pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 29, No. 4, pp. 268~277 (2014)
http://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2014.29.4.268

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

미나리(*Oenanthe javanica*) 수확 후 처리 환경에서의 위생지표세균 및 병원성 미생물 오염도 조사

김연록# · 이경아# · 최인욱[1] · 이영하[1] · 김세리 · 김원일 · 류송희 · 이효섭 · 류재기 · 김황용*
농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 유해생물팀, [1]충남대학교 의과대학 감염생물학과

Investigation of Microbial Contamination in *Oenanthe javanica* at Postharvest Environments

Yeon Rok Kim#, Kyoung Ah Lee#, In-Wook Choi[1], Young-Ha Lee[1], Se-Ri Kim, Won-Il Kim, Song Hee Ryu, Hyo Sub Lee, Jae-gee Ryu, and Hwang-Yong Kim*
Microbial Safety Team, Agro-Food Safety & Crop Protection Department, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 565-851, Korea
[1]Department of Infection Biology, School of Medicine, Chungnam National University, Daejeon 301-131, Korea
(Received September 19, 2014/Revised October 18, 2014/Accepted November 7, 2014)

ABSTRACT - This study assessed microbiological hazards at postharvest stage of dropwort farms (A, B, C, D, E, F, G, H, I) located in 4 different areas in Korea. The samples were assessed for sanitary indication bacteria (total aerobic bacteria, coliform, and *Escherichia coli*) and pathogenic bacteria (*Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*). Total aerobic bacteria and coliform in 9 dropwort farms were detected at the levels of 0~7.00 and 0~4.25 log CFU/g, mL, of 100 cm^2. In particular, microbial contamination in worker's hand showed higher than cultivation environment factors. *Escherichia coli* was detected in several farms of soil, irrigation water, washing water and worker's hand and also, dropwort in these farms was contaminated with *E. coli* (positive reaction). In case of pathogenic bacteria, *B. cereus* was detected at the highest levels in soil. *S. aureus* was detected qualitatively from only one sample of dropwort washed by water. *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes* were not detected. Although dropwort pass through 2 process (trimming and washing), the microbial contamination was not differ significantly before and after which indicates that current washing system was not effect on reduction of microorganism. From these results, the postharvest environment and workers have been considered as cross-contamination factors. Thus, processing equipments and personal hygiene should be managed to reduce the microbial contamination of dropwort. Accordingly management system such as good agricultural practices (GAP) criteria is needed for the safety of dropwort

Key words : Dropwort, *Oenanthe javanica,* microbial contamination, good agricultural practices, GAP, postharvest environment

미나리(Dropwort, *Oenanthe javanica*)는 미나리속(*Oenanthe*)에 속하는 다년생 초본식물로 우리나라 전역에서 자생하고 있으며, 중국, 일본 등에서도 식용으로 재배하고 있다[1,2]. 미나리는 독특한 향을 지니고 있어 나물, 김치, 강회 등 다양한 요리에 이용되거나 기능성 식품소재로 활용되고 있다[3]. 미나리의 주요 성분은 수분(94.9%), 단백질(2.1%), 탄수화물(1.5%)이며, 이외에도 비타민 A, C, B_1, B_2가 풍부하고 칼슘, 인 및 철 등과 같은 무기성분도 함유되어 있다[4].

미나리는 조리과정을 거쳐 섭취하기도 하지만 독특한 풍미를 지니고 있어 가열한 식품에 별다른 조리과정을 거치치 않고 곁들여 섭취하거나 날 것 그대로를 섭취하는 경우가 많다. 최근에는 국민들이 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 자연식품을 선호하며, 샐러드, 새싹 등 채소류를 생식하는 경우가 많아지면서 신선 채소와 관련된 식중독 사고가 예전보다 빈번하게 발생하고 있다[5]. 현재 우리나라에서는 비가열 즉석식품에 의한 식중독 사고에 대한

#The first two authors contributed equally to this study
*Correspondence to: Hwang-Yong Kim, Microbial Safety Team, Agro-Food Safety & Crop Protection Department, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 565-851, Korea
Tel: 82-63-238-3394, Fax: 82-63-238-3840
E-mail: hykim@korea.kr

보고는 없으나[6], 미국에서 상추와 샐러드용 채소에서 *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Shigella sonnei* 등이 검출되거나 식중독을 유발한 사례가 보고되어 있다[7,8].

미나리의 경우 신선한 상태로 다듬고 절단하여 세척과정을 거친 채소로 위생적으로 포장되어 편리하게 이용할 수 있는 신선편이 농산물이다[9]. 이러한 신선편이 채소는 수확 후에도 지속적인 생리활동으로 인해 신선한 상태의 제품을 생산하기 위해서는 많은 선행연구가 필요하며 가공뿐 아니라 원료의 수확에서부터 안전성의 확보가 매우 중요하다[10]. 하지만 미나리의 재배, 수확단계에서의 미생물학적 안전성에 대한 연구는 미비한 편이다.

농산물의 미생물 오염경로를 명확하게 밝히기는 어렵지만 재배, 수확, 세척, 저장, 유통단계에서 토양, 관개용수, 작업자의 손 등 다양한 경로를 통해 생산부터 소비까지의 전 과정에서 비의도적으로 미생물에 오염될 가능성이 있는 것으로 알려져 있다[11]. 따라서 안전성이 확보된 농산물을 생산하기 위해서는 모든 생산단계에서 위해요소를 파악하고 오염을 방지하여 사전에 관리하는 것이 중요하다. 이를 위해 도입된 것이 농산물의 위해요소를 관리하기 위한 우수농산물관리제도(good agricultural practice, GAP)이다.

GAP는 국가간의 농산물 교역량이 증가됨에 따라 농식품의 안전성 확보를 위해 논의되었으며, 우리나라에서는 2003년 약용작물을 대상으로 시작하여[12] 2012년경 전체농가의 3.4%에 해당하는 농가가 GAP인증을 받았다[13]. 최근에는 토양, 관개용수와 같은 재배환경, 작업자의 위생 및 수확 후 처리시설 등 발생 가능한 모든 잠재적 위해 요소들을 다각도로 분석, 평가하여 농산물에 오염을 일으킬 수 있는 원인을 사전에 감소시키기 위해 GAP에 대한 연구가 진행되고 있다[14]. 다양한 작물에 대해 GAP 제도를 도입하기 위해서는 우선 농산물 생산단계에서 발생 가능한 위해 요소를 파악해야 하지만 농산물의 생산단계가 아닌 소비단계에서의 연구가 주로 이루어지고 있어 제도 도입을 위한 기초자료가 부족한 실정이다[15].

