pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 29, No. 3, pp. 181~188 (2014)
http://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2014.29.3.181

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

농산물우수관리를 위한 황기(*Astragalus membranaceus* Bunge)의 미생물학적 위해요소 분석

김연록 · 이경아 · 김세리 · 김원일 · 류송희 · 류재기 · 김황용*
농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 유해생물팀

Microbial Hazard Analysis of *Astragalus membranaceus* Bunge for the Good Agricultural Practices

Yeon Rok Kim, Kyoung Ah Lee, Se-Ri Kim, Won-Il Kim, Song Hee Ryu, Jae-gee Ryu, and Hwang-Yong Kim*
Microbial Safety Team, Department of Agri-Food Safety, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea
(Received May 8, 2014/Revised July 4, 2014/Accepted September 3, 2014)

ABSTRACT - The objective of this study was to analyze the microbiological hazards of *Astragalus membranaceus* Bunge on the post-harvest processing. Samples from processing equipments (cleaner, water, cart, table, tray and packaging machine), personal hygiene (hand) and harvested crops (before washing, after washing, after sorting, and after drying) were collected from four farms (A, B, C, and D) located in Chungchengbuk-do, Korea. The samples were analyzed for sanitary indication bacteria and pathogenic bacteria. First, total aerobic bacteria and coliform in processing facilities were detected at the levels of 0.93~4.86 and 0.33~2.28 log CFU/100 cm^2 and /mL respectively. In particular, microbial contamination in hand (5.43~6.11 and 2.52~4.12 log CFU/Hand) showed higher than processing equipments. Among the pathogenic bacteria, *Bacillus cereus* was detected at the levels of 0.33~2.41 log CFU/100 cm^2, 1.48~3.27 log CFU/Hand and 0.67~3.65 log CFU/g in equipments, hands, and plants and *Staphylococcus aureus* were detected in cleaner, table, hand and harvested crops (before washing and after sorting) by qualitative test. *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* spp. were not detected. These results indicated that personal hygiene and processing equipments should be managed to reduce the microbial contamination of *A. membranaceus* Bunge. Therefore, management system such as good agricultural practices (GAP) criteria is needed for hygienic agricultural products.

Key words: Microbial hazard, GAP, medicinal plant, microbial contamination, agricultural safety

최근 들어 국민의 소득수준이 향상되고 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 생리적 기능성을 지닌 식품을 선호하는 추세이며, 그에 따라 기능성 천연 식품소재로서 약용작물이 점차 주목 받고 있다. 약용작물은 한약재와 건강기능식품 이외에도 차, 음료수, 또는 간편식사 대용으로 개발되어 생산 및 소비가 증가하고 있는 추세이다[1].

특히 황기(*Astragalus membranaceus* Bunge)는 콩과(Leguminosae)에 속하는 다년생 초본식물로서 겉껍질을 벗겨낸 뿌리를 건조하여 주로 한약재와 식품원료로 사용하고 있으며, 이뇨, 강장, 혈압 및 혈당강하, 면역증강, 항종양, 항바이러스 등의 생리적 효능이 알려져 있다[2,3]. 따라서 한약재로서뿐만 아니라 식품원료로서 수요가 증가하고 있으며 이와 비례하여 재배면적 또한 증가하고 있다[4]. 이처럼 약용작물의 소비증가 추세에도 불구하고 원료의 생산, 유통, 판매과정에서 재래 유통방식의 잔재가 여전히 사라지지 않고 있어, 세균이나 곰팡이 독소 오염 등으로 인한 약용작물의 미생물학적 안전성에 대한 우려가 제기되고 있는 상황이다[5,6].

황기의 경우 다양한 생리활성에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으나[3,4], 황기의 안전성과 관련된 연구는 매우 부족한 실정이다. 농산물은 재배, 수확, 세척, 저장, 유통단계에서 토양, 관개용수, 작업자의 손을 비롯한 다양한 경로를 통해 식중독 미생물에 오염될 가능성이 있는데[7], 특

*Correspondence to: Hwang-Yong Kim, Microbial Safety Team, Department of Agri-Food Safety, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea
Tel: 82-31-290-0445, Fax: 82-31-290-0407
E-mail: hykim@korea.kr

히 황기와 같이 뿌리를 수확하여 흙이 묻어 있는 상태로 운반, 보관하는 약용작물의 경우에는 토양에 흔히 존재하는 바실러스 세레우스(*Bacillus cereus*)균 등에 의해 오염될 가능성이 높은 편이다[8]. 실제로 유럽에서 다양한 약초와 향신료에서 *B. cereus*가 g당 4 log CFU의 수준으로 검출된 바가 보고되어 있다[9]. 국내에서는 약용작물의 미생물 관리 기준이 없어 위생적인 약용작물의 생산을 위한 기초자료 확보 및 약용식물의 관리기준을 설정하는 것이 필요하다[10,11]. 안전성이 확보된 농산물을 생산하기 위해서는 모든 생산단계에서 위해요소를 파악하고 오염을 방지하여 사전에 관리하는 것이 중요한대 이를 위해 도입된 것이 농산물의 생산, 수확 후 관리, 유통, 소비 등 모든 단계에서 위해요소를 관리하기 위한 우수농산물관리제도(good agricultural practice, GAP)이다.

