로 농산물의 안전성을 확보할 수 있는 체계적이고 과학적인 연구와 재배농장 환경 및 작업자에 대한 위생적인 관리가 필요할 것으로 판단된다.

공중낙하균

깻잎 재배농장의 수확단계에서 공중낙하균을 분석한 결과, Table 5에서 보는 바와 같이 세 농장에서 위생지표세균인 일반세균(1.9~2.6 log CFU/plate), 병원성 미생물인 *B. cereus*(0.5~0.8 log CFU/plate), 그리고 곰팡이(1.4~2.1 log CFU/plate)를 제외한 모든 병원균과 대장균은 음성으로 나타나

Table 5. Assessment of airborne bacteria for perilla leaf farms at the harvesting stage

Microorganisms	Farms			Average (log CFU/plate)
	A	B	C	
APC	1.9 ± 0.6 ¹⁾	2.6 ± 0.1	2.2 ± 0.1	2.2 ± 0.4
Coliform	ND ²⁾	ND	ND	ND
<i>E. coli</i>	ND	ND	ND	ND
<i>E. coli</i> O157:H7	ND	ND	ND	ND
<i>L. monocytogenes</i>	ND	ND	ND	ND
<i>Salmonella</i> spp.	ND	ND	ND	ND
<i>S. aureus</i>	ND	ND	ND	ND
<i>B. cereus</i>	0.8 ± 0.2	0.5 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.7 ± 0.2
Fungi	1.8 ± 0.3	1.4 ± 0.1	2.1 ± 0.2	1.8 ± 0.4

¹⁾mean (n = 4) ± standard deviation

²⁾ND : Not detected

Table 4. Microbial population of pathogenic bacteria in samples obtained from perilla leaf farms at the harvesting stage

Samples (n = 4)		<i>S. aureus</i>			<i>B. cereus</i>		
		Farms			Farms		
		A	B	C	A	B	C
Crop	Perilla leaf (log CFU/g)	ND ¹⁾	ND	ND	ND	2.0 ± 0.2	2.4 ± 0.2
	Stem (log CFU/g)	ND	ND	ND	2.1 ± 0.1	ND	1.4 ± 0.6
Cultivation environment	Water (log CFU/ml)	ND	ND	ND	ND	ND	0.7 ± 0.1
	Soil (log CFU/g)	ND	ND	ND	4.6 ± 0.3	4.2 ± 0.1	5.0 ± 0.6
Personal hygiene	Hands (log CFU/hand)	3.4 ± 0.2	ND	ND	ND	ND	3.0 ± 0.3
	Gloves (log CFU/100 cm ²)	ND	ND	ND	2.1 ± 0.2	2.4 ± 0.1	2.3 ± 0.3
	Clothes (log CFU/100 cm ²)	ND	ND	ND	ND	2.8 ± 0.2	1.5 ± 0.1

¹⁾ND : Not detected

공중낙하균에 의한 오염도는 비교적 낮은 것으로 판단되며 깻잎 재배농장 내의 공기정화가 잘 이루어지고 있는 것으로 확인되었다. 하지만 온도와 습도의 영향을 많이 받는 공중낙하균의 특성상 언제든지 오염도가 높아질 우려가 있으므로 주기적인 공기순환을 통해 생육을 억제하는 한편, 재배농장 내부 및 주변관리를 철저히 하여 오염원이 발생하지 않도록 주의해야 할 것이다.

감사의 말

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ007392)의 지원에 의해 이루어졌으며 권우현, 이원경, 송정언, 김경열은 교육과학기술부 BK21 프로그램의 장학금을 수혜받았음.

요 약

본 연구는 안전한 깻잎의 생산을 위한 GAP 모델 확립을 위해 경상남도 소재한 깻잎 재배농가 3 곳을 선정하여 수확단계에서 작물, 재배환경 및 개인위생을 대상으로 미생물의 오염실태를 조사하여 관련 정보를 제공하고자 한다. 본 연구를 위해 총 96점의 시료를 수집하였으며 위생지표세균, 곰팡이, 병원성미생물(*E. coli* O157:H7, *L. monocytogens*, *Salmonella* spp., *S. aureus* 및 *B. cereus*) 및 공중낙하균을 검사하였다. 그 결과, 일반세균의 경우 깻잎과 토양에서 4.4~5.2 및 6.5~6.6 log CFU/g, 작업자 손에서 4.9~5.6 log CFU/hand, 대장균군은 깻잎과 토양에서 3.4~4.3 및 4.9~5.3 log CFU/g, 개인위생인 작업자 손에서는 2.3~3.4 log CFU/hand 수준으로 세 농장 모두 비슷한 오염도를 나타내었으며 곰팡이의 경우 깻잎에서 최대 4.4 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 병원성 미생물의 경우 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogens* 및 *Salmonella* spp.은 모든 농장에서 불검출 되었다. 하지만 *S. aureus*는 A농장의 작업자 손에서 3.4 log CFU/g 확인되었으며, *B. cereus*는 깻잎과 줄기에서 2.0~2.4 및 1.4~2.1 log CFU/g, 관개용수 0.7 log CFU/ml, 토양 4.2~5.0 log CFU/g, 개인위생인 손에서는 3.0 log CFU/hand, 장갑과 작업복에서는 2.1~2.4 및 1.5~2.8 log CFU/100 cm² 수준으로 확인되었다. 따라서 안전성이 확보된 깻잎을 생산하기 위해 증금속 및 농약 등과 같은 화학적 위해요소와 이물 등의 물리적 위해요소 뿐만 아니라 미생물학적 위해요소를 정확히 파악함으로써 안전한 농산물을 생산하기 위한 농산물우수관리제도를 적용해 나가야 할 것이다.