따라서 본 연구에서는 미나리의 재배, 수확단계의 환경으로부터 미나리에 오염을 일으킬 수 있는 생물학적 위해요소를 조사하여 안전하고 위생적인 미나리 생산을 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 채취 및 전처리

미나리(*Oenanthe javanica*) 수확 후 처리과정에 따른 위생지표세균과 토양세균의 미생물 오염도 변화를 조사하기 위해 4개 지역 (부산광역시, 전라북도, 전라남도, 경상북도)의 미나리 주산지에서 9개 농가를 선정하여 2014년 2월부터 4월 사이에 시료를 채취하였다.

대상농가로부터 재배환경 (토양, 미나리 자라는 물), 수확 후 처리 환경 (세척수, 수확용기, 세척용기, 작업대, 채반, 절삭기), 개인위생 (손), 작물 (수확 후, 손질 후, 세척 후)를 포함한 12개 항목에 대해 농가별로 시료당 3점씩 반복 채취하여 총 324개의 시료에 대한 미생물 오염도를 분석하였다.

토양은 25 g씩 멸균팩에 채취하였고, 미나리 자라는 물, 세척수, 세척한 후 물은 멸균한 채수병에 약 50 mL씩 채수하였다. 이외에 수확용기, 세척용기, 작업대, 채반, 절삭기, 컨베이어 벨트는 면적대(10 × 10 cm)를 이용하여 Swab kit (3M Quick Swab, USA)로 문질러 채취하였다. 개인위생 검사를 위한 작업자의 손은 멸균된 0.85% 생리식염수 50 mL을 멸균팩에 붓고 30초간 손을 씻어서 채취하는 glove juice법[16]으로 시료를 채취하였다. 단계별 (수확직후, 손질 후, 세척 후) 미나리는 약 200 g씩 멸균된 시료채취용 팩에 채취하였다. 채취한 샘플은 아이스팩을 채운 아이스박스에 담아 운반하여 실험실로 운반하였으며, 각 시료에 대해 위생지표세균 및 병원성 미생물의 오염도를 조사하였다. 모든 시료는 교차오염방지를 위해 clean bench에서 위생적으로 처리하였다.

본 연구에서는 미생물의 정량분석과 정성분석을 실시하였다. 정량분석을 위해 채취한 토양과 미나리는 25 g씩 stomacher bag에 취하고 225 mL의 0.1% peptone water (PW, Oxoid, UK)를 첨가하여 균질기(Bagmixer 400VW, Interscience®, Paris, France)로 2분간 균질화 시켜 10배 단계 희석하여 분석에 사용하였다. 이외에 swab kit로 채취한 시료와 작업자손은 별다른 전처리 과정 없이 10배 단계 희석하여 미생물을 분석하였다.

미생물의 정성분석은 증균과정을 거친 시료를 선택배지에 접종하여 분리과정과 최종 확인시험을 거쳐 판정하였다. 증균과정은 토양과 미나리 25 g에 130 mL의 buffered peptone water (BPW, Oxoid, UK)를 첨가하고, 관개용수, 작업자의 손 및 swab법으로 채취한 시료는 1mL씩 채취하여 멸균한 BPW 9 mL과 혼합하여 37°C, 24시간 동안 증균 배양하여 분석에 사용하였다

위생지표세균 오염도 측정

총 호기성 세균, 대장균군 및 대장균을 포함하는 위생지표세균을 분석하여 미나리 재배단계에서의 위생상태를 조사하였다. 위생지표세균 중 총 호기성 세균과 대장균군은 정량분석을 실시하였으며, 대장균(*E. coli*)은 정성분석을 실시하였다. 총 호기성 세균과 대장균군 분석은 전처리된 시료 1 mL을 9 mL의 멸균된 0.1% 펩톤수에 10배 단계 희석하여 각 희석 농도에서 1 mL씩 취하여 3M 건조 필름 배지에 분주하여 분석하였다. 일반세균 분석은 3M Petrifilm™ aerobic count plate (3M, USA)를 사용하였으며, 대장균군은 3M Petrifilm™ *E. coli*/coliform plate (3M,

USA)에 분주하여 37ºC에서 24시간 배양하여 계수하였다.

대장균의 정성분석은 앞서 BPW에 증균 배양한 시료 1 mL을 *Escherichia coli* broth (EC broth; Oxoid, Basingstoke, Hampshire, England) 10 mL에 접종하여 42ºC에서 24시간 배양 후 가스가 포집된 양성으로 의심되는 것을 선택배지인 eosin methylene blue agar (EMB agar; Oxoid, England)에 streaking하여 37ºC에서 24시간 동안 배양하였다. 배양된 시료 중 녹색의 광택을 띄는 집락만을 선택하여 nutrient agar (NA; Oxoid, England)에 streaking 한 다음 37ºC에서 24시간 배양하고, VITEK (VITEK-2 compact, Biomerieux, France)을 이용하여 최종 확인하였다.

병원성 미생물 오염도 측정

각 시료를 대상으로 주요 식중독균인 *Escherichia coli* O157:H7 (*E. coli* O157:H7), *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*), *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Bacillus cereus* (*B. cereus*)에 대한 오염여부를 확인하였다. 병원성 미생물은 앞서 증균과정을 거친 시료를 각각의 병원성 미생물 선택배지에 접종하여 분리배양 및 확인실험을 거쳐 정성 분석하였다. 병원성 미생물 중 *B. cereus*는 정량분석만 실시하였으며, *S. aureus*는 정성분석만 실시하였다. 각 식중독균은 식품공전법[17]에 준하여 분석하였으며 구체적인 방법은 다음과 같다.

E. coli O157:H7은 증균한 시료 1 mL을 10 mL의 modified EC broth (mEC broth; Oxoid, England) 10 mL에 접종하여 42ºC, 24시간 증균 배양 후 가스를 생성하는 균주를 CHROMagar O157 (CHROMagar™, Paris, France)에 streaking하여 배양(37ºC, 24시간)하였을 때 붉은 색을 띄는 의심집락을 NA에 재배양한 후 VITEK으로 확인하였다.

*L. monocytogenes*는 증균 배양한 시료 1 mL를 10 mL의 FRASER Listeria broth (Oxoid, England)에 접종하여 37ºC에서 24시간 배양 하였다. 배양 후 의심되는 균주를 선별하여 palcam agar (Oxoid, England)에 streaking하여 분리하고, NA에 재배양한 후 PCR을 사용하여 동정하였다.

*B. cereus*는 멸균된 0.1% PW를 사용하여 10배 단계희석 한 후 0.25 mL씩 취하여 mannitol egg york polymycin agar (MYP agar; Oxoid, England)에 도말 한 뒤 30ºC에서 24시간 동안 배양하였다. 혼탁한 환이 있는 분홍색 집락을 대상으로 계수하였으며, 계수한 집락 중 각 평판에서 5개의 집락을 선별하여 NA에 streaking하여 배양한 후 PCR로 최종 확인하였다.