농산물우수관리(GAP)란 농산물의 안전성을 확보하고 농업환경을 보전하기 위하여 농산물의 생산, 수확 후 관리 및 유통의 각 단계에서 위해 요소를 관리하는 것을 말하며, 우리나라에서는 사전예방적 농산물 안전관리를 위하여 2006년부터 도입하여 GAP농산물을 인증하고 있다[12]. 이러한 관리 시스템을 통해 안전성이 향상된 농산물을 생산함으로써 농가의 경쟁력을 확보할 수 있다[13]. 따라서 본 연구에서는 안전성이 확보된 황기 생산을 위해 수확 후 처리 설비와 작업자의 손 및 수확 후 처리 단계별 (세척 전, 세척 후, 선별 후, 건조 후) 황기를 대상으로 미생물의 오염실태를 조사하여 안전한 농산물 생산을 위한 기초자료를 확보하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

시료채취 및 전처리

본 연구는 충청북도 제천에 소재한 황기의 수확 후 처리 작업장 4개소를 대상으로 2013년 10월 시료채취를 실시하였다. 황기의 수확 후 처리과정은 다음과 같다. 수확한 황기의 뿌리를 회전식 세척기에 넣어 흙을 씻어내는 동시에 겉껍질을 벗겨낸다. 세척한 황기는 손수레를 이용하여 선별작업 공간으로 옮기는데, 본 연구 대상 작업장에서는 바닥에 넓은 천을 깔아 선별 작업대로 사용하였다. 선별한 황기는 선반에 담아 건조기에 넣고 40°C에서 온풍건조하며, 건조함량이 50% 정도 되었을 때 결속기로 묶어서 출하할 때까지 보관한다.

수확 후 처리 단계의 미생물 오염도를 조사하기 위해 수확 후 처리 설비 (세척수, 세척기, 손수레, 선별 작업대, 건조 선반, 결속기), 개인위생 (작업자의 손) 및 수확 후 처리 단계별 황기 (세척 전, 세척 후, 선별 후, 건조 후)를 포함한 11가지 항목을 대상으로 농가별로 시료당 3점씩 반복 채취하여 총 137개의 시료를 채취하였다. 먼저 멸균튜브에 세척수 50 mL를 채취하였으며, 10 × 10 cm 면적대를 사용하여 세척기, 손수레, 선별 작업대, 건조 선반, 결속기에 Swab kit (3M™ Quick Swab, USA)로 문질러 시료를 채취하였다. 작업자의 손은 멸균된 0.85% 생리식염수 50 mL를 멸균팩에 붓고 30초간 손을 씻어서 채취하는 glove juice법[14]으로 시료를 채취하였다. 그리고 멸균된 시료채취용 팩을 이용하여 수확 후 처리 단계별 (세척 전, 세척 후, 선별 후, 건조 후) 황기를 약 200 g씩 채취하였다. 단, 한 곳의 작업장에서는 농업인의 거부의사에 따라 선별 후 황기 시료를 채취하지 않았다(not sampled, NS). 채취한 시료는 아이스팩을 채운 아이스박스에 담아 운반하여 실험실로 운반하였으며, 각 시료에 대해 위생지표세균 및 병원성 미생물의 오염도를 조사하였다. 모든 시료는 교차오염방지를 위해 clean bench에서 위생적으로 처리하였다.

수확 후 처리 단계별로 채취한 황기는 25 g씩 균질 bag에 담고 0.1% 펩톤수 225 mL를 첨가하여 균질기(Bagmixer 400VW, Interscience®, Paris, France)로 2분간 균질화 시켜 분석에 사용하였다. 세척수, 세척기, 손수레, 선별 작업대, 건조 선반, 결속기 및 작업자의 손에서 채취한 시료를 별도의 전처리 과정 없이 분석에 사용하였다.

위생지표세균 분석

황기재배 농가에서 채취한 시료의 미생물 오염도를 조사하기 위하여 위와 같이 전처리한 시료를 대상으로 위생지표세균인 총 호기성 세균, 대장균군 및 대장균을 분석하였다. 전처리한 시료 1 mL를 9 mL의 0.1% 멸균 펩톤수를 이용하여 10배 단계 희석한 후 각 희석농도에서 1 mL씩 취하여 총 호기성 세균 측정용 3M Petrifilm™ aerobic count plate (3M, USA)과 대장균군 및 대장균 측정용 3M Petrifilm™ *E. coli*/coliform plate (3M, USA)에 분주하여 37°C에서 24시간 배양한 후 생성된 집락수를 계수하였다.

