pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 31, No. 2, pp. 99~106 (2016)
http://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2016.31.2.99

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

맥문동(*Liriope platyphylla*) 수확 후 처리 환경의 위생지표세균 및 병원성 미생물 오염도 조사

김연록 · 하지형 · 김세리 · 박영춘[1] · 김경철[2] · 김원일 · 류송희 · 김황용*
농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 유해생물팀
[1]충청남도농업기술원 청양구기자시험장, [2]영광군농업기술센터

Investigation of Microbial Contamination in *Liriope platyphylla* at Post Harvest Environments

Yeon Rok Kim, Ji-Hyoung Ha, Se-Ri Kim, Young Chun Park[1], Kyeong Cheol Kim[2], Won-Il Kim, Song Hee Ryu, and Hwang-Yong Kim*
Microbial Safety Team, Department of Agri-Food Safety, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea
[1]Chengyang boxthorn experiment station, Chungcheong Nam Do Agricultural ginseng & medicinal institute
[2]Yeonggwang Agricultrual Technology Center
(Received July 7, 2015/Revised November 10, 2015/Accepted March 28, 2016)

ABSTRACT - This study was aimed to assess microbiological contamination level of *Liriope platyphylla* farms (A, B, and C) located in Cheongyang, Chungnam province. Specimens sampled from those farms and *L. platyphylla* tuberous roots were assessed for sanitary indication bacteria such as total aerobic bacteria, coliforms, and *Escherichia coli* and pathogenic bacteria such as *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*, quantitatively and qualitatively. As a result, those farms are not contaminated by *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., at all. And *S. aureus* was only found qualitatively from workers' gloves at a farm. As a whole, those farms (soil, harvest container, harvester, cleanser, washing water and tray) were maintained in a low level of microbiological contamination. However a cleanser was contaminated by coliforms (4.35 log CFU/100 cm^2), and it is required to improve farm hygiene. Microbiological contamination level of *L. platyphylla* tuberous root was decreased in the postharvest process including washing and drying.

Key words: *Liriope platyphylla*, microbial contamination, medicinal crop

최근 건강에 대한 소비자의 관심이 높아지면서 기능성 건강식품에 대한 수요가 증가하는 한편, 기능성 건강식품의 원료 농산물에 대한 안전성 확보가 사회적으로 큰 관심을 끌고 있다. 그와 함께 농산물우수관리(GAP: Good Agricultural Practices) 인증제도가 새로운 조명을 받고 있는데, GAP인증을 통하여 안전성이 검증된 약용작물이라면 좀 더 높은 가격을 지불할 의향이 있는 소비자가 적지 않다[1].

*Correspondence to: Hwang-Yong Kim, Microbial Safety Team, Department of Agri-Food Safety, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea
Tel: 82-63-238-3394, Fax: 82-63-238-3840
E-mail: hykim@korea.kr

농수산물품질관리법에 따르면 '농산물우수관리란 농산물의 안전성을 확보하고 농업환경을 보전하기 위하여 농산물의 생산, 수확 후 관리 및 유통의 각 단계에서 농업환경과 농산물에 잔류할 수 있는 생물적 · 화학적 · 물리적 위해요소를 적절하게 관리하는 것'을 말하며[2], 국내에서는 농산물우수관리 인증제도가 2006년부터 본격적으로 시행 중이다. 앞으로 약용작물에 대한 농산물우수관리 인증제도가 활성화되면, 국산 약용작물의 안전성에 대한 소비자의 신뢰를 확보하는 것은 물론이며 안전성이 확인되지 않은 약용작물이 무분별하게 수입되어 소비자의 건강에 부정적인 영향을 미치는 것을 막을 수 있을 것으로 기대된다.

약용작물에 대한 농산물우수관리 인증제도가 활성화되려면 작물별 실천기술을 확보하여 보급할 필요가 있다. 따

라서 최근 들어 약용작물의 종류별로 농산물우수관리에 필요한 정보를 축적하는 연구가 활발하다. 그 일환으로 봄철에 수확하는 대표적인 약용작물인 맥문동에 대하여 미생물학적 오염도를 조사하는 연구를 진행하게 되었다.

맥문동(*Liriope platyphylla)*은 백합과에 속하는 다년생 초본 약용식물이다. 우리나라, 중국, 일본, 대만 등에 분포하며, 주로 덩이뿌리를 한약재로 이용한다. 폐기능과 체력을 돕는 약재로서 기침, 가래, 해열에 약리작용을 하는 것으로 알려졌으며, 혈당강화, 당뇨예방, 기억력 증진, 항염증, 미생물 억제 기능이 있다고 알려져 있다[3,4,5]. 맥문동은 덩이뿌리를 수확하여 이용하기 때문에 *Bacillus cereus* (*B. cereus*)를 비롯하여 토양에 흔하게 발견되는 미생물에 오염될 가능성이 높은 편이다[6]. 또한 덩이뿌리의 전당함량이 55~80% 수준으로 높은 편이기 때문에 수확 후에 신속하게 건조시키지 않으면 저장 중에 부패하기 쉽다. 그런데 맥문동에 대하여 잔류농약과 중금속 등의 화학적 위해요소에 대한 안전성 연구는 비교적 활발하게 수행되어 온 반면 식중독세균을 비롯한 생물적 위해요소에 대한 연구는 미비한 실정이다[7]. 따라서 맥문동의 안전성을 높이기 위해서는 재배단계에서부터 수확 후 처리 단계에 걸쳐 미생물 오염도를 평가하고 위생관리 방안을 제시하는 것이 중요하다고 판단된다[7].