*S. aureus*의 정성분석은 *S. aureus*는 10% NaCl을 첨가한 tryptic soy broth (TSB; Oxoid, England)에 접종하여 37ºC에서 24시간 증균배양 한 후 CHROMagar Staphy (CHROMagar™, Paris, France)에 streaking하여 붉은색을 띄는 집락만을 선별하여 NA에 streaking하여 재배양한 후 VITEK을 사용하여 동정하였다.

병원성 미생물의 동정

분리한 병원성 미생물을 동정 하기 위해 각 미생물의 특이 유전자를 대상으로 하는 primer를 사용하여 PCR을 수행하였다. *L. monocytogenes*의 검출 여부를 최종 확인하기 위해 Aznar and Alacon의 방법[18]을 사용하여 *hlyA* 유전자를 대상으로 PCR을 수행하였다. *B. cereus*는 *gyrB*, *cry* 유전자를 대상으로 PCR을 수행하여 동정하였다[19,20]. 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.

통계분석

통계분석에 필요한 샘플은 각 조사 대상마다 3반복하여 채취하는 것을 원칙으로 하되 불가피한 경우에는 2반복하여 채취하였다. 그리고 각 샘플에서 얻은 미생물 오염도 분석 자료는 로그 변환한 다음 통계분석에 이용하였다. 미생물 종류별로 수확 후 처리과정 중 오염도 변화를 살펴보기 위해 일원분산분석을 실시하였으며, 분석의 결과가 통계적으로 유의하면 Duncan 다중검정을 통하여 평균값을 비교하였다. 일원분산분석의 결과는 Table 1부터 Table 3까지 나타냈다. 그리고 각 미생물의 오염도를 미나리 재배 농가마다 정리하였으며, 각 농가별로 조사 대상에 따라 미생물 오염도의 차이가 어떻게 달라지는 지 살펴보기 위해 Duncan 다중검정을 통하여 평균값을 비교하였다.

결과 및 고찰

조사 대상 농가의 일반특성

부산광역시, 전라북도, 전라남도, 경상북도 등 4개 지역의 미나리 주산지에서 9개 농가를 선정하였다. 그 중에서 4개 농가는 물을 얕게 대서 밭 상태에 가깝게 재배하는 농가였으며, 특히 수확 시기에는 농경지에 물을 거의 제거한 후에 미나리를 재배하는 방식이었다. 따라서 본 농가에서 생산하는 미나리는 샐러드와 유사하게 조리과정 없이 섭취 가능한 제품을 생산하고 있었다.

나머지 5개 농가는 논에 물을 가두어 미나리를 재배하는 농가였으며, 여름철에 벼를 재배하였다가 벼를 수확한 이후에 미나리를 재배하고 있었다. 그 중에 3개 농가는 비닐 하우스를 씌워서 미나리를 재배하였으며, 나머지 2개 농가는 노지 상태로 미나리를 재배하였다. 이렇게 생산한 미나리는 앞서 언급한 미나리와는 달리 국이나 탕 등에 넣어 가열하여 다른 음식과 곁들여 먹을 수 있는 형태의 미나리를 재배하고 있었다.

미나리 재배환경 및 수확 후 처리 시설의 미생물 오염도 분석

4개 지역의 총 9개 미나리 재배 환경 및 수확 후 처리 시설에 대한 미생물 오염도를 분석하였다. 9개 농가 중 4개 농가(A, B, C, 그리고 D)는 미나리 재배 토양에 대한 분석을 하였으며, 5개 농가(E, F, G, H, 그리고 I)는 미나리가 자라는 물에 대한 분석만 실시하였다. 이외에 수확용기, 작업대, 세척수, 채반, 작업자의 손 등은 모든 농가로부터 시료를 채취하여 오염도를 분석하였다.

토양(soil)

토양 시료는 밭 상태로 있는 4개 농가에서만 채취하였다. 총 호기성 세균 분석결과 6.22~7.00 log CFU/g 범위로 다른 재배 환경에 비해 높은 총 호기성 세균을 관찰하였으며(Table 1), 대장균군은 평균 3.23 log CFU/g 수준으로 확인되었다(Table 2). *E. coli*는 정성분석에 의해 4개소 작업장 중 3개의 작업장의 토양에서 양성반응을 확인 하였으며(data not shown), 토양 내 병원성 미생물 분석결과 모든 농가의 토양에서 *B. cereus*가 2.99~4.51 log CFU/g 정도 검출되었다(Table 3). 이외에 병원성 미생물은 관찰할 수 없었다(data not shown). 일반적으로 농경지 토양에서 6.0~8.0 log CFU/g 수준의 미생물이 검출되는 점을 고려할 때[21] 밭 미나리 재배 농가 토양의 위생수준은 비교적 양호한 편인 것을 확인하였다. *B. cereus*는 그람 양성, 통성혐기성 균으로 자연에 널리 분포하며 5 log CFU/g이상의 균이 오염되어 있는 식품을 섭취할 경우 식중독을 야기할 수 있다[22]. 토양의 미생물학적 안전성을 확보해야 하는 이유는 병원성 미생물에 의해 오염된 토양에 작물을 심었을 경우 뿌리를 통해 작물의 가식부위까지 이동한다고 알려져 있기 때문이다[15]. 따라서 퇴비를 사용할 때는 완전히 부숙한 것만 사용하는 등 토양이 유해미생물로 오염되지 않도록 주의할 필요가 있다.

관개용수(Irrigation water)

미나리를 재배하는 관개용수에 대해서는 4개의 농가(E, F, G, H)에서 채수하여 미생물 오염도를 분석하였다. 관개용수를 분석한 결과 총 호기성 세균 3.91~5.57, 대장균군 0.94~2.88 log CFU/mL로 측정되었으며(Table 1), 4개 작업소 중 한 개의 작업소에서 *E. coli* 양성반응을 관찰하였다(data not shown). 병원성 미생물은 *B. cereus*가 0.55~3.91 log CFU/mL 수준으로 검출되었다(Table 3).

위생지표세균과 같은 미생물은 재배과정에서 여러 가지 경로를 통해 농산물로 이행되나 특히, 양액, 관개용수에 의한 작물로의 이동성은 여러 연구자에 의해 밝혀져 있다[23]. Solomon 등[24]에 의하면 관개용수를 *E. coli* O157:H7에 오염시킨 후 상추에 살포하였을 시 세척 후에도 제거되지 않고 다수의 *E. coli* O157:H7이 측정됨을 보고하였으며, Mitra 등[25]의 연구에서도 오염된 관개용수를 사용할 경우 병원성 미생물이 작물로 이행된다는 연구결과가 있다. 따라서 평상시 관개용수에 대한 위생 관리를 철저히 하여 유해미생물에 오염되지 않도록 주의해야 한다.