또한, 대장균 오염 여부를 정성적으로 확인하기 위해 시료 1 mL를 *Escherichia coli* broth (EC broth; Oxoid, Basingstoke, Hampshire, England) 9 mL에 접종하여 37°C에서 2시간 증균배양 후 양성으로 의심되는 것을 eosin methylene blue agar (EMB agar; Oxoid, England)에 streaking하여 37°C에서 24시간 동안 배양하여 분리하였다. 배양된 시료 중 녹색의 광택을 띄는 집락만을 선택하여 nutrient agar (NA; Oxoid, England)에 streaking 한 다음 37°C에서 24시간 배양하고, VITEK (VITEK-2 compact, Biomerieux, France)을 이용하여 양성반응을 확인하였다.

병원성 미생물의 증균 및 분리

각 시료를 대상으로 주요 식중독균인 *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Samonella* spp., *Bacillus cereus*에 대한 오염여부를 확인하였다. 각각의 선택배지에 접종하여 증균배양하여 양성반응이 의심되는 경우 다시 선택배지에 streaking하여 의심

집락을 선별하였다. 분리한 의심집락은 NA에 streaking하여 재배양하고 VITEK 또는 PCR을 통해 동정하였다. 각 식중독균 별로 구체적인 증균배양법은 다음과 같다.

E. coli O157H:7은 전처리한 시료 1 mL을 9 mL의 modified EC broth (mEC broth; Oxoid, England)에 접종하여 증균배양 후 가스를 생성는 의심균주를 CHROMagar O157 (CHROMagar™, Paris, France)에 streaking하여 배양(37ºC, 24시간)하였을 때 붉은 색을 띄는 의심집락을 NA에 재배양한 후 VITEK으로 확인하였다.

*L. monocytogenes*와 *S. aureus*의 분석은 전처리한 시료 1 mL을 각각 9 mL의 FRASER Listeria broth (Oxoid, England)와 10% NaCl을 첨가한 tryptic soy broth (TSB; Oxoid, England)에 접종하여 37ºC에서 24시간 증균배양 하였다. 증균배양 후 의심되는 균주를 선별하여 *L. monocytogenes*는 palcam agar (Oxoid, England)에 *S. aureus*는 CHROMagar Staphy (CHROMagar™, Paris, France)에 streaking하여 분리하고, NA에 재배양한 후 각각 PCR과 VITEK을 사용하여 동정하였다.

Salmonella spp.는 검액 1 mL을 9 mL의 rapparport-vassiliadis broth (RV broth; Oxoid, England)에 42ºC, 24시간 증균배양 후 선택배지에 streaking하여 의심집락을 선별하여 PCR로 확인하였다. *B. cereus*는 mannitol egg yolk polymyxin agar (MYP agar; Oxoid, England)에 도말하여 30ºC에서 24시간 배양한 후 집락을 계수하였다. 계수한 각 평판에서 5개의 전형적인 집락을 선별하여 MYP agar에 streaking하여 30ºC, 24시간 배양한 후 의심집락은 다시 NA에 streaking하여 재배양한 후 PCR로 확인하였다.

병원성 미생물의 동정

분리한 병원성 미생물을 동정 하기 위해 각 미생물의 특이 유전자를 대상으로 하는 primer를 사용하여 multiplex PCR을 수행하였다. *L. monocytogenes*의 검출 여부를 최종 확인하기 위해 Aznar and Alacon의 방법[15]을 사용하여 *hlyA* 유전자를 대상으로 PCR을 수행하였다. *Salmonella* spp.와 *B. cereus*는 각각 *IpaB* 유전자, *gyrB*, *cry* 유전자를 대상으로 PCR을 수행하여 동정하였다[16,17]. PCR thermal cycle (BioRad, Hercules, CA, USA) 조건은 95ºC에서 5분간 pre-denaturation을 진행 한 후 95ºC, 1분간 denaturation, 55ºC, 2분간 annealing, 72ºC에서 1.5분간 extension조건으로 29cycle을 수행하였고, final extension을 72ºC에서 7분간 실시하였다. PCR 결과는 agarose gel 전기영동으로 확인하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 수행하였으며, 실험을 통해 얻은 자료를 로그변환하여 통계분석에 이용하였으며, 통계 분석에는 SAS 9.2를 활용하였다. 작업장 내 설비 및 황기의 미생물 오염상태는 작업장의 위생관리 상태에 지분된 것으로 판단하여 지분계획법에 따른 분산분석을 적용하였다. 통계분석은 총 호기성 세균, 대장균군, *B. cereus*에 대하여 개별적으로 실시하였으며, 황기시료의 실험 data는 나머지 시료와는 별개로 분리하여 통계분석 하였다. 각 작업장 내 시료 채취 대상별 미생물 오염도는 던컨의 다중검정법을 이용하여 비교하였다.

결과 및 고찰

황기의 수확 후 처리 설비와 작업자 손의 미생물 오염도

황기 재배농가에서 수확 후 처리시설과 작업자의 손에 대한 위생지표세균과 병원성 미생물의 오염도를 분석하고 그 결과를 Table 1에 나타냈다. 총 호기성 세균, 대장균군, *B. cereus*의 농가별 오염 수준은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 각 농가의 시료 채취 대상별로 총 호기성 세균($p < 0.0001$), 대장균군($p < 0.0002$), *B. cereus*($p = 0.0099$)는 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 특히, 작업자 손의 미생물 오염도가 가장 높았으며, 선별 작업대의 미생물 오염도 또한 상대적으로 높은 편이었다.