약용작물은 주로 한약재로 이용되는데 국가별 한약재 미생물허용한도 규격기준을 살펴보면 다음과 같다. 독일 등 유럽에서는 호기성세균의 미생물 오염한도를 10^7 CFU/g 이하로 제한하고 있으며, 미국도 생약의 미생물 오염한도 기준을 유럽과 동일한 수준으로 제한하고 있다. 일본의 경우에도 한약재에 대한 체계적인 미생물오염도 실태조사를 바탕으로 유통되는 한약재의 미생물허용기준을 설정하였고, 미생물오염을 막기 위해 한약재를 저온에서 보관하도록 법제화 하고 있다[8,9]. 우리나라의 경우에는 한약제제에 대한 미생물한도기준이 설정되어 있지만 한약재의 원재료에 대한 기준규격은 제도화되어 있지 않는 실정이므로, 약용작물에 대한 기초연구를 바탕으로 과학적 근거 자료를 수집하여 관리기준을 설정하는 것이 필요하다.

이와 같은 맥락에서 재배, 수확, 건조단계에서 맥문동의 미생물학적 오염을 일으킬 수 있는 위해요소를 조사하였으며, 농산물우수관리를 통하여 위생적이고 안전한 맥문동을 생산하는 데 필요한 다양한 기초자료를 확보하고자 하였다.

Materials and Methods

시료 채취 및 전처리

2015년 4월에 충청남도 청양의 맥문동 농가 3곳을 방문하여 재배, 수확, 건조단계 별로 시료를 채취하였다. 조사대상 농가의 맥문동 재배, 수확, 건조 과정을 간단하게 살펴보면 다음과 같다. 2014년에 재배한 맥문동을 밭에 그대로 두어 겨울을 나게 한 후, 이듬해인 2015년 4월에 그네(덩이뿌리를 분리하는 수확용 농기구)를 이용하여 수확부위인 덩이뿌리를 분리하였다. 그런 다음 회전식 세척기에 넣어 덩이뿌리에 묻어있는 토양을 씻어내고, 40ºC 내외의 건조기에 넣고 온풍건조를 하였다.

시료 채취 대상은 모두 11가지 항목이었다. 재배단계에서는 3항목으로 토양, 수확용 농기구(그네), 수확 전의 맥문동 덩이뿌리가 이에 해당한다. 수확단계에서는 6항목으로 수확용기, 세척수, 세척기, 수확 직후 맥문동 덩이뿌리, 세척 직후 맥문동 덩이뿌리, 채반이 이에 해당한다. 건조단계에서는 2항목으로 장갑, 건조 후 맥문동 덩이뿌리가 이에 해당한다. 농가 당 각 항목별로 3점씩 시료를 반복 채취하여, 총 99점의 시료에 대한 미생물 오염도를 분석하였다.

토양, 맥문동(수확 이전, 수확 직후, 세척 직후, 건조 후)은 200 g씩 채취하였고, 수확용기, 수확기(그네), 세척기, 채반은 Swab kit (3M Quick Swab, USA)로 면적대(10 × 10 cm)를 이용하여 문질러 채취하였다. 세척수는 멸균된 채수병에 채수하였고 장갑은 멸균된 0.85% 생리식염수 50 mL을 멸균팩에 붓고 작업자가 착용하고 있는 장갑을 씻어서 glove juice법[10]을 이용하여 시료를 채취하였다. 채취한 시료들은 아이스 팩이 들어있는 아이스박스에 담아 실험실로 운반하였으며, 위생지표세균 오염도 및 병원성 미생물의 오염도를 분석하였다. 모든 분석과정은 시료간의 교차오염을 막기 위해 clean bench에서 위생적으로 처리하였다.

미생물 오염도는 정량분석과 정성분석을 통해 분석하였다. 전처리 과정으로 정량분석은 토양, 맥문동을 각각 25 g씩 stomacher bag에 담고 225 mL의 0.1% peptone water (PW, Oxoid, UK)를 넣어 균질기(Bagmixer 400VW, Interscience®, Paris, France)로 2분간 균질화시켜서 분석에 사용하였고 작업자의 장갑과 swab kit로 채취한 수확용기, 수확기(그네), 세척기, 채반은 전처리 과정 없이 10배 단계 희석하여 미생물 분석 시료로 사용하였다.

미생물의 정성분석은 증균과정을 거친 시료를 선택배지에 접종하여 분리과정과 최종 확인시험을 거쳐 판정하였다. 증균방법은 토양과 맥문동을 각각 25 g씩 stomacher bag에 담고 130 mL의 buffered peptone water (BPW, Oxoid, UK)를 첨가하여 균질화 시키고, swab kit로 채취한 시료와 장갑은 각각 1 mL씩 채취하여 멸균된 BPW 9 mL에 혼합하여 37ºC, 24시간 동안 증균배양 후 분석에 사용하였다.