수확용기(harvest container)

9개의 미나리 재배 농가 중 5개의 농가에서만 시료를 채취하였으며, 나머지 4개 농가에서는 시료를 채취하지 않았다(NT, not tested). 수확용기의 총 호기성 세균은 2.45~6.60 log CFU/100 cm^2로 관찰되었고(Table 1), 대장균군 및 *B. cereus*는 평균 2.42, 1.52 log CFU/100 cm^2로 검출되었다(Table 2와 3). 얕은 물을 대어 밭에서 생산한 미나리 농가의 수확용기는 토양보다 낮은 수준의 오염도를 보였으나, 다소 깊은 물에서 생산되는 물 미나리 재배농가의 수확용기는 관개용수의 오염수준과 유사한 것으로 보아 이로부터 대부분 이행되는 것을 관찰하였다. 수확용기의 경우 농가에서 별다른 세척 및 소독 과정 없이 외부에 노출된 상태로 지속적으로 사용하기 때문에 미생물의 오염도가 다른 작업환경에 비해 높을 수 있으며, 수확용기 또는 작업도구에 오염된 병원성 미생물이 쉽게 작물로 교차오염 될 수 있다고 보고[12]하고 있으므로 수확용기를 청결하게 유지해야 한다.

작업대(work table)

수확한 미나리를 손질하는 작업대의 총 호기성 세균은 3.59~6.81 log CFU/100 cm^2로 검출되었으며, 대장균군은 0~3.78 log CFU/100 cm^2 수준으로 관찰되었다(Table 1과 2). 병원성 미생물 분석결과 *B. cereus* 이외에 검출되지 않았다. 모든 농가의 작업대에서 *B. cereus*가 평균적으로 1.64 log CFU/100 cm^2로 측정되었다(Table 3). 작업대는 미나리의 상품성 향상을 위해 손질작업을 하는 시설이다. 작업대에서 미나리를 손질하면 미나리 제품의 외관상 상품성은 개선되지만 작업대의 미생물 오염도가 높을 시 교차오염이 발생하여 보관, 유통되는 과정에서 미생물 오염도가 증가할 수 있으므로 위생관리를 강화해야 할 것으로 판단된다. 그리고 미나리와 같은 신선편이 채소는 절단 또는 박피 등에 의해 조직 내의 상처를 통해 가공 및 유통과정을 거치면서 병원성 미생물에 의한 오염 가능성을 내재하고 있다[26]. 따라서 미나리 수확 후 사용하는 작업시설 및 도구를 청결하게 유지, 관리하도록 하는 것이 바람직하다.

세척수(washing water)

미나리 손질 후 세척하는 세척수를 7곳의 농가에서 채취하여 미생물 오염도를 분석한 결과를 Table 1, 2, and 3에 나타냈다. 총 호기성 세균 및 대장균군은 각각 0~1.88, 0~0.10 log CFU/mL로 낮은 오염 수준을 보였으며(Table 1과 2), *E. coli*는 한 농가에서 양성반응을 나타냈다(data not shown). 이외에 다른 병원성 미생물은 검출되지 않았

Table 1. Bacterial population of total aerobic bacteria in samples collected from dropwort cultivation farms in Korea[1)]

Samples		Dropwort cultivation farms									Average
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Cultivation & Postharvest environments	Soil	6.22 ± 0.21^{b}	6.24 ± 0.12^{ab}	6.50 ± 0.09^{b}	7.00 ± 0.60^{a}	-	-	-	-	-	5.58^{b}
	Irrigation water	-	-	-	-	4.35 ± 0.61^{cd}	4.86 ± 0.38^{c}	5.57 ± 0.35^{c}	3.91 ± 0.11^{c}	NT	
	Harvest container	4.60 ± 0.59^{d}	2.45 ± 2.18^{d}	4.23 ± 0.34^{de}	NT	NT	4.80 ± 0.69^{c}	6.60 ± 0.18^{ab}	NT	NT	4.54^{c}
	Work table	5.44 ± 0.30^{bcd}	5.91 ± 0.09^{ab}	4.75 ± 0.30^{cd}	6.81 ± 0.39^{a}	4.14 ± 0.40^{cd}	4.78 ± 0.21^{c}	4.53 ± 0.39^{d}	3.59 ± 1.28^{c}	3.97 ± 0.18^{ab}	4.88^{c}
	Washing water	NT [2)]	ND[3)e]	NT	1.88 ± 0.09^{d}	0.30 ± 0.00^{e}	0.44 ± 0.42^{d}	1.21 ± 0.45^{e}	1.53 ± 0.21^{d}	1.40 ± 0.17^{c}	0.97^{e}
	Tray	2.82 ± 0.80^{e}	3.49 ± 0.81^{cd}	3.66 ± 0.62^{e}	5.16 ± 0.02^{b}	3.37 ± 0.56^{d}	NT	4.60 ± 0.72^{d}	NT	3.80 ± 0.02^{b}	3.84^{d}
Personal hygiene	Hand	7.52 ± 0.32^{a}	6.68 ± 0.92^{a}	7.59 ± 0.27^{a}	6.44 ± 0.21^{a}	7.69 ± 1.73^{a}	7.57 ± 0.14^{a}	7.25 ± 0.08^{a}	7.13 ± 0.41^{a}	4.50 ± 0.79^{a}	6.93^{a}
Dropwort	After harvest	5.76 ± 0.30^{bc}	6.48 ± 0.46^{a}	6.20 ± 0.38^{b}	3.94 ± 0.61^{c}	5.21 ± 0.05^{bc}	5.87 ± 0.32^{b}	6.67 ± 0.57^{ab}	6.50 ± 0.61^{a}	4.67 ± 0.33^{a}	5.70^{b}
	After trimming	5.01 ± 0.65^{cd}	5.58 ± 0.32^{ab}	6.24 ± 0.17^{b}	NT	NT	6.32 ± 0.26^{b}	6.37 ± 0.51^{bc}	5.40 ± 0.10^{b}	NT	5.82^{b}
	After washing	4.90 ± 0.13^{cd}	4.67 ± 0.23^{bc}	5.02 ± 0.54^{c}	4.64 ± 0.10^{b}	6.19 ± 0.46^{b}	6.08 ± 0.53^{b}	5.64 ± 0.16^{c}	5.08 ± 0.05^{b}	4.57 ± 0.09^{a}	5.20^{bc}

[1)]Values are the mean ± standard deviation of triplicate experiments (log CFU/g, 100 cm^2, mL, and hand). Means with different letter (a, b, c, d, e) in the same column are significantly different ($p < 0.05$).
[2)]NT: Not tested.
[3)]ND: Not detected.

