pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 30, No. 1, pp. 28~34 (2015)
http://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2015.30.1.28

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

Good Agricultural Practices (GAP)모델 개발을 위한 부추 및 생산환경에서의 위해요소 조사

박상곤[1] · 최영동[1] · 이채원[2] · 정명진[2] · 김정숙[2] · 정덕화[1,2] · 심원보[3]*
[1]경상대학교 응용생명과학부, [2]경상대학교 농업생명과학연구원, [3]세계김치연구소

Investigation of Microbiological Hazard from Korean Leeks and Cultivation Area to Establish the GAP Model

Sang-Gon Park[1], Young-Dong Choi[1], Chae-Won Lee[2], Myeong-Jin Jeong[2], Jeong-Sook Kim[2], Duck-Hwa Chung[1,2], and Won-Bo Shim[3]*
[1]*Division of Applied Life Science, Graduate School, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701, Korea*
[2]*Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701, Korea*
[3]*World Institute of Kimchi, Gwangju 503-360, Korea*
(Received November 4, 2014/Revised December 22, 2014/Accepted February 11, 2015)

ABSTRACT - This study is to investigate microbiological hazards which can be used as fundamental data to adequately control leeks hazards and develop leeks GAP model for those who want to get GAP system. The microbiological investigations on cultivation environments (soil and water), crops (leeks), personal hygiene (workers' hands, clothes and gloves) and working tools (boxes) have been conducted for one year, so the period was classified under non-cultivation, cultivation, and post harvest. Total bacteria was detected from soil (4.0~6.7 log CFU/g), leeks (4.6~5.1 log CFU/g), hands (ND~3.3 log CFU/hand) and gloves (ND~5.4 log CFU/cm^2) while nothing was detected from the other samples. The coliform contamination of leeks (4.8~5.0 log CFU/g) was more high than that of soil (3.9~4.2 log CFU/g). In case of foodborne pathogens, only *B. cereus* was detected at the level of 0.5~4.6 log CFU/g (or hand, 100 cm^2). Fungi was observed at the level of 2.1~3.8 log CFU/g (or hand, 100 cm^2) excepting water and some working tools. These results demonstrate that the contamination of leeks is comparatively higher than that of soil sample. The reason may be the cross-contamination by biological hazards presenting on soil. Therefore, it is necessary to properly control soil and fertilizer for safety against biological hazards.

Key words : good agricultural practices (GAP), leek, microbial contamination, microbial hazard

부추는 동아시아가 원산지로 백합과에 속하는 다년생 초본식물이며 우리 식생활에서 식재료로 많이 사용되고 있는 채소 중의 하나이다[1]. 비타민A, 비타민C, 카로틴, 칼슘, 철 등의 영양성분이 풍부하고 항균 및 항산화 작용, 지혈작용, 콜레스테롤 저하, 당뇨병의 개선 등 다양한 생리 기능성을 가지고 있다. 이와 같이 부추는 식품적 가치뿐만 아니라 약리작용도 있는 것으로 알려져 전통적으로 많이 재배되어 오고 있는 작물이다[2-5].

최근 국민 소득의 증가와 함께 소비자들의 건강에 대한 관심이 높아지면서 신선채소 등 식물성 식품의 소비가 78.4%를 차지할 정도로[6] 크게 증가하고 있으며, 이와 함께 신선채소에 의한 식중독 발생건수도 증가하고 있다[7-8]. 1998년부터 2008년까지 미국에서 농산물로 인한 식중독 발생은 전체 식중독 사고의 46%를 차지하였고, 이 중에서 22%는 잎채소로 인한 식중독으로 확인되었다[9]. 독일에서는 유기농 채소를 섭취하고 약 3000명이 장출혈성 대장균에 감염되어 46명이 사망하는 식중독 사고가 발생하였다[10]. 이와 같이 농산물에 의한 식중독은 지속적으로 발생하고 있는 실정으로, 부추의 경우 가열하여 섭취하는 경우도 있지만 다른 잎채소와 마찬가지로 생으로 섭취하는 경우가 많기 때문에 미생물 안전성에 주의를 해야 할 필요가 있다.

*Correspondence to: Won-Bo Shim, World Institute of Kimchi, Gwangju 503-360, Korea
Tel: 82-62-610-1759, Fax: 82-62-610-1850
E-mail: wbshim@wikim.re.kr