세척기(cleaner)에서는 총 호기성 세균이 1.87~3.63 log CFU/100 cm^2로 검출되었으며, 대장균군이 3개소(A, B, and C)에서 0.43~2.28 log CFU/100 cm^2로 측정되었다. *B. cereus*는 2개소(C and D)에서 1.33 log CFU/100 cm^2 수준으로 검출되었고(Table 1), *S. aureus*에 양성반응을 보이는 농가도 한 곳을 관찰 할 수 있었다(data not shown). 이러한 결과는 수확 직후 황기에 묻어 있는 흙과 세척과정에서 벗겨진 황기의 껍질이 세척기에 유입되어 이로부터 *B. cereus*의 오염이 발생한 것으로 추정된다. 따라서 세척기에 오염되어 있는 병원성 미생물은 세척과정에서 껍질이 벗겨진 황기의 표면으로 교차오염 될 가능성이 있으므로 세척기에 대한 철저한 위생관리가 필요하다.

세척기에 투입하는 세척수(water)를 검사한 결과, 총 호기성 세균과 대장균군이 세척기와 비슷한 것으로 나타났다. 또한, 한 농가에서는 대장균 양성 반응을 보였다(data not shown). 양성반응을 보인 농가는 다른 농가와는 달리 하천수를 세척수로 사용함에 따라 대장균 오염으로부터 상대적으로 취약한 것으로 판단된다. 오염된 용수라 하더라도 작물에 이행되는 정도는 차이가 있다고 보고하고 있으나[18], 황기의 경우 재배 후 이물질을 제거하기 위한 세척수임을 고려하였을 때 하천수의 사용은 지양해야 하며 세척수를 더욱 위생적으로 관리해야 할 것으로 판단된다.

세척수에서 대장균 양성반응을 보인 농가의 경우 손수레(cart)에서도 대장균 양성반응이 확인되었다(data not shown). 이는 세척 후 물기가 묻어 있는 황기를 운반하면서 세척수로부터 교차오염 된 것으로 사료된다. 한편, 모든 농가의 손수레에서 *B. cereus*가 검출되었으며(0.33~1.47

Table 1. Microbial population of sanitary indication bacteria and *B. cereus* obtained from *Astragalus membranaceus* Bunge farms[1)]

Samples		Total aerobic bacteria				Coliform				*B. cereus*			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Processing equipments	Cleaner	3.63 ± 0.89^{bc}	2.89 ± 0.54^{c}	1.87 ± 1.80^{c}	2.91 ± 0.53^{bc}	2.28 ± 0.39^{b}	1.86 ± 0.75^{b}	0.43 ± 0.75^{b}	ND	ND	ND	1.33 ± 2.31^{abc}	1.33 ± 2.31^{b}
	Water	3.52 ± 0.17^{bc}	ND[3)]	1.72 ± 0.91^{c}	2.68 ± 0.10^{bc}	ND	ND	0.80 ± 0.82^{b}	0.77 ± 0.46^{b}	ND	ND	ND	ND
	Cart	3.53 ± 0.78^{bc}	2.77 ± 0.60^{c}	1.46 ± 0.45^{c}	2.06 ± 0.19^{c}	2.06 ± 0.11^{b}	1.50 ± 1.38^{b}	ND	ND	1.47 ± 1.56^{a}	1.33 ± 1.53^{ab}	0.33 ± 0.58^{bc}	1.01 ± 1.02^{b}
	Table	3.99 ± 1.59^{b}	4.86 ± 1.47^{b}	4.15 ± 0.45^{ab}	3.04 ± 0.48^{b}	ND	1.76 ± 0.93^{b}	0.33 ± 0.58^{b}	ND	1.09 ± 0.95^{a}	0.33 ± 0.58^{b}	2.40 ± 0.87^{ab}	0.67 ± 0.58^{b}
	Tray	1.53 ± 1.36^{bc}	0.93 ± 1.60^{d}	1.43 ± 1.25^{c}	2.10 ± 0.17^{c}	ND	ND	ND	ND	0.65 ± 1.13^{a}	0.67 ± 1.15^{ab}	1.67 ± 1.53^{abc}	ND
	Packaging machine	2.22 ± 0.64^{bc}	2.30 ± 0.73^{cd}	2.87 ± 1.31^{bc}	3.37 ± 0.49^{b}	ND	ND	0.53 ± 0.92^{b}	ND	0.67 ± 0.58^{a}	1.00 ± 1.73^{ab}	ND	ND
Personal hygiene	Hands	6.11 ± 1.56^{a}	7.26 ± 0.69^{a}	5.80 ± 0.45^{a}	5.43 ± 0.87^{a}	4.12 ± 1.03^{a}	4.06 ± 0.26^{a}	4.07 ± 0.03^{a}	2.52 ± 2.19^{a}	1.48 ± 2.56^{a}	3.27 ± 2.85^{a}	3.03 ± 0.74^{a}	3.09 ± 0.50^{a}

[1)]Values are the mean ± standard deviation of triplicate experiments (log CFU/100 cm^2, mL). Means with different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$).
[2)]ND: Not detected.

log CFU/100 cm^2), 총 호기성 세균도 1.46~3.85 log CFU/100 cm^2 수준으로 검출되었다.