Table 2. Bacterial population of coliform in samples collected from dropwort cultivation farms in Korea[1)]

Samples		Dropwort cultivation farms									Average
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Cultivation & Postharvest environments	Soil	2.77 ± 0.50^{cd}	3.21 ± 0.27^{bc}	3.59 ± 0.32^{c}	3.34 ± 0.61^{c}	-	-	-	-	-	2.60^{de}
	Irrigation water	-	-	-	-	1.51 ± 0.23^{c}	2.60 ± 0.10^{d}	2.88 ± 0.06^{c}	0.94 ± 0.15^{d}	NT	
	Harvest container	1.83 ± 1.19^{d}	2.14 ± 0.47^{c}	2.08 ± 0.42^{d}	NT	NT	2.85 ± 0.64^{d}	3.21 ± 0.36^{bc}	NT	NT	2.42^{de}
	Work table	2.53 ± 0.05^{cd}	3.78 ± 0.21^{ab}	3.37 ± 0.55^{c}	4.25 ± 0.53^{b}	0.96 ± 0.85^{cd}	2.54 ± 0.28^{d}	1.74 ± 0.24^{d}	ND^{e}	1.18 ± 1.03^{bc}	2.26^{e}
	Washing water	NT [2)]	ND[3)d]	NT	ND^{d}	ND^{d}	ND^{e}	ND^{e}	0.10 ± 0.17^{e}	ND^{c}	ND^{f}
	Tray	0.33 ± 0.58^{e}	0.57 ± 0.98^{d}	2.28 ± 0.41^{d}	ND^{d}	0.90 ± 0.85^{cd}	NT	1.93 ± 0.40^{d}	NT	1.34 ± 1.17^{bc}	1.05^{f}
Personal hygiene	Hand	5.63 ± 0.45^{a}	4.47 ± 1.14^{a}	5.35 ± 0.21^{a}	5.43 ± 0.20^{a}	4.49 ± 0.48^{a}	6.08 ± 0.23^{a}	4.32 ± 0.27^{a}	3.85 ± 0.27^{a}	ND^{c}	4.40^{a}
Dropwort	After harvest	3.94 ± 0.64^{b}	3.29 ± 0.19^{b}	2.33 ± 0.35^{d}	3.64 ± 0.65^{bc}	2.67 ± 0.19^{b}	2.48 ± 0.00^{d}	3.41 ± 0.03^{b}	3.25 ± 0.22^{b}	2.49 ± 0.89^{ab}	3.06^{cd}
	After trimming	3.49 ± 0.11^{bc}	3.71 ± 0.73^{ab}	4.37 ± 0.42^{b}	NT	NT	4.76 ± 0.23^{b}	3.45 ± 0.09^{b}	3.03 ± 0.05^{b}	NT	3.80^{ab}
	After washing	2.81 ± 0.13^{cd}	2.91 ± 0.19^{bc}	3.66 ± 0.13^{c}	4.26 ± 0.26^{b}	3.17 ± 0.68^{b}	3.58 ± 0.09^{c}	3.12 ± 0.14^{bc}	2.64 ± 0.30^{c}	3.17 ± 0.08^{a}	3.26^{bc}

[1)]Values are the mean ± standard deviation of triplicate experiments (log CFU/g, 100 cm^2, mL, and hand). Means with different letter (a, b, c, d, e, f) in the same column are significantly different ($p < 0.05$).
[2)]NT: Not tested.
[3)]ND: Not detected.

Table 3. Bacterial population of *Bacillus cereus* in samples collected from dropwort cultivation farms in Korea[1)]

Samples		Dropwort cultivation farms									Average
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Cultivation & Postharvest environments	Soil	4.36 ± 0.43^{a}	4.51 ± 0.08^{a}	2.99 ± 2.59^{a}	3.65 ± 0.74^{a}	-	-	-	-	-	2.50^{a}
	Irrigation water	-	-	-	-	0.55 ± 0.50^{abc}	1.32 ± 0.82^{a}	1.45 ± 0.68^{ab}	1.20 ± 0.34^{b}	NT	
	Harvest container	1.82 ± 0.50^{d}	ND^{c}	1.19 ± 0.37^{abc}	NT	NT	1.83 ± 0.48^{a}	2.74 ± 2.41^{a}	NT	NT	1.52^{cd}
	Work table	3.33 ± 0.28^{b}	2.09 ± 0.32^{b}	2.01 ± 0.06^{ab}	0.95 ± 0.93^{b}	1.39 ± 1.35^{abc}	1.38 ± 0.51^{a}	2.35 ± 0.11^{a}	0.96 ± 0.85^{bc}	0.33 ± 0.85^{b}	1.64^{bcd}
	Washing water	NT [2)]	ND[3)]^{c}	NT	ND^{b}	ND^{c}	ND^{b}	ND^{b}	ND^{c}	ND^{b}	ND^{e}
	Tray	0.42 ± 0.72^{e}	ND^{c}	ND^{c}	0.33 ± 0.58^{b}	0.33 ± 0.58^{bc}	NT	2.21 ± 0.79^{a}	NT	ND^{b}	0.47^{e}
Personal hygiene	Hand	4.12 ± 0.19^{a}	0.73 ± 1.27^{c}	2.66 ± 0.50^{a}	ND^{b}	ND^{c}	2.12 ± 0.06^{a}	3.43 ± 0.24^{a}	3.16 ± 0.16^{a}	ND^{b}	1.9^{abcd}
Dropwort	After harvest	3.03 ± 0.54^{bc}	2.83 ± 0.49^{b}	2.26 ± 0.24^{ab}	0.67 ± 1.15^{b}	1.83 ± 1.60^{ab}	2.27 ± 0.28^{a}	3.01 ± 0.14^{a}	2.73 ± 0.23^{a}	1.33 ± 1.15^{a}	2.22^{abc}
	After trimming	2.72 ± 0.19^{bc}	2.41 ± 0.36^{b}	2.98 ± 0.31^{a}	NT	NT	1.43 ± 1.25^{a}	2.64 ± 0.53^{a}	2.20 ± 0.17^{a}	NT	2.40^{ab}
	After washing	2.36 ± 0.10^{cd}	0.67 ± 1.15^{c}	0.67 ± 1.15^{bc}	0.67 ± 1.15^{b}	2.19 ± 0.32^{a}	2.37 ± 0.16^{a}	1.55 ± 1.34^{ab}	0.67 ± 1.15^{bc}	ND^{b}	1.24^{d}

[1)]Values are the mean ± standard deviation of triplicate experiments (log CFU/g, 100 cm^2, mL, and hand). Means with different letter (a, b, c, d, e) in the same column are significantly different ($p < 0.05$).
[2)]NT: Not tested.
[3)]ND: Not detected.