위생지표세균 오염도 분석

위생지표세균으로는 총호기성균, 대장균군 및 대장균을 분석하여 맥문동 재배농가의 위생상태를 분석하였다. 총호기성균과 대장균군은 정량분석의 전처리한 시료 1 ml을

9 mL의 멸균된 0.1% 펩톤수로 10배 단계 희석하여 각 희석 농도에서 1 mL씩 취하였고 총호기성균은 3M Petrifilm™ aerobic count plate (3M, USA), 대장균군은 3M Petrifilm™ *E. coli*/coliform plate (3M, USA)에 분주하여 37ºC에서 24시간 배양하여 집락수를 계수하였다.

대장균의 정성분석은 BPW에서 증균 배양시킨 시료를 1 mL씩 취하여 10 mL의 액체배지 *Escherichia coli* broth (EC broth; Oxoid, Basingstoke, Hampshire, England)에 접종하여 42ºC, 24시간 배양 후 양성으로 의심되는 균주를 eosin methylene blue agar (EMB agar; Oxoid, England) 선택배지에 streaking하여 37ºC, 24시간 배양하였다. 배양된 시료에서 녹색 광택을 띄는 colony를 선택하여 nutrient agar (NA; Oxoid, England)에 streaking하여 37ºC, 24시간 배양 후 VITEK (VITEK-2 compact, Biomerieux, France)으로 양성반응을 최종 확인하였다.

병원성 미생물 오염도 분석

병원성 미생물은 *Escherichia coli* O157:H7 (*E. coli* O157:H7), *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*), *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Samonella* spp., *B. cereus*로 주요 식중독균에 대한 오염도를 분석하였다.

E. coli O157:H7은 증균 배양한 시료를 1 mL씩 취하여 10 mL의 액체배지 modified EC broth (mEC broth; Oxoid, England) 접종하여 42ºC, 24시간 배양시켜 양성의심 균주를 CHROMagar O157 (CHROMagar™, Paris, France)에 streaking하여 37ºC, 24시간 배양 후 붉은 색을 띄는 colony를 NA에 배양 한 다음 VITEK으로 확인하였다.

S. aureus(정성분석)와 *L. monocytogenes*는 증균 배양한 시료 1 mL을 취하여 10 mL의 10% NaCl이 들어간 tryptic soy broth (TSB, Oxoid, England)와 FRASER Listeria broth (Oxoid, England)에 접종하여 37ºC, 24시간 배양시켜 양성의심 균주를 CHROMagar Staphy (CHROMagar™, Paris, France)와 palcam agar (Oxoid, England)에 streaking하여 각각 24시간 동안 37ºC, 30ºC에 배양 후 의심 colony를 NA에 배양 한 다음 VITEK으로 확인하였다.

*B. cereus*는 시료를 희석하여 mannitol egg york polymycin agar (MYP agar; Oxoid, England)에 도말하여 30ºC, 24시간 배양하였다. 집락수를 계수한 후, NA에 분리하여 PCR (polymerase chain reaction)로 최종 확인하였다. PCR은 primer를 이용하여 각각의 미생물의 유전자를 대상으로 분석하는 것으로 *gyrB*, *cry* 유전자를 이용하여 *B. cereus*의 PCR을 동정하였다[11,12]. PCR thermal cycle (BioRad, Hercules, CA, USA) 조건은 95ºC에서 5분간 pre-denaturation을 진행한 후 95ºC에서 1분간 denaturation, 55ºC에서 2분간 annealing, 72ºC에서 1.5분간 extension 조건에서 29cycle을 하고, final extension을 72ºC에서 7분간 실시하였다. Agarose gel 전기영동을 통해서 PCR 결과를 확인하였다.

S. aureus(정량분석)는 희석한 시료를 baird parker agar (BPA; Oxoid England)에 도말하여 37ºC, 24시간 배양한 다음 계수하여 의심 집략을 CHROMagar Staphy (CHROMagar™, Paris, France)에 균주 선별후 NA에 분리하여 VITEK으로 확인하였다.

통계분석

통계분석에 필요한 각각의 샘플은 조사 대상마다 3반복하여 채취하였고, 각각의 샘플에서 얻은 미생물 오염도 분석 자료에 대해 일원분산분석을 실시하였다. 시료간의 유의적 차이를 검증하기 위하여 SAS 통계처리프로그램(SAS 9.1 ANOVA, USA)을 이용하였고 Duncan's multiple range test를 실시하여 평균값을 비교하였다($p < 0.05$).

Results and Discussion

맥문동 재배 및 수확 후 처리 과정 환경의 미생물 오염도

충청남도 청양군 일대 맥문동 주산지의 총 3개 농가(A, B, C 농가)에서 맥문동 재배 및 수확 후 처리 환경에 대한 미생물 오염도를 분석하였다. *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Samonella* spp.는 전혀 검출되지 않았으며, *S. aureus*는 작업자가 착용한 장갑의 일부에서 정성적으로 검출되었다. 그리고 총호기성균, 대장균군, *B. cereus*에 대한 조사 결과는 Table 1-3에 보는 바와 같다.

전반적으로 미생물 오염도가 높지 않아 맥문동 재배 및 수확 후 처리 환경이 안전하게 관리되고 있는 것으로 판단되지만, 위생관리에 좀 더 관심을 기울일 필요는 있는 것으로 보인다. 예를 들어 일부 세척기의 위생관리 수준이 양호하지 않은 것으로 나타났으며, 작업자가 착용한 장갑에서 호기성세균이 비교적 높게 검출되었다. 자세한 내용은 아래와 같다.