황기의 선별작업을 하는 작업대(table)는 다른 수확 후 처리 설비에 비해 높은 수의 총 호기성 세균이 검출되었다(3.03~4.86 log CFU/100 cm^2). 병원성 미생물인 *B. cereus*도 모든 농가의 선별 작업대에서 0.33~2.41 log CFU/100 cm^2 수준으로 검출되었으며(Table 1), 한 농가에서는 *S. aureus*에 대한 양성반응을 보였다(data not shown). 황기 생산농가의 작업대는 별다른 설비 없이 바닥에 천을 깔아 설치하기 때문에 바닥으로부터 먼지 등이 유입됨에 따라 다른 작업환경에 비해 높은 미생물 오염도가 관측된 것으로 사료된다. 따라서 별도의 작업대를 설치하여 바닥으로부터 유입되는 토양, 먼지 등을 최소화하여 위생적으로 작업하는 것이 필요하다고 판단된다.

황기 건조시 사용하는 선반(tray)은 보통 건조상태로 유지되기 때문에 다른 설비에 비해 총 호기성 세균이 낮게 검출되었으며(0.93~2.10 log CFU/100 cm^2), 대장균군은 검출되지 않았다. 건조된 황기를 다발로 묶어 주는 결속기(packaging machine)에서는 총 호기성 세균이 2.22~3.39 log CFU/100 cm^2으로 건조 선반에 비해 다소 높은 수의 균수가 측정되었다.

작업자의 손(personal hygiene)으로부터 시료를 채취하여 위생지표세균 및 병원성 미생물을 측정한 결과, 수확 후 처리 설비에 비해 미생물 오염도가 높은 것으로 확인되었다(Table 1). 총 호기성 세균은 5.43~6.11 log CFU/Hand로 다른 시료에 비해 현저히 높은 수준이었으며, 대장균군 또한 2.52~4.12 log CFU/Hand로 상대적으로 오염도가 높은 것으로 나타났다. 병원성 미생물의 경우 *B. cereus*가 1.48~3.09 log CFU/Hand로 검출되었으며, 한 농가(B)에서는 *S. aureus* 양성반응을 보인 작업자도 있었다(data not shown). *S. aureus*는 개인위생과 가장 밀접한 병원성 미생물로서 건강한 사람의 약 40% 정도가 비강내에 균을 보유하고 있으며[19], 작업자의 개인위생 상태가 불량할 경우 작업자의 손을 통하여 교차오염이 발생하기 쉽다. 손에 장갑을 끼고 작업하면 작업 초기에는 많이 검출되지 않지만 작업이 끝난 후(8시간 작업 후) 일부 장갑에서 *S. aureus*가 검출되었다고 보고하고 있다[20]. 따라서 장갑을 사용하더라도 작업자의 손을 통하여 *S. aureus*가 오염될 가능성이 있으므로 작업자의 위생개선을 위한 올바른 세척과 소독법을 교육할 필요가 있다고 사료된다.

본 연구결과 황기의 수확 후 처리설비에서 검출된 총 호기성 세균은 Lee 등[21]이 보고한 상추, 치커리, 깻잎 등과 같은 신선 채소류의 총 호기성 세균에 비해 낮은 수준이다. 하지만 Kwon 등[22]과 Nam 등[23]이 보고한 깻잎과 파프리카 농가의 작업자의 손의 오염도(2.3~3.4, 1.4~2.5 log CFU/Hand)와 비교했을 때 다소 높은 오염 수준을 보이고 있다. 황기는 잎, 줄기가 아닌 토양 속에서 자라는 뿌리를 재배하는 농산물이므로 작업자의 손과 토양의 접촉 가능성이 높다. 이처럼 토양 가까이 재배되거나 유통되는 농산물일 경우 총 호기성균과 대장균 등 미생물의 오염수준이 높고, 식중독 발생빈도가 높다고 보고되어 있다[24]. 따라서 개인의 위생에 대한 교육 및 관리를 철저히 하고 바닥이 아닌 선별 작업대를 설치하는 등 작업구역을 청결하게 유지하여 오염원의 유입을 최소화하는 것이 중요하다고 판단된다.

수확 후 처리 단계별 황기의 위생지표세균 및 병원성 미생물 오염도

수확 후 처리 단계별로 채취한 황기시료를 대상으로 위생지표세균 및 병원성 미생물을 분석한 결과는 각각 Fig. 2와 Table 2에서 보는 바와 같다.

총 호기성 세균은 수확 직후 원재료에서 5.23~7.08 log CFU/g으로 높은 수준으로 검출되었으며, 세척 후에 4.23~6.41 log CFU/g으로 감소하는 경향을 보였다. 선별 작업 후 5.11~5.62 log CFU/g으로 증가하였다가 건조 후에 3.85~5.52 log CFU/g 수준으로 다소 감소하는 경향을 보였다(Fig. 1). 이처럼 수확 후 처리과정에서 총 호기성 세균의 오염도에는 큰 변화가 없음을 관찰하였다. 약용작물의 경우 기능성 저감의 문제로 고온에서 건조하지 않고 태양을 이용한 자연건조나 35°C 내외의 온도에서 열풍건조 방식을 통해 건조하기 때문에 건조과정을 통하여 미생물이 사멸되지 않는 것으로 판단된다[8].