다. 환경정책기본법에 지정한 하천 및 호소의 생활환경 수질 등급과 비교하였을 때 좋음 (총 대장균군: 0.7 log CFU/mL)[27]에 해당하는 것으로 밭 미나리 재배 농가에서 사용하는 세척수의 수질은 비교적 안전한 것으로 판단된다. Rangarajan 등[28]에 의하면 오염된 세척수가 신선편이 채소류의 주된 오염원이라고 보고하였으며, 세척수에 의한 미생물의 교차오염 방지를 위해서는 주기적인 수질 검사를 통해 수원의 위생적인 관리가 중요하다고 판단된다.

채반(tray)

손질 및 세척과정을 거친 미나리를 포장 전 보관하는 시설인 채반의 미생물 오염도를 분석하였다. 위생지표세균 중 총 호기성 세균은 2.82~5.16 log CFU/100 cm^2로 측정되었고, 대장균군은 0~2.28 log CFU/100 cm^2로 나타났다 (Table 1과 2). 채반의 병원성 미생물은 한 곳의 농가를 제외하고 모두 1 log이하로 검출되었다(Table 3).

작업자 손

식품에서 식중독 발생원인의 큰 부분을 차지하고 있는 개인위생에 대한 평가결과, 작업자의 손(personal hygiene)에서 총 호기성 세균이 평균 6.93 log CFU/hand 수준으로 나타났고, 최고 7.69 log CFU/hand까지 검출되었다(Table 1). 대장균군 또한 평균 4.40 log CFU/hand로 다른 작업환경과 비교하였을 때 작업자의 손에서 높은 오염도를 관찰하였다(Table 2). 병원성 미생물은 *B. cereus*가 두 곳의 농가의 작업자에서는 검출되지 않았으며, 나머지 농가의 작업자 손에서 0.73~4.12 log CFU/hand 수준으로 관찰되었다 (Table 3). 작업자 손의 일반세균 기준(3.4 log CFU/hand)[12]에 비해 높은 수준으로 수분이 많은 생산환경에서 작업에 사용한 장갑을 제대로 건조하지 않은 상태에서 재사용하여 교차오염이 발생한 것으로 사료된다. 따라서 장갑을 주기적으로 교체하고 평상시에 청결하게 관리하는 노력이 필요하다. 또한 손세척을 위한 별도의 시설을 마련하여 올바른 손세척에 대한 중요성을 작업자에게 교육해야 할 필요가 있다고 생각된다.

수확 후 처리 과정에 따른 미나리의 미생물 오염도 분석

수확 후 손질 및 세척과정을 거치는 미나리의 미생물 오염도 변화 분석을 위해 수확 후(after harvest), 손질 후(after trimming), 세척 후(after washing)로 나누어서 시료를 채취하여 9개 농가에서 생산하는 미나리를 채취하여 오염도를 분석하였다.

총 호기성 세균(total aerobic bacteria)

위생지표세균 중 총 호기성 세균은 수확 직후 3.94~6.67 log CFU/g, 평균적으로 5.70 log CFU/g으로 측정되었다. 손질 후 다소 증가한 평균 5.82 log CFU/g으로 관찰되었고, 세척 후에도 수확 직후에 비해 약 0.5 log CFU/g정도 감소한 5.20 log CFU/g으로 나타났다(Table 1). 총 호기성 세균의 오염도는 재배환경인 토양, 관개용수와도 비슷한 오염수준으로 현재 미나리의 단순 물 세척 시스템은 미나리의 미생물 오염도를 저감화 하는 것에는 그리 유효하지 않은 것을 관찰 하였다. 또한, 수확용기, 작업대 특히 작업자의 손에서 높은 수의 미생물이 관찰되어 이로부터 교차오염이 발생한 것으로 사료된다. 따라서 재배시설의 위생관리를 보다 철저히 하고 개인위생 관리를 강화해야 할 것으로 판단된다.

대장균군(coliform) 및 *E. coli*

수확 후 처리 과정에 따른 미나리의 대장균군을 분석한 결과 총 호기성 세균과 유사한 결과를 관찰하였다. 수확 직후, 손질 후 및 세척 후 미나리의 대장균군은 평균적으로 3.06, 3.80 그리고 3.26 log CFU/g 수준으로 관찰 되었다(Tabe 2). 이러한 결과로 미루어 보아 손질 및 세척에 이후에도 대장균군의 수는 유사한 것을 알 수 있었다.

대장균(*E. coli*)의 정량분석 결과, 분석 시료에서 1.0 log CFU/g 이상의 대장균이 검출된 경우는 없었다. 다만 6개 농가에서 수집한 미나리에서 *E. coli* 양성반응을 관찰하였다. 양성반응을 보인 농가 중에서 재배환경 (토양 또는 미나리가 자라는 물)에서 *E. coli* 양성반응이 나타난 곳은 2개소였으며, 다른 농가 1개소에서는 작업자 손에서 *E. coli* 양성반응이 나타났다. 나머지 3개소에서는 재배환경이나 작업자 손에서 *E. coli* 양성반응이 나타나지 않았다. 이번 연구에서는 대장균에 대해서는 오염 경로를 추정할 만한 충분한 자료를 얻지 못했다.

병원성 미생물(pathogenic bacteria)

본 연구에서는 위생지표세균 이외에 4가지의 병원성 미생물에 대해 분석을 실시하였다. 9개 농가 미나리의 병원성 미생물을 분석한 결과 *B. cereus*가 모든 농가의 미나리에서 검출되었다. 수확 직후 평균 2.22 log CFU/g으로 관찰되었으며, 세척 후 1.24 log CFU/g으로 균수가 감소함을 알 수 있었다(Table 3). *B. cereus*는 토양에서 다양한 미생물이 존재하며 주로 *Bacillus* 속이 가장 많이 분포하고 있다(Shim et al., 2014). 따라서 토양을 제거하는 세척과정을 거치면서 그 수가 감소하는 것을 관찰 할 수 있었다. *B. cereus*는 그람 양성 세균으로 포자를 생성하여 식중독을 일으키는 유해균으로 식품 내 *B. cereus*의 농도가 6 log CFU/g이상으로 오염되었을 경우 식중독을 유발 할 수 있다고 알려져 있다. 따라서 안전한 농산물 생산을 위해서는 토양의 지속적인 미생물 관리가 필요할 것으로 판단된다.

재배 및 수확 후 처리과정에 따른 미생물 오염도 변화 개관

미나리의 재배 및 수확 후 처리 과정은 Fig. 1의 모식

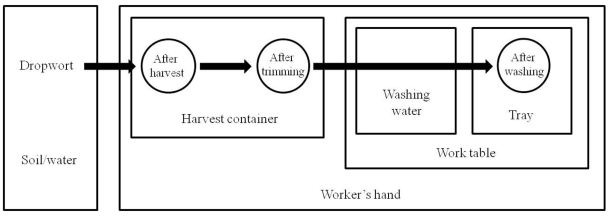

Fig. 1. Flow diagram of cultivation process in dropwort farms.