우리나라에서는 안전한 농산물을 생산・공급하기 위해서 농산물우수관리(GAP)제도 및 농산물이력추적관리제도와 같은 정책을 시행하고 있다[11]. 특히 잔류농약 등의 화학적 위해요소에 대한 안전성 확보뿐만 아니라 병원성 미생물 등을 포함하는 생물학적 위해요소에 대한 안전성도 확보가 가능한 GAP의 적용 및 활성화를 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 최근에는 기준이나 규제 위주로 운영되고, 관련 기준 또한 안전관리가 아닌 재배관리 중심으로 이루어져 있던 GAP 제도를 안전관리 중심의 내용으로 관련 법령을 개정고시 하였다. 즉, 농산물의 생산, 수확 후 관리 및 유통 전반의 단계에서 위해요소를 관리할 수 있도록 하기 위하여 농산물우수관리 인증신청 시 생산계획서 대신 위해요소관리 계획서를 제출하도록 하였다. 하지만 개정된 고시에 따라 GAP 제도를 운영하기 위해서는 각 농산물 별로 물리적, 화학적, 생물학적 위해요소에 대한 다양한 기초자료가 필요하나 잔류농약을 제외한 미생물과 관련한 자료는 현재 매우 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 부추를 대상으로 생산과정 중에서 발생할 수 있는 생물학적 위해요소와 그 오염정도를 조사하여 부추의 위해요소관리를 위한 GAP 모델 개발 시 위해요소 분석의 기초 자료로 활용하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

시료채취

부추 생산 환경에서의 위해요소 조사를 위해 경남 지역에 소재하는 부추 재배농장을 선정하여 2013년 1월부터 6월까지 재배환경, 작물, 개인위생, 작업도구 등 10가지 항목에 대해 총 42점의 시료를 채취하였다. 시료채취 횟수는 부추 생산단계를 재배전 단계, 재배단계, 수확・포장단계로 구분하여 각각 1회씩 총 3회로 하였다. 토양의 경우 임의의 지점에서 지그재그 형태로 10개 지점의 토양을 취해 혼합하여 약 1 kg씩 멸균된 시료채취용 팩에 수집하였다. 농업용수는 재배지에서 사용하고 있는 용수를 멸균 채수병에 약 1 L씩 채취하였으며 부추는 방사형 채취방법으로 중심부에서 동서남북으로 각각 5 m 거리에 있는 지점에서 채취한 후 혼합하였다. 장갑, 작업복, 작업도구 등은 사용중인 것으로 하여 시료의 형태에 따라 채취 가능한 면적 또는 면적대를 이용하여 $10 \times 10\ cm^2$의 면적만큼 swab kit (3M e·swab, 3M China Ltd., Shanghai, China)로 문질러 채취하였으며 작업자의 손은 멸균 샘플주머니에 50 mL의 0.85% 멸균 생리식염수를 붓고 손을 씻어서 시료액을 채취하는 glove juice법[12]에 준하여 시료를 채취하였다.

위생지표세균 오염도 확인

위생지표세균 (일반세균, 대장균군, 대장균)의 측정을 위해 토양, 부추는 10 g을 취해 각각 0.85% 멸균 생리식염수 90 mL를 첨가하여 균질화 하였고 농업용수와 swab kit를 이용하여 채취한 표면검체 시료, glove juice법에 의해 채취된 작업자 손 시료는 강하게 진탕하여 균질화하였다. 균질화 된 시료는 0.85% 생리식염수를 이용하여 10진 희석법으로 단계 희석하여 시료를 준비하였고, 분석은 2반복 실험으로 식품공전[13]에 따라 실시하였다.

일반세균은 각 희석농도별로 준비된 시료 1 mL를 일반세균용 건조필름배지(3M™ Petrifilm™ Aerobic Count Plates, USA)에 분주하여 굳힌 다음 37ºC에서 48시간 배양하여 붉은색 집락을 계수하였다. 대장균군은 일반세균과 마찬가지로 시료 1 mL를 대장균군용 건조필름배지(3M™ Petrifilm™ Coliform Count Plates, USA)에 분주 한 다음 37ºC에서 48시간 배양하여 붉은색 집락을 계수하였다. 대장균은 시료를 0.1% 펩톤수에 증균배양(37ºC, 24시간) 한 뒤 EC broth (Difco, Becton Dickinson and Company, Sparks, MD, USA)에 접종하여 배양시켜(37ºC, 24시간) 가스를 생성한 양성의심 시료만 eosin methylene blue agar (Difco)에 재 배양하였다. 이후 녹색의 금속성 광택을 나타내는 집락에 한해 tryptic soy agar (Difco)에서 배양한 다음 다시 ChromID™ Coli agar (BioMrieux, Marcy-I' Etoile, France)에 배양하여 핑크색 집락생성을 확인하여 오염유무를 확인하였다.

곰팡이 오염도 확인

일반세균과 대장균군 측정의 경우와 동일하게 0.85% 멸균 생리식염수를 이용하여 시료를 단계 희석한 후 각 희석액 0.1 및 1 mL씩을 rose bengal agar (Difco)에 도말하여 28ºC에서 72시간 배양한 다음 형성된 곰팡이 집락을 계수하였다.