토양

3개 농가에서 채취한 토양 시료의 총호기성균, 대장균군, *B. cereus*는 각각 6.03~6.15 log CFU/g, 1.33~2.74 log CFU/g, 2.65~3.48 log CFU/g 수준으로 나타났으며, 각각 농가별로 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$) (Table 1-3).

Park[6] 등은 약용작물인 당귀를 재배하고 있는 토양으로부터 6.32 ± 0.11 log CFU/g의 총호기성균을 검출한 바 있는데, 이는 맥문동 재배 토양과 유사한 수준이다. *B. cereus*의 경우에는 5 log CFU/g 이상 오염된 식품을 섭취할 경우 식중독을 일으킨다는 것을 고려할 때[13], 맥문동 농가의 토양은 비교적 양호하다고 볼 수 있다.

하지만 정성분석을 통하여 위생지표세균인 *E. coli*가 A, B농가에서 검출되어(data not shown) 주의가 필요하다. 토양 속에 유해미생물이 존재하면 수확과정에서 발생하는

Table 1. Microbial population of total aerobic bacteria in test samples obtained from *Liriope platyphylla* farms[1)]

Samples		Cultivation farms		
		A	B	C
Cultivation & Postharvest environments	Soil	$6.03 \pm 0.51^{b,x}$	$6.15 \pm 0.20^{a,x}$	$6.14 \pm 0.16^{a,x}$
	Harvest container	$3.53 \pm 0.30^{c,x}$	$4.20 \pm 0.30^{b,x}$	NT[2)]
	Harvester	$2.78 \pm 0.30^{d,z}$	$3.44 \pm 0.40^{bc,y}$	$4.12 \pm 0.06^{b,x}$
	Cleanser	$5.36 \pm 0.50^{b,x}$	$3.85 \pm 0.45^{b,y}$	$3.10 \pm 0.30^{c,y}$
	Washing water (Before)	$1.55 \pm 0.13^{e,x}$	$0.86 \pm 0.17^{d,y}$	$0.36 \pm 0.32^{d,z}$
	Tray	$3.73 \pm 0.10^{c,xy}$	$2.96 \pm 0.83^{c,y}$	$4.21 \pm 0.30^{b,x}$
Personal hygiene	Gloves	$7.00 \pm 0.72^{a,x}$	$6.78 \pm 1.02^{a,x}$	$6.57 \pm 0.39^{a,x}$

[1)]Values are the mean ± standard deviation of triplicate experiments (log CFU/g, 100 cm^2, mL, and hand). Means with different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$).
[2)]NT: Not tested.
[a-e]Means in the same column are significantly ($P < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.
[x-z]Means in the same row are significantly ($P < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

Table 2. Microbial population of coliform in test samples obtained from *Liriope platyphylla* farms[1)]

Samples		Cultivation farms		
		A	B	C
Cultivation & Postharvest environments	Soil	$2.74 \pm 0.24^{b,x}$	$1.33 \pm 1.15^{ab,x}$	$2.00 \pm 0.00^{ab,x}$
	Harvest container	$1.48 \pm 0.44^{bc,x}$	$0.53 \pm 0.92^{ab,x}$	NT[2)]
	Harvester	ND[3)] ^{c,x}	$1.26 \pm 1.11^{ab,x}$	$ND^{c,x}$
	Cleanser	$4.35 \pm 0.04^{a,x}$	$ND^{b,y}$	$ND^{c,y}$
	Washing water (Before)	$ND^{c,x}$	$ND^{b,x}$	$ND^{c,x}$
	Tray	$2.67 \pm 0.22^{b,x}$	$2.27 \pm 0.62^{ab,x}$	$0.33 \pm 0.58^{bc,y}$
Personal hygiene	Gloves	$2.33 \pm 2.16^{b,x}$	$3.20 \pm 3.21^{a,x}$	$2.78 \pm 2.46^{a,x}$

[1)]Values are the mean ± standard deviation of triplicate experiments (log CFU/g, 100 cm^2, mL, and hand). Means with different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$).
[2)]NT: Not tested, [3)]ND: Not detected.
[a-e]Means in the same column are significantly ($P < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.
[x-z]Means in the same row are significantly ($P < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

Table 3. Microbial population of *B. cereus* in test samples obtained from *Liriope platyphylla* farms[1)]

Samples		Cultivation farms		
		A	B	C
Cultivation & Postharvest environments	Soil	$3.48 \pm 3.02^{a,x}$	$3.16 \pm 2.75^{a,x}$	$2.65 \pm 2.32^{a,x}$
	Harvest container	$1.05 \pm 0.97^{ab,x}$	$1.01 \pm 1.75^{a,x}$	NT[2)]
	Harvester	$0.59 \pm 1.03^{ab,x}$	$1.50 \pm 1.34^{a,x}$	ND[3)] ^{b,x}
	Cleanser	$ND^{b,x}$	$1.43 \pm 2.48^{a,x}$	$ND^{b,x}$
	Washing water (Before)	$ND^{b,x}$	$ND^{a,x}$	$ND^{b,x}$
	Tray	$1.37 \pm 0.16^{ab,x}$	$ND^{a,x}$	$1.75 \pm 1.54^{ab,x}$
Personal hygiene	Gloves	$3.51 \pm 3.05^{a,x}$	$2.64 \pm 2.30^{a,x}$	$ND^{b,x}$