도에서 보는 것과 같이 재배 후 손질과정을 거치고 세척 후 완제품으로 생산한다. 그 과정에서 재배환경 (토양/관개용수), 수확용기, 세척수, 작업대, 채반 및 작업자의 위생상태가 미나리의 미생물 오염도에 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 생산환경에 따른 미나리의 미생물 오염도를 파악하고자 Fig. 2와 같이 생산환경 요소의 평균 미생물 오염도와 각 과정을 거쳐 생산된 미나리의 평균 오염도를 나타냈다.

총 호기성 세균의 수는 작업자 손에서 가장 많았으며, 재배환경과 미나리 (수확직후, 손질 후, 세척 후) 순으로 많이 관찰되었다(Fig. 2). 대장균군에서도 이와 비슷한 양상의 결과를 관찰하였는데, 작업자의 손과 손질 후 미나리에서 가장 많았으며, 세척 후 미나리에서 그 다음으로 많았다(Fig. 2). 총 호기성 세균 및 대장균군에 대한 분석 결과를 전반적으로 살펴보면, 미나리를 수확한 후에 손질을 거치면서 미나리 재배환경 (흙/물)보다 오히려 오염도가 높아졌다가 세척 후 다소 감소하는 경향을 볼 수 있다. 이러한 결과로 미루어 보아 작업자의 손을 통해 유해 미생물의 교차오염이 광범위하게 발생할 가능성 있으며, 교차오염을 예방하기 위해서는 사용한 장갑을 자주 교체하고 올바른 손 세척에 대한 교육과 손 세척을 위해 작업장내 세척 시설을 설치하는 등의 노력을 기울여야 한다.

또한, 세척 이후에도 미나리의 미생물 수에는 거의 변함이 없는 것으로 보아 현재의 단순 물 세척 시스템만으로는 미생물 저감화를 기대 할 수 없는 것으로 판단된다.

토양세균인 *B. cereus*의 경우에는 위생지표세균과는 달리 세척 후 *B. cereus*의 수가 다소 감소하는 것을 관찰 할 수 있었다. *B. cereus*의 수가 가장 많은 것은 재배환경 (흙/물)이었으며, 작업자 손에 의해 손질과정을 거친 미나리에도 비슷한 수준의 *B. cereus*가 검출되었다(Fig. 2). 하지만 세척 후에는 *B. cereus*가 수확 직후에 비해 줄어드는 것을 볼 수 있다.

본 연구결과 미나리 재배환경의 위생상태는 비교적 양호한 편이라고 판단되며, 재배 방식에 따른 미나리의 미생물 오염도에는 큰 차이가 없는 것으로 관찰하였다. 다만, 미나리 재배 농가 작업자의 손에서 다소 높은 수준의 미생물 오염도가 관찰되어 개인위생에 대한 교육 및 관리를 강화할 필요가 있다고 사료된다. 또한, 재배환경을 청결하게 유지하고 미나리의 유해 미생물의 저감화를 위한 적절한 세척기술을 적용한다면 미생물 오염도를 현저하게 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

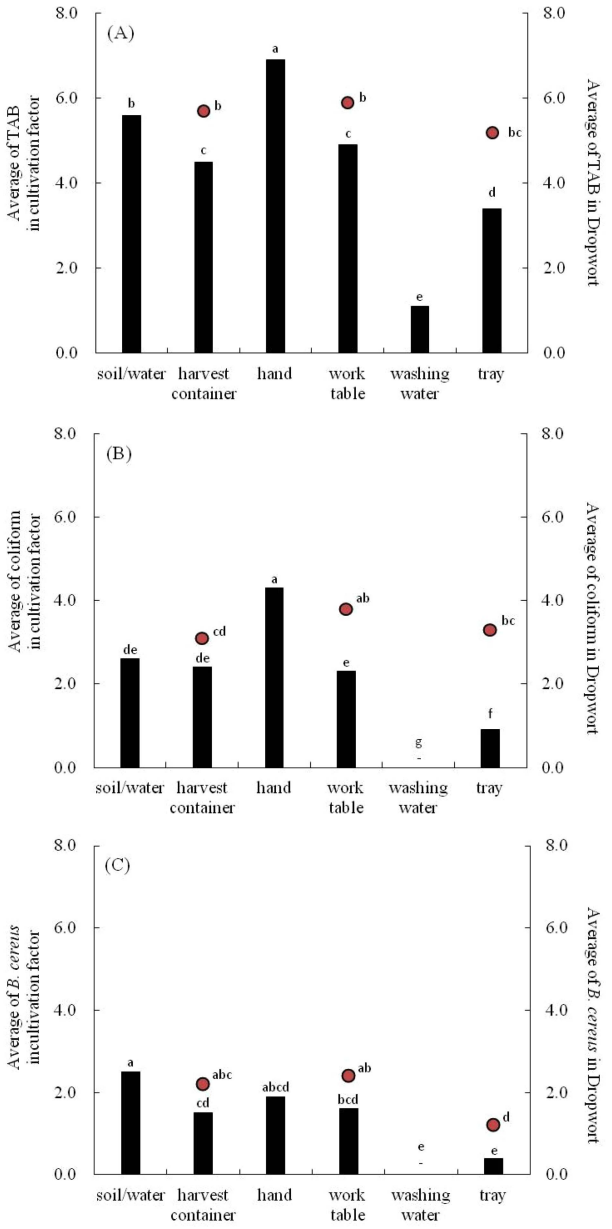

Fig. 2. Bacterial population of sanitary indication and pathogenic bacteria in samples obtained from cultivation factor and dropwort of each process. (A) Total aerobic bacteria, (B) Coliform, and (C) *Bacillus cereus*. Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

감사의 말씀

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ009879)의 지원에 의해 수행된 것임.