병원성 미생물의 분리 및 동정

병원성 미생물은 주요 식중독 세균인 *Bacillus cereus, Staphylococcus aureus, Escherichia coli* O157:H7*, Listeria monocytogenes* 및 *Salmonella* spp. 등 5종을 식품공전[13]에 따라 분리동정 하였다. 시료는 토양, 부추 시료의 경우 10 g을 멸균된 0.1% 펩톤수 90 mL에 넣고, 농업용수, 표면검체 시료, 작업자의 손의 glove juice 액은 각각 1 mL씩 0.1% 펩톤수 9 mL에 혼합하여 균질화 한 후 37ºC에서 24시간 동안 증균배양 하여 사용하였다. *B. cereus*는 0.85% 생리식염수로 균질화 한 시료를 10진 희석법으로 단계희석한 후 mannitol-egg yolk polymyxin agar (Difco)에 도말하여 37ºC에서 48시간 배양한 후 혼탁한 환을 갖는 분홍색 집락을 선별하여 계수하였다. 계수한 평판에서 5개의 전형적인 집락을 선별하여 tryptic soy agar (Difco)에 재배양한 후 PCR을 이용하여 최종 확인하였다. *S. aureus* 또한 *B. cereus*와 마찬가지로 0.85% 생리식염수로 균질화하여 단계희석 한 시료를 baird-parker agar (Difco)에 도말하여 37ºC에서 48시간 배양한 후 투명한 환을 갖는 검은색의 집

락을 계수하였다. 계수한 각 평판에서 5개의 전형적인 집락을 선별하여 tryptic soy agar (Difco)에 재배양 후 PCR을 이용하여 최종 확인 하였다. *E. coli* O157:H7은 증균배양 시료를 mEC broth (Difco)에서 37ºC에서 24시간 배양시켜 가스를 생성한 양성 의심 시료에 한해서 MacConkey sorbitol agar (Difco)에 도말하여 마찬가지로 37ºC에서 24시간 재배양하였으며, 생성된 집락 중 sorbitol을 분해하지 않는 무색 집락을 대상으로 PCR (GeneAmp 2400, Applied Biosystems, Seoul, Korea)을 실시하여 최종확인 하였다. *L. monocytogenes*는 증균배양 한 시료를 fraser broth에 접종하여 배양한 후 진한 갈색을 나타내는 양성 의심 시료에 한해서 oxford agar (Oxoid, Basingstoke, Hampshire, UK)에 도말하여 37ºC에서 24시간 배양하였으며, 생성된 집락 중 검은색 환으로 둘러싸인 갈색의 집락을 대상으로 PCR을 실시하여 최종확인 하였다. *Salmonella* spp.는 증균배양 한 시료를 Rappaport-Vassiliadis broth (Difco) 10 mL에 접종하여 배양시킨 다음 배지가 혼탁한 옅은 푸른색을 나타내는 양성 의심시료를 xylose lysine desoxycholate agar (Difco)에 도말하여 37ºC에서 24시간 배양하였으며, 생성된 집락 중 검은색을 나타내는 것을 대상으로 PCR을 실시하여 최종확인 하였다.

모든 병원성 미생물의 PCR 실시는 Shim 등[14]의 방법을 따라 실시하였으며, PCR 반응을 통해 증폭되어진 생성물은 1.2% agarose gel 상에서 전기영동 하여 확인하였다.

공중낙하균 조사

부추 재배 농장의 공기에 의한 교차오염 가능성을 확인하기 위해 부추를 재배하고 있는 비닐하우스 내의 일반세균, 대장균군, 대장균, *B. cereus*, *S. aureus, E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. 및 곰팡이의 오염정도를 측정하였다. 하우스 내의 임의의 지점에 각 미생물의 선택배지 뚜껑을 열고 15분간 놓아둔 후 배지의 뚜껑을 닫고 parafilm으로 밀봉하여 37ºC에서 48시간 (단, 곰팡이의 경우 28ºC, 72시간) 배양하였다. 그리고 대장균과 병원성미생물의 경우 앞서 설명한 바와 같은 방법으로 PCR을 이용하여 재확인하였다.

결과 및 고찰

토양과 용수의 미생물 오염도

부추 생산농가의 토양과 용수에 대한 미생물 오염도를 작물 재배전 단계, 재배단계와 수확단계로 구분하여 3회에 걸쳐서 확인하였다. 그 결과 토양에서는 일반세균 6.4~6.7 log CFU/g, 대장균군 ND~4.2 log CFU/g, *B. cereus* 2.5~4.6 log CFU/g 및 곰팡이 3.8 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 농업용수에서는 일반세균 1.2~1.5 log CFU/mL, 대장균군 ND~1.8 log CFU/mL, 곰팡이 ND~0.3 log CFU/mL 수준으로 검출되었다(Table 1).