[1)]Values are the mean ± standard deviation of triplicate experiments (log CFU/g, 100 cm^2, mL, and hand). Means with different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$).
[2)]NT: Not tested, [3)]ND: Not detected.
[a-e]Means in the same column are significantly ($P < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.
[x-z]Means in the same row are significantly ($P < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

상처를 통하여 맥문동 내부로 침투할 가능성이 있으므로[14)], 토양에 퇴비를 사용할 경우에는 완벽하게 부숙되어 있는 것을 사용하여 병원성 미생물로부터 교차오염을 사전에 예방할 필요가 있다.

수확기(그네), 수확용기

수확 과정에서 이용하는 수확기(그네)와 수확용기의 미생물 오염도는 토양에 비하여 대체로 낮게 나타났다. 구체적으로 살펴보면 수확기의 총호기성균을 분석한 결과 A와 B농가는 각각 2.78, 3.44 log CFU/100 cm^2 수준으로 검출되었다. C농가에서는 A, B농가와 유의적 차이를 보이면서 4.12 log CFU/100 cm^2 수준을 나타내었다($p < 0.05$). 대장균군은 B농가에서만 1.26 log CFU/100 cm^2 나타났으며, *B. cereus*는 A, B농가에서만 각각 0.59, 1.50 log CFU/100 cm^2 나타났다.

수확용기는 A농가와 B농가에서만 시료를 채취하였다. 두 농가의 수확용기에서 채취한 시료를 분석한 결과, 총호기성균은 각각 3.53, 4.20 log CFU/100 cm^2 수준으로 나타났고, 대장균군은 각각 1.48, 0.53 log CFU/100 cm^2, *B. cereus*는 각각 1.05, 1.01 log CFU/100 cm^2으로 측정되었다(Table 1-3). 수확용기의 미생물 오염도 수준을 농가별로 비교 분석한 결과 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$).

세척기, 세척수

총호기성균을 분석한 결과 A농가의 세척기가 5.36 log CFU/100 cm^2 수준으로 가장 높았으며, 다른 농가와 유의적인 차이를 나타냈다($p < 0.05$) (Table 1). A 농가의 세척기는 토양 시료(6.03 ± 0.51)와도 큰 차이를 보이지 않았다. 뿐만 또한 A농가에서는 대장균군이 4.35 log CFU/100 cm^2 수준으로 검출되어, 세척기의 위생관리 상태가 상대적으로 부실한 것으로 나타났다(Table 2).

세척수에 존재하는 총호기성균은 0.36~1.55 log CFU/mL가 검출됨으로써 환경부에서 지정한 '일반세균 2 log CFU/mL 미만'의 먹는 물 수질 기준에 적합한 것으로 확인되었다(Table 1-3)[15]. 또한 세척수 시료에서 대장균군과 *B. cereus*는 검출되지 않았다.

수확 후 처리 작업도구 및 환경이 유해 미생물에 오염되어 있을 경우에는 농산물로 교차오염이 될 우려가 높아진다[12]. 세척의 주요 목적은 맥문동의 외피에 부착된 토양 및 이물질을 제거하여 외관상 상품성을 개선시키는 것이지만, 오염된 세척기를 사용할 경우에는 오히려 세척기로 인한 교차오염으로 미생물학적 오염도가 높아질 수 있으므로 주의가 필요하다. 또한 미생물학적 오염이 발생하면, 저장 및 유통 과정에서 맥문동이 부패하거나 품질이 떨어져서 농가의 경제적 손실을 초래할 수 있다. 따라서 세척기 내부의 미생물학적 안전성을 확보하기 위해서 세척기를 위생적으로 관리할 필요가 있는데, 특히 세척 후에 잔여물이 남지 않도록 깨끗한 물로 세척기를 청소하여 충분하게 건조시켜야 하며, 주기적으로 살균·소독 처리하여 위생관리를 강화하는 것이 바람직하다.

채반

세척 과정을 거친 맥문동을 담아서 보관하는 채반의 미생물 오염도를 분석한 결과, 총호기성균은 2.96~4.21 log CFU/100 cm^2, 대장균군은 0.33~2.67 log CFU/100 cm^2 나타났으며, *B. cereus*는 A, C농가에서만 각각 1.37, 1.75 log CFU/100 cm^2으로 검출되었다. 일반적으로 작업도구들은 환경에 노출된 상태로 방치되며 세척이나 소독처리 없이 재사용하기 쉽다. 이때 채반과 같은 작업도구 표면에 유해미생물이 존재할 경우 해당 유해미생물이 세척을 마친 맥문동의 표면으로 교차오염될 가능성이 크다. Silagyi[16] 등은 오염된 스테인리스스틸 표면을 통하여 병원성 대장균(E. coli O157:H7)이 다양한 채소류로 전이되는 것을 확인하였으며, Kusumaningrum[17] 등은 오염된 스테인리스스틸 표면을 통하여 *Salmonella* spp.가 샐러드용 오이 표면에 전이되는 비율을 34.8%라고 보고한 바 있다. 따라서 세척된 맥문동과 접촉하는 작업도구들을 주기적으로 소독처리하거나 세척수로 이물질을 제거하여 사용함으로써 미생물의 교차오염을 차단할 필요가 있다.