대장균군은 수확직후 황기에서 0.67~2.81 log CFU/g 수준으로 검출되었으며, 세척 후 황기에서 2.90~3.69 log CFU/g으로 증가하는 경향을 보였다(Fig. 1). 특히, 한 농가에서는 세척과정을 거친 이후 대장균군의 수가 통계적으로 유의하게 증가한 것을 관찰하였는데, 이는 세척수에서 대장균군이 검출되지 않은 점을 고려하면 세척기 내부에서 교차오염이 발생했을 가능성이 있다. 선별작업을 마친 황기에서는 대장균군이 2.34~3.38 log CFU/g로 검출되었고, 건

Table 2. Levels of *Bacillus cereus* obtained from *Astragalus membranaceus* Bunge[1)]

Samples	*B. cereus*			
	A	B	C	D
Before washing	3.65 ± 0.29^{a}	3.47 ± 0.11^{a}	3.15 ± 0.55^{a}	3.20 ± 0.45^{a}
After washing	ND[2)]	ND	0.67 ± 1.15^{ab}	ND
After sorting	ND	1.26 ± 2.18^{ab}	ND	NS[3)]
After drying	0.93 ± 1.60^{b}	0.67 ± 1.15^{b}	2.18 ± 2.27^{ab}	ND

[1)]Values are the mean ± standard deviation of triplicate experiments (log CFU/g). Means with different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$).
[2)]ND: Not detected.
[3)]NS: Not sampled.

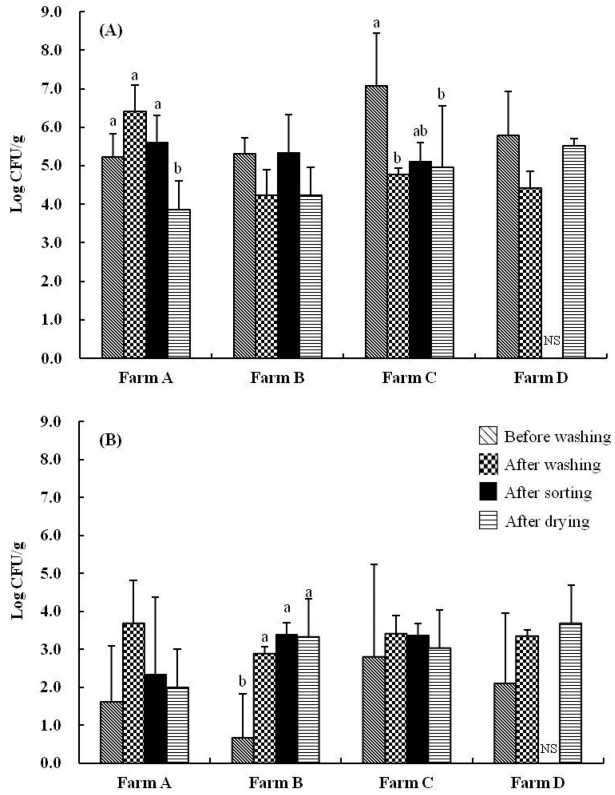

Fig. 1. Microbial population of sanitary indication bacteria during processing in *Astragalus membranaceus* Bunge. (A) Total aerobic bacteria and (B) Coliform. Means within the same farm with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

조된 황기에서도 2.00~3.69 log CFU/g 수준으로 확인되었다. 총 호기성 세균 측정 결과와 마찬가지로 대장균군 또한 건조과정을 통해 감소하지 않는 것으로 판단된다. 이러한 결과와 유사하게 Park 등[8]은 당귀를 수확한 후 절단 및 선별하는 과정에서 대장균군이 약 2.1 log CFU/g가량 증가한다고 보고한 바 있다. 이상의 결과를 근거로 판단할 때, 황기의 미생물학적인 위해 요소를 줄이기 위해서는 개인위생을 강화하는 등 건조단계 이전의 위생관리를 철저히 할 필요가 있다. 또한 황기를 작업장 바닥에 그대로 쌓아서 보관하면 작업장 바닥으로부터 오염원이 유입될 가능성이 높아지므로, 건조된 황기를 저장, 보관할 수 있는 설비를 마련하는 것이 바람직하다고 판단된다. 한편, 건조 후 최종 제품을 포장하는 결속기에서도 2.22~3.37 log CFU/g의 총 호기성 세균이 검출됨에 따라 결속기를 통하여 교차오염이 발생할 가능성 또한 배제할 수 없는 상황이다. 따라서 결속기 등의 주요 설비를 주기적으로 세척, 소독하는 등 위생관리를 강화할 필요가 있다.