양파, 인삼 등의 작물 재배지의 미생물학적 위해요소를 조사한 연구에서는 토양에서 일반세균이 각각 6.8~7.1 및 5.3~5.4 log CFU/g, 대장균군이 1.8~3.9 및 2.4~4.2 log CFU/g 수준을 나타내는 것으로 보고하고 있는데[14-15] 이와 비교해 볼 때 부추 재배지의 토양은 양파, 깻잎 재배지의 토양보다 약간 낮은 수준으로 일반적인 수준의 미생물을 포함하고 있는 것으로 확인되었다. 하지만 대장균군이 최고 4.2 log CFU/g 수준까지 검출된 것을 볼 때 부추는 다비성 작물로[16] 타 작물에 비해 퇴비 사용량이 많은 만큼 안전한 퇴비의 사용이 필요할 것으로 생각된다. 또한 병원성 미생물 중 토양에서 검출된 *B. cereus*의 경우 포자를 형성하고 소장에서 enterotoxin을 생산하여 설사, 구토 등의 식중독 증상을 일으키나, 일반적으로 토양 및 채소류 증에서 흔히 발견되는 미생물로[17-18] 우려할 수준의 오염도는 아닌 것으로 판단된다. 하지만 작물 재배지는 주변 환경에 항상 노출되어 있기 때문에 관리가 이루어지지 않는다면 외부 오염원으로부터 미생물이 오염되어 부추에 영향을 미칠 가능성이 있으므로 재배지 주변의 청결한 관리가 필

Table 1. Microbial population of bacteria for soil and agricultural water samples collected from leek farm

(Unit : log CFU/g or mL)

Stage	Samples	Sanitary indication bacteria			Pathogenic bacteria			Fungi
		Total bacteria	Coliform	*E. coli*	*B. cereus*	*S. aureus*	Others[1)]	
Non-cultivation	Soil	6.7 ± 0.0	ND[2)]	ND	4.4 ± 0.2	ND	-[3)]	3.8 ± 0.1
	Agricultural water	1.2 ± 0.5	1.8 ± 0.3	ND	ND	ND	-	0.3 ± 0.4
Cultivation	Soil	6.7 ± 0.1	3.9 ± 0.9	ND	4.6 ± 0.1	ND	-	3.8 ± 0.1
	Agricultural water	1.5 ± 0.6	ND	ND	ND	ND	-	0.2 ± 0.2
Harvest	Soil	6.4 ± 0.4	4.2 ± 0.3	ND	2.5 ± 3.5	ND	-	3.8 ± 0.2
	Agricultural water	1.2 ± 0.4	0.7 ± 0.6	ND	ND	ND	-	ND

[1)]Others: *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp.
[2)]ND: Not Detected
[3)]-: Negative by PCR

요하다.

농업용수는 미생물의 오염 수준이 대체로 낮아 현재의 수질 상태로는 부추의 미생물학적 안전성에 큰 영향을 미치지는 않을 것으로 생각된다. 최근 물 부족 등으로 수자원 절약을 위해 생활하수의 재이용에 대한 연구가 진행되고 있는데 이와 같은 하수처리수는 공업용수 및 농업용수 등으로 활용 가능성이 제기되고 있다[19]. 하수처리수는 일반 용수보다 각종 미생물, 특히 대장균과 같은 분변성 미생물의 증식 가능성이 높기 때문에[20-21] 이를 농업용수로 재이용한다면 농업용수에서의 생물학적 위해요소 관리의 기준 설정 및 관리를 강화해야 할 것이다.

부추의 미생물 오염도

부추의 미생물 오염도는 재배단계, 수확단계로 구분하여 확인하였다. 그 결과 일반세균이 4.6~5.1 log CFU/g, 대장균군이 4.8~5.0 log CFU/g, 곰팡이는 2.9~3.8 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 병원성 미생물은 *B. cereus*가 재배단계에서 0.5 log CFU/g 수준으로 검출되었고, 나머지 병원성 미생물은 모두 불검출 되었다. 부추는 재배단계에서 보다 작업자 및 도구의 접촉이 많은 수확단계에서 미생물 오염도가 높은 것으로 나타났고, 특히 일반세균 오염도는 토양에서의 오염도(6.4~6.7 log CFU/g) 보다 낮았지만 대장균군의 경우 토양에서의 오염도(3.9~4.2 log CFU/g) 보다 높은 것으로 확인되었다(Table 2).