참고문헌

1. 이지윤, 조현철, 이주현, 구평태, 나영란, 김경아, 김현진, 황인영, 김찬희: 깻잎의 세척방법별 잔류농약 제거효과에

관한 연구, 보건환경연구원보, **19**, 64-71 (2009).
 2. 조준일, 김근성, 박경진, 하상도: 양배추의 미생물 오염도 평가 및 제어, 한국식품과학회지, **36**, 162-167 (2004).
 3. 김수환, 김종신, 최정필, 박종현: 비가공 농수산 식품소재의 미생물 오염분석. 한국식품과학회지, **38**, 594-598 (2006).
 4. 강호민, 김일섭: 품종별 숙기별 파프리카 과실의 수확 후 생리 및 품질 비교, 강원대학교 농업과학연구소 논문집, **18**, 61-66 (2007).
 5. 박희옥, 김창민, 우건조, 박선희, 이동하, 장은정, 박기환: 최근 한국에서 발생한 식중독 모니터링 및 추이 분석, 한국식품위생안전성학회지, **16**, 280-294 (2001).
 6. 서정은, 이종경, 오세욱, 구민선, 김영호, 김윤지: 신선편이 양배추 제조공정 단계별 미생물 변화: 공기 중 미생물 변화를 중심으로, 한국식품위생안전성학회지, **22**, 288-293 (2007).
 7. 김경열, 남민지, 이효원, 심원보, 윤요한, 김세리, 김두호, 류재기, 홍무기, 유오중, 정덕화: 농산물우수관리제도(GAP system) 적용을 위한 깻잎의 수확 후 관리시설(APC)에 대한 미생물학적 안전성 평가, 한국식품과학회지, **41**, 392-398 (2009).
 8. 농림수산식품부: 우수농산물관리제도(GAP) 해설집, pp. 3-23 (2003).
 9. 국립농산물품질관리원: 농산물우수관리인증 등에 관한 세부실시요령 (2009).
 10. 정승혜, 허명재, 주정화, 김경애, 오성숙, 고종명, 김용희, 임정수: 비가열 섭취 채소류의 미생물 오염도 조사, 한국식품위생안전성학회지, **21**, 250-277 (2006).
 11. 유용만, 윤영남, Quan Juan Hua, 차광호, 이영하: 유통중인 파프리카, 딸기 및 토마토의 생물학적 위해요소 분포 조사, 한국식품위생안전성학회지, **24**, 174-181 (2009).
 12. 식품의약품안전청: 식품공전 (2011).
 13. 이동환, 이정일, 박소연, 노은정, 오창식, 정규석, 윤종철, 허성기: 신선 채소류의 부패에 따른 세균의 다양성 변화 및 세균에 의한 채소 부패 조사, 식물병연구지, **17**, 38-43 (2011).
 14. 김세리: 생딸기 주스의 HACCP 구축을 위한 미생물학적 위해 평가, 경상대학교 석사학위 청구논문, (2005).
 15. 농촌진흥청: GAP 인증심사원교육 교재 (2006).
 16. Available from: <http://www.fda.gov> (2009).
 17. 최진원, 박신영, 연지혜, 이민정, 정덕화, 이규호, 김민곤, 이동하, 김근성, 하상도: 유통 중인 신선 채소류의 미생물 오염도 평가, 한국식품위생안전성학회지, **20**, 43-47 (2005).
 18. 김진수, 심원보, 김지훈, 김세리, 정덕화: 서부 경남지역 토마토 농장에서의 위생 미생물의 분포, 한국환경보건학회지, **32**, 77-88 (2006).
 19. 배영민, 홍유진, 강동현, 허성기, 이선영: 한국에 유통중인 신선편이 채소류의 미생물 품질 및 병원성 세균의 오염도 조사, 한국식품과학회지, **43**, 161-168 (2011).
 20. 김종규, 박정영, 김중순: 맨손과 장갑 낀 손의 미생물 오염도 비교, 한국환경보 건학회지, **37**, 298-305 (2011).
 21. 정규석, 허성기, 노은정, 이동환, 윤종철, 김계훈: 가축퇴비와 유기질비료에서 병 원성박테리아의 분포도 분석, 한국토양비료학회지, **44**, 824-829 (2011).
 22. Ueda, S: Foodborne Bacterial Pathogens, Marcel Dekker Inc, pp. 21-27 (1998).
 23. 식품의약품안전청: 식품공전 (2011).