위생지표세균인 대장균은 정성분석을 통해 실험한 결과 작업장 1개소(C)에서 채취한 세척 후, 선별 후, 건조 후 황기에서 양성반응을 보였다(data not shown). 현재까지 황기 등 약용식물의 대장균에 의한 식중독 사례는 보고되어 있지 않지만 최근 과채류를 포함한 여러 종류의 농산물에서 대장균이 검출되고[25] 있어 농산물 안전관리 측면에서 사전예방적으로 관리할 필요가 있다.

단계별로 채취한 황기로부터 병원성 미생물을 측정 결과 세척 전 황기에서는 평균적으로 3.37 log CFU/g의 *B. cereus*균이 검출되었으나, 세척단계에서 검출되지 않거나 0.67 log CFU/g까지 감소하였다(Table 2). 선별작업을 거친 황기에서는 작업장 한 곳에서만 1.26 log CFU/g 수준으로 검출되었으며, 나머지 농가에서는 검출되지 않았다(Table 2). 수확 직후 황기에 비하여 건조 후 최종 생산된 황기에서는 약 3 log 정도 낮은 수준의 *B. cereus*가 검출되는 것으로 보아 수확 후 처리 과정을 통해 *B. cereus*의 감소를 어느 정도 기대할 수 있으나, 여전히 2.18 log CFU/g으로 다소 높은 균수를 보이는 작업장 1개소(C)를 관찰하였다. 토양유래 식중독균인 *B. cereus*는 세척을 통하여 저감화 할 수 있지만 세척 이후에 작업자의 손, 손수레, 선별 작업대 등으로부터 교차오염이 발생하는 것으로 보인다. 식품의 제조, 농산물 유통 및 가공과정에서 *B. cereus*에 오염될 경우 사람에게 구토, 설사 등을 일으키며 식품 유래 감염 원인균 중 약 20%를 차지하는 것으로 알려져 있다[26]. *S. aureus*에 대한 정성분석을 통하여 작업장 한 곳에서 세척 전 황기와 선별작업 후 황기에서 양성반응을 확인 하였다(data not shown). 해당 작업장은 세척기에서도 *S. aureus* 양성반응이 관찰되었는데, *S. aureus*로 인한 오염을 방지하기 위해서는 작업환경뿐만 아니라 개인 위생관리도 철저히 해야 할 것으로 판단된다. 이외에 *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 및 *Salmonella* spp.는 검출 되지 않았다.

본 연구결과에 의하면 황기의 위생상태는 대체로 양호한 편이며, 황기를 섭취하거나 가공하기 전에 대부분 가열 과정을 거치기 때문에 황기로 인한 식중독 발생 가능성은 상대적으로 낮은 것으로 판단된다. 다만, 작업자의 손에서 다소 높은 수준의 위생지표세균이 검출되었으므로 개인위생에 대한 교육 및 관리를 강화할 필요가 있다. 또한, 수확 후 선별작업을 위해 별도의 위생적인 작업대를 설치하고 수확 후 처리에 사용하는 설비를 주기적으로 세척, 소독하는 것도 황기의 농산물우수관리를 실천하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

감사의 말

본 논문은 농촌진흥청 기관고유사업(과제번호: PJ009460)의 지원에 의해 수행된 것임.