부추와 같이 토양에 직접 접촉하여 자라는 작물 중 양파의 경우 일반세균과 대장균군의 오염도는 토양이 비교적 높았으나 부추와 마찬가지로 재배단계에서 보다 수확단계에서의 오염도가 증가하는 것으로 확인되었다[14]. 인삼의 경우 인삼 자체에서는 일반세균이 4.6~5.1 log CFU/g, 대장균군이 3.2~4.6 log CFU/g 수준으로 검출되었으나, 토양에서는 각각 5.3~5.4 log CFU/g 및 2.4~4.2 log CFU/g 수준으로 토양보다 인삼의 대장균군 오염도가 높은 것으로 확인되었다[15]. 반면 토양과의 직접적인 접촉이 적은 토마토, 고추의 경우 일반세균과 대장균군 모두 작물보다는 토양에서의 오염도가 높은 것으로 나타났다[22,23]. 이러한 결과들을 볼 때 부추의 대장균군 오염도는 퇴비가 혼합되어 있는 토양의 영향을 받는 것으로 판단된다. 비록 토양에 존재하는 일반적인 수준의 미생물의 경우는 작물의 안전성에 큰 영향을 미치지는 않지만 가축분 퇴비와 유기질 비료 속에서 종종 검출되는 병원성 미생물의 경우 토양에 혼입되면 작물로의 교차오염이 발생하며[24], 그 오염도가 높을 경우 안전성에 문제를 발생시킬 수 있으므로 토양에

Table 2. Microbial population of bacteria for leek samples collected from leek farm

(Unit : log CFU/g)

Stage	Sanitary indication bacteria			Pathogenic bacteria			Fungi
	Total bacteria	Coliform	*E. coli*	*B. cereus*	*S. aureus*	Others[1)]	
Cultivation	4.6 ± 0.5	4.8 ± 0.1	ND[2)]	0.5 ± 0.7	ND	-[3)]	2.9 ± 0.9
Harvest	5.1 ± 0.5	5.0 ± 0.3	ND	ND	ND	-	3.8 ± 0.4

[1)]Others: *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp.
[2)]ND: Not Detected
[3)]-: Negative by PCR

Table 3. Microbial population of bacteria for workers and working tools samples collected from leek farm

(Unit: log CFU/hand or 100 cm^2)

Stage	Samples	Sanitary indication bacteria			Pathogenic bacteria			Fungi
		Total bacteria	Coliform	*E. coli*	*B. cereus*	*S. aureus*	Others[1)]	
Cultivation	Hands	2.4 ± 1.6	0.9 ± 1.3	ND[2)]	1.2 ± 1.7	ND	-[3)]	3.0 ± 0.1
	Clothes	2.5 ± 0.1	2.0 ± 0.4	ND	1.3 ± 0.4	ND	-	3.4 ± 0.3
	Gloves	3.3 ± 0.5	1.9 ± 1.7	ND	1.7 ± 0.5	ND	-	3.8 ± 0.1
Harvest & Post-harvest	Hands	5.4 ± 0.4	1.0 ± 1.5	ND	2.4 ± 0.6	ND	-	3.1 ± 0.3
	Clothes	1.9 ± 0.0	ND	ND	ND	ND	-	2.5 ± 0.9
	Gloves	2.6 ± 0.5	1.6 ± 1.5	ND	ND	ND	-	2.1 ± 0.7
	Carrying boxes	2.7 ± 0.1	ND	ND	1.6 ± 1.1	ND	-	2.1 ± 0.2
	Packing boxes	2.1 ± 0.1	1.6 ± 1.1	ND	ND	ND	-	1.0 ± 0.0
	Balances	2.5 ± 0.2	ND	ND	ND	ND	-	2.6 ± 0.3
	Binding machine	2.0 ± 0.1	ND	ND	ND	ND	-	1.6 ± 0.2

[1)]Others: *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp.
[2)]ND: Not Detected
[3)]-: Negative by PCR

사용되는 퇴비 및 비료 등의 농자재에 대한 미생물 관리가 필요할 것으로 판단된다.

또한 정 등[25] 연구에서는 농산물 시장에서 유통되고 있는 부추에서 일반세균이 7.2 log CFU/g, 대장균군이 6.99 log CFU/g으로 검출되었고 *B. cereus*와 *E. coli*도 각각 15.4와 7.7% 수준으로 검출된 것으로 보고하고 있으며, 설 등[26]의 연구에서는 보육시설 급식소의 식재료 검수 직전의 부추에서 일반세균이 4.8~5.9 log CFU/g 수준으로 검출되었고, 대장균군과 *E. coli*는 불검출 되었다고 보고하고 있다. 이들 결과는 재배현장에서 수확 직후의 오염도를 확인한 본 연구결과에서 보다 높은 수준으로, 유통과정 중에 부주의로 인해 농산물의 미생물의 오염도가 높아질 가능성이 있음을 알 수 있다. 따라서 생산현장에서의 미생물 오염도 감소를 위한 노력뿐만 아니라 유통 중에도 부주의로 인한 교차 오염이 발생하지 않도록 취급에 주의할 필요가 있을 것으로 생각된다.