요 약

본 연구는 미나리 수확 후 처리환경의 미생물학적 위해요소를 조사하기 위해 4개 지역의 미나리 재배농가 9곳을 선정하였다. 미나리 재배농가로부터 다양한 시료를 채취하여 위생지표세균과 병원성 미생물(*Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus*)에 대한 오염도를 조사하였다. 먼저, 9개 농가의 재배환경의 미생물 오염도를 분석한 결과 총 호기성 세균과 대장균군이 각각 0~7.00, 0~4.25 log CFU/g, mL, or 100 cm^2 수준으로 검출되었다. 대장균(*E. coli*)은 몇몇 농가의 토양, 관개용수, 세척수 및 작업자의 손에서 양성반응을 확인하였으며, 양성반응이 관찰된 농가의 경우 작물인 미나리에서도 양성반응을 보였다. 병원성 미생물 중 *B. cereus*는 토양에서 가장 많이 검출되었으며, 한 농가의 미나리를 제외한 모든 농가의 세척 후 미나리에서 평균 1.2 log CFU/g수준으로 검출되었다. 황색포도상구균은 세척 후 미나리에서 한 건 정성적으로 검출되었으며, 이외에 다른 병원성 미생물은 관찰되지 않았다. 미나리의 경우 손질 및 세척 후에도 오염도가 유사하거나 오히려 다소 증가하는 경향을 보였다. 이상의 결과 미나리 생산농가의 수확 후 처리 시설 및 작업자에 의해 미생물의 교차오염 가능성이 있으므로 이에 대한 위생관리를 철저히 해야 한다. 또한, 안전성이 확보된 미나리 생산을 위해서는 GAP와 같은 관리제도의 적용이 필요하다.

참고문헌

1. Kim, M.J., Yang, S.A., Park, J.H., Kim, H.I. and Lee, S.P. Quality characteristics and anti-proliferative effects of dropwort extracts fermented with fructooligosaccarides on HepG2 cells. *Korean J. Food Sci. Technol*., **43**, 432-437 (2011).
2. Lee, S.H. and Kim, J.H.: Fermentation and quality characteristics of *Cheonggukjang* with addition of dropwort (*Oenanthe javanica* D.C.) powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*., **42**, 1133-1138 (2013).
3. Son, M.J., Cha, C.G., Park, J.H., Kim, C.S., and Lee, S.P.: Manufacture of dropwort extract using brown sugar, fructose syrup and oligosaccharides. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*., **34**, 1485-1489 (2005).
4. Park, S.J., Lee, K.S., and An, H.L.: Effects of dropwort powder on the quality of castella. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, **17**, 834-839 (2007).
5. Choi, J.W., Park, S.Y., Yeon, J.H., Lee, M.J., Chung, D.H., Lee, K.H., Kim, M.G., Lee, D.H., Kim, K.S., and Ha, S.D.: Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. *J. Fd Hyg. Safety*, **20**, 43-47 (2005).
6. Choi, J.W., Park, S.Y., Yeon, J.H., Lee, M.J., Chung, D.H., Lee, K.H., Kim, M.G., Lee, D.H., Kim, K.S., and Ha, S.D.: Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. *J. Fd Hyg. Safety*, **20**, 4347 (2005).
7. Beuchat, L.R., Harris, L.R., Linda, J., Ward, T.E. and Kajs, T.M.: Development of a proposed standard method for assessing the efficacy of fresh produce sanitizers. *J. Food Prot.*, **64**, 1103-1109 (2001).
8. Harris, L.J., Beuchat, L.R. Kajs, T.M. Ward, T.E. and Taylor, C.J.: Efficacy and reproducibility of a produce wash in killing *Salmonella* on the surface of tomatoes assessed with a proposed standard method for produce santizers, *J. Food Prot.*, **64**, 1477-1482 (2001).
9. Sun, S.H., Kim, S.J., Kim, G.C., Kim, H.R., and Yoon, K.S.: Changes in quality characteristics of fresh-cut produce during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. Technol*. **43**, 495-503 (2011).
10. Cho, S.D., Park, J.Y., Kim, E.J., Kim, D.M. and Kim, G.H.: Quality evaluation of freshcut products in the market. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*., **36**, 622-628 (2007).
11. Choi, Y.D., C.W. Lee, J.S. Kim, D.H. Chung, and W.B. Shim. Investigation of hazards from onions and their cultivation areas to establish a good agricultural practices (GAP) model. Korean *J. Food Sci. Technol.*, **45**, 785-790 (2013).
12. Shim, W.B., Kim, K.Y., Yoon, Y.H., Kim, J.E., Shim, S.I., Kim, Y.S. and Chung, D.H.: Microbiological hazard analysis for strawberry farms at the harvest stage to establish good agricultural practices (GAP) model based on principle of HACCP. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **45**, 104-110 (2013).
13. 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).
14. Nam, M.J., D.Y. Chung, W.B. Shim, and D.H. Chung.: Hazard analysis for the application of good agricultural practices (GAP) on paprika during cultivation. *J. Fd. Hyg.*, **26**, 273-282 (2011).
15. 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).
16. 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).
17. KFDA : Korean Food code. Korean Food and Drug Administration, Seoul, Korea. 75-105 (2002).
18. Aznar, R. and Alarcón, B.: PCR detection of *Listeria monocytogenes*: a study of multiple factors affecting sensitivity. *J. Appl. Microbiol.*, **95**, 958-966 (2003).
19. 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).
20. 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).

21. Kim, H.S., Jung, J.Y., Kim, H.K., Ku, K.M., Suh, J.K., Park, Y., and Kang, Y.H.: Influences of meteorological conditions of harvest time on water-soluble vitamin contents and quality attributes of oriental melon. *J. Bio-Environ. Cont.* **20**, 290-296 (2011).
22. Cho, S.K., Kwon, H.S., and Park, J.H.: Microbe and quality changes of ready-to-eat lettuce during storage at different temperatures. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **39**, 1867-1872 (2010).
23. Kim, W.I., Jo, A.R., Lee, J.H., Kim, S.R., Park, K.H., Nam, K.W., Yoon, Y.H., Yoon, D.H., Oh, S.Y., Lee, M.H., Ryu, J.G., and Kim, H.Y.: Survey of microbial contamination of tomatoes at farms in Korea. *J. Fd Hyg. Safety*, **28**, 324-329 (2013).
24. Solomon, E.B., Potenski, C.J., and Mattews, K.R.: Effect of irrigation method on transmission to and persistence of *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce. *J. Food Protect*., **65**, 673-676 (2002).
25. Mitra, R., Cuesta-Alonso, E., Wayadande, A., Talley, J., Gilliland, S. and Fletcher, J.: Effect of route of introduction and host cultivar on the colonization, internalization, and movement of the human pathogen *Escherichia coli* O157:H7 in spinach. *J. Food Prot.*, **72**, 1521-1530 (2009).
26. Lehto, M., Kuisma, R., Määttä, J., Kymäläinen, H.R., and Mäki, M.: Hygienic level and surface contamination in fresh-cut vegetable production plants. *Food Control*, **22**, 496-475 (2011).
27. Rural Development Administration. Textbook for training GAP inspector. RDA, Suwon, Korea. pp. 59-64 (2012).
28. Rangarajan, A., Bihn, E.A., Pritts, M.P., and Gravani, R.B.: Food safety begins on the farm: Postharvest Handling. Cornell university, Ithaca,New York, USA. pp. 1-3 (2008).