작업자 손

일반적으로 개인위생이 식중독균 교차오염 발생원인 중 가장 큰 부분을 차지한다고 알려져 있다. 작업자가 장갑을 끼고 작업을 한 경우 8시간 이후부터 장갑의 일부에서 *S.aureus*가 검출되었다고 보고된바 있으며[18], 토양과 밀접하게 재배되는 농산물일 경우 미생물의 오염수준이 높고, 식중독 발생률이 높다고 보고되어 있다[19].

개인위생의 지표로 볼 수 있는 작업자 손의 위생상태에 대한 분석 결과는 다음과 같다. 작업자 장갑에서 총호기성균이 6.57~7.00 log CFU/hand 수준으로 나왔으며, 농가별로는 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$). 대장균군 오염도는 2.33~3.20 log CFU/hand 수준이었으며, 총호기성균 오염도 결과와 마찬가지로 농가별 유의적 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$). *B. cereus*는 A, B농가에서만 각각 3.51, 2.64 log CFU/hand로 나타났다. 한편 *S.aureus*가 B농가에서만 검출되었고, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes, Salmonella* spp.는 검출되지 않았다(data not shown).

이번 연구결과에 따르면, 작업자 손의 일반세균 기준인 3.4 log CFU/hand[20]에 비해 약 3 log 이상 높은 수준으로 나타났다. 토양과 빈번하게 접촉한 작업용 장갑을 반복하여 재사용함으로써 일반세균이 증식하였을 가능성이 있다. 작업용 장갑을 주기적으로 교체하고 깨끗이 세척한 후 충분히 건조시킨 다음 재사용하는 것이 미생물학적 오염도를 낮추는 데 도움이 될 것으로 판단된다.

수확 후 관리 단계에 따른 맥문동의 미생물 오염도 변화

수확 후 관리 단계에 따른 맥문동의 미생물 오염도 변화를 파악하기 위해, 재배(cultivation), 수확 후(after harvest),

세척 후(after washing), 건조 후(after drying) 총 4 단계로 구분하여 맥문동 시료를 채취하여 미생물 오염도를 분석하였다. 그 결과 병원성 미생물인 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes, Salmonella spp., S. aureus*은 검출되지 않았으며, 총호기성균, 대장균군, *B. cereus*의 오염도 변화는 아래에서 보는 바와 같다.

총호기성균

WHO (World Health Organization)의 총호기성 세균수에 대한 오염 한도치인 10^7 CFU/g 기준[21]을 적용하였을 때, 3개 농가에서 채취한 맥문동 모두 기준치 이하인 것으로 나타났다. 한약재로 유통되고 있는 맥문동의 총호기성균이 평균 5.37 log CFU/g으로 보고된 바 있으며 있으며[8], 황기의 경우에도 수확 후 5.23~7.08 log CFU/g, 세척 후 4.23~6.41 log CFU/g, 건조 후 3.85~5.52 log CFU/g으로[22] 비슷한 수준으로 나타났다.

재배단계에서 채취한 맥문동의 총호기성균은 5.66~7.09 log CFU/g 수준을 보였으며(Fig. 1A), 수확 후에는 6.65~7.58 log CFU/g 수준으로 다소 증가하였다. A농가와 B농가의 경우에는 재배단계 시료와 수확 후 시료 간에 유의한 차이가 없었지만($p > 0.05$), C농가의 경우에는 수확 후 시료의 총호기성균의 수가 유의적으로 많았다.

세척 후에는 5.4~6.07 log CFU/g로 약 1 log CFU/g정도 감소하였으며, 건조 후에는 A, C농가의 맥문동에서 총호기성균이 유의적으로 감소함으로써 4 log 이하 수준을 나타냈다. 세척과 건조 과정을 거치면서 총호기성균이 감소한 것으로 판단된다. 다만 B농가는 세척과 건조과정을 거친 이후에도 총호기성균이 감소하지 않고 6.15 log 수준을 유지하였다.

대장균군

A와 C농가에서 재배 중인 맥문동에서 각각 5.83, 0.77 log CFU/g의 대장균군이 검출되었다(Fig. 1B). 이후 수확, 세척, 건조단계를 거치면서 유의적 차이를 보이며 감소하여 A농가는 2.47 log CFU/g 수준으로 줄어들었고, C농가는 검출되지 않았다. B농가의 경우에도 수확 후 맥문동 시료에서 6 log 수준이던 대장균군이 건조과정을 거친 후에는 유의적 차이를 보이며 4.54 log 수준으로 감소하였다.

B. cereus

A, C농가에서 재배 중인 맥문동에서 각각 3.59, 2.41 log CFU/g의 *B. cereus*가 검출되었다. A농가의 경우에는 수확, 세척, 건조단계를 거치면서 줄어들어 최종적으로 건조 후 맥문동에서는 *B. cereus*가 검출되지 않았다(Fig. 1C). B농가와 C농가의 경우에는 건조 후 맥문동에서 *B. cereus*는 각각 1.48, 0.42 log의 낮은 수준을 보였다.