작업자 개인위생 및 작업도구의 미생물 오염도

부추 재배지에서 작업을 하는 작업자의 개인위생 (손, 장갑 및 작업복) 항목에 대한 미생물 오염도를 검사한 결과, 작업자의 손에서는 일반세균 2.4~5.4 CFU/hand, 대장균군 0.9~1.0 log CFU/hand, *B. cereus* 1.2~2.4 log CFU/hand 및 곰팡이 2.5~3.4 log CFU/hand 수준으로 검출되었고, 작업복에서는 일반세균 1.9~2.5 CFU/100 cm^2, 대장균군 ND~2.0 log CFU/100 cm^2, *B. cereus* ND~1.3 log CFU/100 cm^2 및 곰팡이 2.5~3.4 log CFU/100 cm^2 수준으로 검출되었다. 또한 작업자의 장갑에서는 일반세균 2.6~3.3 log CFU/100 cm^2, 대장균군 1.6~1.9 log CFU/100 cm^2, *B. cereus* ND~1.7 log CFU/100 cm^2 및 곰팡이 2.1~3.8 log CFU/100 cm^2의 수준의 오염도를 나타내었다 *E. coli*와 그 외 병원성 미생물은 모두 불검출 되었다(Table 3). 농장 작업자의 손에서 확인된 일반세균 오염도는 대체로 4.2~6.0 log CFU/hand 수준으로[14,15] 부추 재배지 작업자 개인위생의 경우 다른 농장의 작업자에 비해 비교적 양호한 것으로 판단된다. 하지만 부추의 수확 및 포장 작업이 대부분 수작업으로 이루어지고 보통 식중독 발생의 약 90%가 손 등의 부적절한 개인위생 관리가 원인으로 알려져 있어[27,28] 작업자 손에 의한 부추의 미생물 오염 예방을 위해 올바른 손 씻기 등을 통한 개인 위생관리가 필요할 것으로 판단된다.

부추의 수확 및 포장에 사용되는 작업도구 (운반박스, 포장박스, 저울, 결속기)의 미생물 오염정도는 일반세균 2.0~2.7 log CFU/100 cm^2, 대장균군 ND~1.6 log CFU/100 cm^2, *B. cereus* ND~1.6 log CFU/100 cm^2 및 곰팡이 1.0~2.6 log CFU/100 cm^2의 수준으로 검출되었으며 *E. coli* 및 *B. cereus* 외 병원성 미생물은 모든 시료에서 불검출 되었다 (Table 3). 사용되는 작업도구 역시 전체적으로 위생상태가 양호한 수준으로 확인되었다. 하지만 작업도구의 사용 후 위생관리가 제대로 이루어지지 않으면 작업도구가 미생물 오염의 매개체가 되어 부추에 교차오염이 발생할 가능성이 있으므로[29] 청결하게 관리를 하는 것이 필요하다.

Table 4. Microbial population of airborne bacteria samples collected from leek farm

(Unit: log CFU/plate)

Microorganisms	Stage			Average
	Non-cultivation	Cultivation	Harvest	
Total bacteria	1.5 ± 0.5	2.1 ± 0.1	0.3 ± 0.4	1.3 ± 0.3
Coliform	0.4 ± 0.6	0.4 ± 0.6	ND[1)]	0.3 ± 0.4
E. coli	ND	ND	ND	ND
B. cereus	0.3 ± 0.0	ND	ND	0.1 ± 0.0
S. aureus	ND	ND	ND	ND
E. coli O157:H7	-[2)]	-	-	-
L. monocytogenes	-	-	-	-
Salmonella spp.	-	-	-	-
Fungi	1.8 ± 0.1	1.7 ± 0.2	1.9 ± 0.2	1.8 ± 0.2

[1)]ND: Not Detected
[2)]-: Negative by PCR

공중낙하균 오염도

부추 재배지의 공중낙하균 오염정도를 확인하기 위해 위생지표세균, 병원성 미생물 및 곰팡이를 대상으로 분석한 결과 위생지표세균 중 일반세균과 대장균군은 모든 단계에서 0.3~2.1 및 ND~0.4 log CFU/plate 수준으로 검출되었고, 병원성 미생물은 *B. cereus*만 휴면단계에서 0.3 log CFU/plate 수준으로 검출되었으며, 곰팡이의 경우 1.7~1.9 log CFU/plate 수준으로 검출되었다(Table 4). 이러한 결과는 파프리카 재배 하우스에서 검출된 일반세균 1.2~1.4 log CFU/plate, 곰팡이 0.9~1.0 log CFU/plate와[30] 유사한 수준으로 확인되었다.

공기 중 미생물은 병원체 감염, 알레르겐 등으로 작용하여 알레르기 반응, 독소 생성 등으로 인체에 좋지 않은 작용을 하는데[31], 공기 중 미생물이 높게 나타나는 대표적인 곳이 퇴비를 만드는 퇴비화 시설이다. 퇴비화 시설에서의 공기 중 미생물은 일반 지역보다 약 460배 높게 검출된 것으로 보고되고 있다[32]. 이와 같은 시설에서 생산된 퇴비로 인해 퇴비화 시설에 존재한 공기 중 미생물이 함께 작물 재배지로 이동하게 되고 다시 재배 하우스 내 공기 중으로 부양하여 농장 작업자 및 작물에 영향을 미칠 가능성이 발생 할 수 있기 때문에 퇴비사용에 주의를 기울이고, 재배 하우스 내의 환기 및 환풍을 적절하게 하여 공기의 오염에 주의해야 할 것이다.