요 약

본 논문은 황기재배 농가의 미생물학적 위해요소를 분석하였다. 충북 제천소재의 4곳의 농가를 선정하여 수확

후 처리 설비 (세척기, 세척수, 손수레, 선별 작업대, 건조 선반, 결속기), 작업자의 손 및 수확 후 처리 단계별 황기 (세척 전, 세척 후, 선별 후, 건조 후)로부터 샘플을 채취하여 위생지표세균과 병원성 미생물에 대한 오염도를 조사하였다. 수확 후 처리 설비의 총 호기성 세균과 대장균군은 각각 0.93~4.86, 0.33~2.28 log CFU/100 cm^2, mL의 수준으로 검출되었으며, 작업자의 손에 대한 미생물의 오염도는 5.43~6.11, 2.52~4.12 log CFU/Hand로 수확 후 처리 설비보다 높게 검출되었다. 병원성 미생물에 대한 연구결과, *B. cereus*가 수확 후 처리 설비, 작업자의 손, 황기에서 각각 0.33~2.41 log CFU/100 cm^2, mL, 1.48~3.27 log CFU/Hand, 0.67~3.65 log CFU/g으로 측정되었다. 정량분석에서는 *S. aureus*가 측정되지 않았지만, 정성분석에 의해 세척기, 작업대, 작업자의 손, 황기 (세척 전, 선별 후)에서 검출되었다. 본 연구에서 황기의 수확 후 처리 설비와 황기에서의 미생물학적 오염도를 측정한 결과, 개인 위생 및 작업시설의 위생상태를 청결하게 유지하여 교차오염을 방지해야 할 필요가 있는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 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).
2. Im, K.R., Kim, M.J., Jung, T.K. and Yoon, K.S.: Analysis of isoflavonoid content in *Astragalus membranaceus* Bunge cultivated in different areas and at various ages. *KSBB J.*, **25**, 271-276 (2010).
3. Kwon, S.C., Choi, G.H., Hwang, J.H. and Lee, K.H.: Physicochemical property and antioxidative activity of hot-water extracts from enzyme hydrolysate of *Astragalus membranaceus. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **39**, 406-413 (2010).
4. Lee, K.J., Park, M.H., Park, Y.H., Im, S.H., Kim, K.H., Kim, Y.K., Ahn, Y.S. and Kim, H.Y.: Antioxidant activity and nitric oxide production of ethanol extracts from *Astragali membranaceus* Bunge and *A. membranaceus* Bunge var *mongholicus* Hisiao. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **40**, 1793-1796 (2011).
5. Choi, H.J., Ahn, T.J., Ahn, Y.S., Park, C.B., Kim, J.I., Park, S.H., Yang, H., Do, K.H. and Moon, Y.S.: Safety evaluation from aflatoxin risk of Korean *Angelicae Gigantis* Radix based on critical control points. *Korean J. Medicinal Crop Sci.*, **19**, 47-53 (2011).
6. Park, E.M., Um, M.N., Kim, B.H., Sho, S.H., Park, S.H., Cho, H.Y., Yoon, M.H. and Lee, J.B.: Monitoring of pesticide residues and preservatives in cosmetics using natural materials. *J. Fd. Hyg. Safety*, **27**, 257-263 (2012).
7. Choi, Y.H., Park, S.K., Kim, O.H., Seoung, H.J., Han, S.H., Lee, Y.J., Jeong, J.H., Kim, Y.H., Cho, H.B., Yoo, I.S., Han, K.Y. and Chae, Y.J.: Pesticide residues monitoring of medicinal herbs in Seoul. *Korean J. Pestic. Sci.*, **15**, 335-349 (2011).
8. 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. Soil Sci. Fert.*, **45**, 1216-1221 (2012).
9. Kinefel, W. and Berger, E.: Microbiological criteria of random samples of spices and herbs retailed on the Austrian Market. *J. Food Prot.*, **38**, 594-598 (1994).
10. 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., 312-318 (2013).
11. Kim, J.E., Kim, T.H., Kim, Y.H., Lee, J.H., Kim, J.S., Paek, S.K., Choi, S.Y., Yoon, Y.N. and Yoo, Y.M.: Residues of tolclofos-methyl, azoxystrobin and difenoconazole in ginseng sprayed by safe use guideline. *Korean J. Medicinal Crop Sci.*, **16**, 390-396 (2008).
12. 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).
13. Jung, D.H.: Application of good agricultural practices (GAP) of vegetables and their safety. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, **25**, 42 (2007).
14. 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 J. Medicinal Crop Sci.* **15**, 220-226 (2007).
15. Aznar, R. and Alarcon, B.: PCR detection of *Listeria monocytogenes*: A study of multiple factors affecting sensitivity. *J. Appl. Microbiol.*, **95**, 958-966 (2003).
16. 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).
17. 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).
18. Kim, S.R., Lee, S.H., Kim, W.I., Kim, B.S., Kim, J.H., Jung, D.H., Yoon, J.C. and Ryu, K.Y.: Effect of medium, soil, and irrigation water contaminated with *Escherichia coli* and *Bacillus cereus* on the microbiological safety of lettuce. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, **30**, 442-448 (2012).
19. Hyeon, J.Y., Chung, G.T., Bing, S.H., Kwon, K.S., Lee, H.H., Kim, S.J., Jeon, S.E., Kang, Y.H. and Kim, J.Y.: A foodborne outbreak of *Staphylococcus aureus* associated with fried chicken in republic of Korea. *J. Mirobiol. Bitechnol.*, **23**, 85-87 (2013).
20. Kim, J.G., Park, J.Y. and Kim, J.S.: A comparison of microbial load on bare and gloved hands among food handlers. *J. Environ. Health Sci.*, **37**, 298-305 (2011).
21. Lee, D.H., Yoo, J.I., Park, S.Y., Roh, E.J., Oh, C.S., Suk, J.K., Yoon, J.C. and Heo, S.K.: Changes of bacterial diversity depend on the spoilage of fresh vegetables. *Res. Plant Dis.*, **17**, 38-43 (2011).

22. Kwon, W.H., Lee, W.G., Song, J.E., Kim, K.Y., Shim, W.B., Yoon, Y.H., Kimg, Y.S. and Chung, D.H.: Microbiological hazard analysis on perilla leaf farms at the harvesting stage for the application of the good agricultural practices (GAP). *J. Fd. Hyg. Safety*, **27**, 295-300 (2012).
23. 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).
24. 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).
25. Shim, W.B., Kim, K.Y., Yoon, Y.H., Jang, J.E., Shim, S.I., Kim, Y.S. and Jung, D.H.: Microbiological hazard analysis for strawberry farms at the harvest stage to establish good agricultural practices (GAP) model based on principle of HACCP. *Food Sci. Technol.*, **45**, 104-110 (2013).
26. Granum, P.E. and Lund, T.: *Bacillus cereus* and its poisoning toxin. *FEMS Microbiol. Lett.*, **157**, 223-228 (1997).