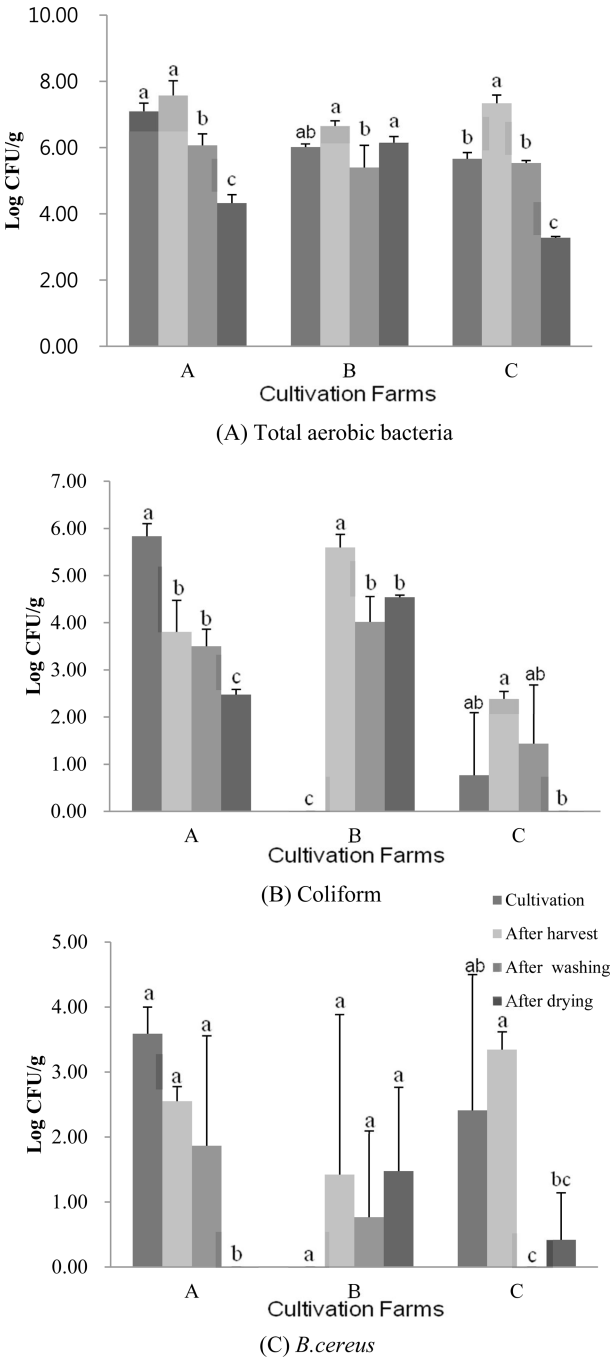

Fig. 1. Bacterial population of sanitary indication and pathogenic bacteria in samples obtained from *Liriope platyphylla*. (A) Total aerobic bacteria, (B) Coliform, and (C) *Bacillus cereus*. Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

결론

이번 연구결과에 따르면 맥문동의 재배 및 수확 후 관리 환경은 비교적 안전한 것으로 보인다. 미생물학적 품질 또한 전반적으로 양호한 것으로 나타났으며, 세척과 건조과정을 거치는 동안 미생물학적 오염도가 감소하는 추세를 보였다. 재배, 수확, 세척, 건조단계를 거치는 동안

교차오염이 일어나지 않도록 주의한다면 맥문동을 안전하게 생산하는 데 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다. 다만 수확용 농기구, 수확용기, 세척기, 건조기와 같은 작업도구들을 청결하게 유지하는 데 주의를 기울일 필요가 있다. 또한 작업자의 손에 의한 교차오염을 예방하기 위해 개인위생에 대한 교육 및 관리를 강화할 필요가 있다.

Acknowledgement

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호:PJ00985605)의 지원에 의해 수행된 것입니다.

국문 요약

총호기성균, 대장균군, *Escherichia coli, Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*를 대상으로 충청남도 청양의 맥문동 재배 농가 3곳의 미생물 오염도 조사하였다. 그 결과 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp.는 전혀 검출되지 않았으며, *S. aureus*는 작업자가 착용한 장갑의 일부에서만 정성적으로 검출되었다. 수확한 맥문동과 접촉가능성이 있는 주변환경(토양, 수확기, 수확용기, 세척기, 세척수, 채반 등)의 미생물 오염도가 전반적으로 낮은 것으로 조사되었는데, 다만 일부 세척기에서 대장균군이 4.35 log CFU/100 cm^2 검출되어 위생관리에 유의할 필요가 있는 것으로 나타났다. 맥문동은 수확 이후에 세척 과정과 건조 과정을 거치면서 미생물 오염도(총호기성균, 대장균군, *B. cereus*)가 감소하는 것으로 나타났다.