요 약

부추의 위해요소관리를 위한 GAP 모델 개발에 필요한

기초 자료로 활용하기 위해 부추 생산과정을 재배전 단계, 재배단계 및 수확·포장단계로 나누어 재배환경 (토양, 용수), 부추, 개인위생 시료에 대해 위생지표세균, 병원성 미생물, 곰팡이의 오염도를 조사하였다. 위생지표 세균 중 일반세균은 토양 6.4~6.7 log CFU/g, 부추 4.6~5.1 log CFU/g, 개인위생 중 손과 장갑에서 각각 최대 3.3 및 5.4 log CFU/hand or cm^2으로 검출되었고, 그 외의 시료에서는 2.7 log CFU/g (or mL, hand, 100 cm^2) 이하로 검출되었다. 대장균군은 토양 3.9~4.2 log CFU/g, 부추 4.8~5.0 log CFU/g으로 부추에서 더 높은 수준으로 검출되었고, 대장균은 모든 시료에서 불검출 되었다. 병원성 미생물의 경우 *B. cereus*만 용수를 제외한 시료에서 0.5~4.6 log CFU/g (or hand, 100 cm^2) 수준으로 검출되었다. 곰팡이의 경우도 용수와 일부 작업도구를 제외한 시료에서 2.1~3.8 log CFU/g (or hand, 100 cm^2) 수준으로 검출되었다. 전반적으로 토양과 닿아 있는 부추에서의 미생물 오염도가 높게 확인되었으며, 이는 비교적 미생물의 오염도가 높은 토양으로부터 교차오염이 발생하였기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 부추의 생물학적 위해요소에 대한 안전성 확보를 위해서는 토양 관리가 중요할 것으로 생각 된다.

감사의 말씀

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ009216)의 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Ahn, M.S., Kim, H.J. and Seo, M.S.: The antioxidative and antimicrobial activities of the three species of leeks (Allium tuberosun R.) ethanol extracts. *Korean J. Food Culture,* **20**, 186-193 (2005).
2. Boivin, D., Lamy, S., Dufour, S.L., Jackson, J., Beaulieu, E., Cote, M., Moghrabi, A., Barrette, S., Gingras D. and Beliveau R.: Antiproliferative and antioxidant activities of common vegetables: A comparative study. *Food Chem.*, **112**, 374-380 (2009).
3. Lee, E.H., Jang, K.I., Bae, I.Y. and Lee, H.G.: Antibacterial effects of leek and garlic juice and powder in a mixed strains system. *Food Sci. Technol.,* **43**, 518-523 (2011).
4. World Cancer Research Fund. American Institute for Cancer Research. Summary: Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective pp. 9 (2007).
5. Kim, D.J.: Cancer chemoprevention by the components of fruits and vegetables. *J. Korean Assoc. Cancer Prev.*, **8**, 245-250 (2003).
6. The third Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES III) (2005).
7. Cho, H.S., Kim, M.H. and Choi M.K.: A study on vegetable intakes and dietary habits of middle school students in chungnam. *Korean J. Community Nutr.*, **15**, 525-535 (2010).
8. Gould, L.H., Walsh, K.A., Vieira, A.R., Herman, K., Williams, I.T., Hall, A.J. and DVM, D.C.: Surveillance for foodborne disease outbreaks United States, 1998-2008. *MMWR Surveill. Summ.*, **62**, 1-34 (2013).
9. Painter, J.A., Hoekstra, R.M., Ayers, T., Tauxe, R.V., Braden, C.R., Angulo, F.J. and Griffin, P.M.: Attribution of foodborne illnesses, hospitalizations, and deaths to food commodities by using outbreak data, United States, 1998-2008. *Emerg. Infect. Dis.*, **19**, 407-415 (2013).
10. Frank, C., Werber, D., Cramer, J.P., Askar, M., Faber, M., Heiden, M., Bernard, H., Fruth, A., Prager, R., Spode, A., Wadl, M., Zoufaly, A., Jordan, S., Kemper, M.J., Follin, P., Müller, L., King, L.A., Rosner, B., Buchholz, U., Stark, K. and Krause, G.: Epidemic profile of shiga-toxinproducing *Escherichia coli* O104:H4 outbreak in Germany. *N. Engl. J. Med.*, **365**, 1771-1780 (2011).
11. Ha, S.D.: Trend analysis of policies and managemental systems for food safety. *Food Sci. Ind.* **44**, 29-37 (2011).
12. Anonymous.: Guidelines for effectiveness testing of surgical hand scrub (glove juice test). *Fed. Regist.*, **43**, 1242-1243 (1978).
13. MFDS. Korean Foods Code. Ministry of Food and Drug Safety, Cheongwon, Korea (2013).
14. Choi, Y.D., Lee, C.W., Kim, J.S., Chung, D.H. and Shim, W.B.: Investigation of hazards from onions and their cultivation areas to establish a good agricultural practies (GAP) model. *J. Food Sci. Technol.*, **45**, 785-790 (2013).
15. Shim, W.B., Kim, J.S. and Chung, D.H.: Microbiological hazard analysis of ginseng farms at the cultivation stage to develop a good agricultural practices (GAP) model. *J. Fd Hyg. Safety*, **28**, 312-318 (2013).
16. http://www.nihhs.go.kr/personal/plow_view.asp?t_cd=0& curpage=3&c_cd=ca10306&d_no=48. Accessed Jan. 5, 2015.
17. Park, M.J., Hong, H.G., Son, J.S., Kwon, Y.O., Lim, Y.S., Lee, H.H. and Kim, G.H.: A Study on the contamination of *Bacillus cereus* in baby food on the online market. *J. Fd Hyg. Safety*, **29**, 207-210 (2014).
18. Rasko, D.A., Altherr, M.R., Han, C.S. and Ravel, J.: Gemomics of the *Bacillus cereus* group of organisms. *FEMS Microbiol. Rev.*, **29**, 303-329 (2005).
19. An, Y.J., Lee, W.M. and Yoon, C.G.: Evaluation of korean water quality standards and suggestion of additional water parameters. *Korean J. Limnol.*, **39**, 285-295 (2006).
20. Yoon, C.G., Jung, K.W., Jeon, J.H. and Ham, J.H.: Guidlines and optimum treatment for agriculture reuse of reclaimed water. *Korean J. Limnol.*, **36**, 356-368 (2003).
21. Lee, B.S., Um, J.Y., Kim, Y.B., Woo, N.C., Nam, K.P. and Lee, J.M.: Effect of non-agricultural facilities on water quality and contamination in rural Area. *J. Soil Groundw. Environ.*, **14**, 1-9 (2009).
22. Lee, C.W., Lee, C.Y., Heo, R.W., Kim, K.Y., Shim, W.B., Shim, S.I. and Chung, D.H.: Risk analysis for the harvesting stage of tomato farms to establish the good agriculture practices (GAP). *Agri. Life Sci.*, **46**, 141-153 (2012).

23. Nam, M.j., Heo, R.W., Lee, W.G., Kim, K.Y., Chung, D.Y., Kim, J.S., Shim, W.B. and Chung, D.H.: Microbiological hazard analysis of hot pepper farms for the application of good agricultural practices (GAP) system. *Agri. Life Sci.*, **45**, 163-173 (2011).
24. Jung, K.S., Heu, S.G., Roh, E.J., Lee, D.H., Yun, J.C. and Kim, K.H.: Prevalence of pathogenic bacteria in livestock manure compost and organic fertillizer. *Korean J. Soil Sci. Fert.*, **44**, 824-829 (2011).
25. Jung, S.H., Hur, M.J., Ju, J.H., Kim, K.A., Oh, S.S., Go, J.M., Kim, Y.H. and Im, J.S.: Microbiological evaluation of raw vegetables. *J. Fd Hyg. Safety*, **21**, 250-257 (2006).
26. Seol, H.R., Park, H.S., Park, K.H., Park, A.K. and Ryu, K.: Microbiological evaluation of foods and kitchen environments in childcare center and kindergarten foodservice operations. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **38**, 252-260 (2009).
27. Weinstein, J.: The clean restaurant.II: Employee hygiene. *Restaurants Inst.*, **101**, 138-141 (1991).
28. Staino, L. and Wind, C.E.: Antimicrobial effectiveness of hand washing for food establishment, *Dairy Food Environ. Sanit.*, **10**, 136-141 (1990).
29. FDA. Guidance for industry: Guide to minimize microbial food safety hazard for fresh fruits and vegetables. Food and Drug Administraion, Washington, DC, USA (1998).
30. Nam, M.J., Chung, D.Y., Shim, W.B. and Chung, D.H.: Hazard analysis for the application of good agricultural practices (GAP) on paprika during cultivation. *J. Fd. Hyg. Safety*, **26**, 273-282 (2011).
31. Fisher, G. and Dott, W.: Relevance of aireborne fungi and their secondary metabolites for environment, occupational and indoor hygiene. *Arch. Microbiol.*, **179**, 75-82 (2003).
32. Lee, B.R., Cha, M.J., Jeong, C.S. and Kim, J.S.: Distribution and characteristics of culturable airborne microorganisms in composting facility and landfill. *Jounal of Microbiology*, **48**, 8-15 (2012).