References

1. Roh, J.S., Ahn, Y.S., Kim, Y.G., Min, S.H.: Consumer's willingness to pay for the GAP medicinal crop. *Korean Journal of Agricultural Management and Policy*, **40**, 894-921 (2013).
2. Lee, H.W., Yoon, Y.H., Seo, E.K., Kim, K.Y., Shim, W.B., Kil, J.K., and Jung, D.H.: Microbial hazard analysis for agricultural products processing center of tomato and recommendations to introduce good agricultural practices (GAP) system. *Korean J. Food Sci. Technol*., **41**, 210-214 (2009).
3. Kim, J.H., Kim, J.E., Lee, Y.K., Nam, S.H., Her, Y.K., Jee. S.W., Kim, S.G., Park, D.J., Choi, Y.W. and Hwang, D.Y.: The Extracts from *Liriope platyphylla* Significantly Stimulated Insulin Secretion in the HIT-T15 Pancreatic β-Cell Line. *J. Life Sci*., **20**, 1027-1033 (2010).
4. Cho, H.J., Hynn, B.K., Sonn, Y.K., Park, C.W., Chun, H.J., Song, K.C., Noh, D.C., Yoon, K.H. and Lee, K.C.: Study on establish soil suitability class of *Liriopis platyphylla*. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fertil*., **10**, 65-66 (2013).
5. Ahn, Y.S., Park, Y.C., and Lee, B.C.: Korea horticulture natural history. *Korean Soc. Hortic. Sci*., **5**, 412-415 (2013).
6. Park, K.H., Kim, B.S., Lee, J.J., Yoon, H.J., Kim, S.R., Kim, W.I., Yoon, J.C. and Ryu, K.Y.: Biological hazard analysis of *Angelica gigas* Nakai on production and marketing steps. *Korean J. Soc. Soil Sci. Fertil*., **45**, 1216-1221 (2012).
7. Kim, J.W., Kim, S.D. and Youn, K.S.: Antioxidant activity of Hangki and *Beni-Koji* extracts and mixture. J. *Korean Soc. Food Sci. Nutr*., **40**, 1-6 (2011).
8. Lee, J.S. and Yoon, Y.S.: Studies on bacterial and fungal contamination in the herbal medicines. *J. academia-ind. technol*., **11**, 4826-4832 (2010).
9. Lee, J.H., Jeon, W.K., Ko, B.S., Chun, J.M., Lee, A.Y. and Kim, H.K.: A monitoring for the establishment of microbial limit of herbal medicine(I). *Korean J. Oriental Medicine*, **12**, 49-57 (2006).
10. Shim, W.B., Lee, C.W., Jeong, M.J., Kim, J.S., Ryu, J.G. and Chung, D.H.: An investigation of the hazards associated with cucumber and hot pepper cultivation areas to establish a good agricultural practices (GAP) model. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **45**, 104-110 (2013).
11. Kong, R.Y., Lee, S.K., Law, T.W., Law, S.H. and Wu, R.S.: Rapid detection of six types of bacterial pathogens in marine waters by multiples PCR. *Water Res.*, **36**, 2802-2812 (2002).
12. Choo, E.Y., Jang, S.S., Kim, K.S., Lee, K.G., Heu, S.G. and Ryu, S.R.: Prevalence and genetic diversity of *Bacillus cereus* in dried red pepper in Korea. *J. Food Prot.*, **70**, 917-922 (2007).
13. Kim, B.Y., Won, H.Y., Park, I.C., Lee, S.Y., Kim, W.G. and Song, J.G.: Microbial diversity and community analysis in lettuce or cucumber cultivated greenhouse soil in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fertil*., **44**, 1169-1175 (2011).
14. Kim, S.R., Lee, J.Y., Lee, S.H., Ko, H.S., Yoon, Y.H., Kwon, S.H., Ryu, K.Y., Yun, H.J., Kim, W.I., Yun, J.C., Kim, D.H., and Chung, D.H.: Distribution of microorganisms in perilla leaf and cultivation area. *Korean J. Food Sci. Technol*., **43**, 243-248 (2011).
15. Nam, M.J., D.Y. Chung, W.B. Shim, 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).
16. Silagyi, K., Kim, S.H., Lo, Y.M., Wei, C.: Production of biofilm and quorum sensing by Escherichia coli O157:H7 and its transfer from contact surface to meat, poultry, ready-to-eat deli, and produce, products. *Food Microbiology*, **26**, 514-519 (2009).
17. Kusumaningrum, H.D., van Asselt, E.D., Beumer, R.R., and Zwietering, M.H.: A quantitative analysis of cross-contamination of Salmonella and Campylobacter spp. via Domestic kitchen surfaces. *J. Food Prot*., **67**, 1892-1903 (2004).
18. Kim, J.G., Park, J.Y., and Kimm J.S.: A comparison of microbial load on bare and gloved hands among food handlers. *J. Environ. Health Sci*., **37**, 298-305 (2011).
19. Hong, C.K., Seo, Y.H., Choi, J.M., Hwang, I.S. and Kim, M.S.: Microbial Quality of Fresh Vegetables and Fruits in Seoul, Korea. *J. Fd. Hyg. Safety*, **27**, 24-27 (2012).
20. Shim, W.B., Kim, J.S. and Chung, D.H.: Microbiological hazard analysis of Ginseng Farns at the cultivation stage to

develop a good agricultural practices (GAP) model, *J. Fd Hyg. Safety*, **28**, 312-318 (2013).
21. World Health Organization (WHO). "WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residue". Geneva, (2007).
22. Kim, Y.R., Lee, K.A., Kim, S.R., Kim, W.I., Ryu, S.H., Ryu, J.G. and Kim, H.Y.: Microbial hazard analysis of *Astragalus membranaceus* Bunge for the good agricultural practices. *J. Fd Hyg. Safety,* **29**, 181-188 (2014).