pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 35, No. 5, pp. 477~488 (2020)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2020.35.5.477

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

# 남부지방 부추와 재배환경의 식품매개병원균의 분포

**정지은[1] · 오광교[1] · 서승미[1] · 양수인[1] · 정규석[2] · 노은정[3] · 류재기[1]***
[1]국립농업과학원 농산물안전성부 유해생물팀
[2]경기도농업기술원, [3]국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과

# Distribution of Foodborne Pathogens from Garlic Chives and Its Production Environments in the Southern Part of Korea

Jieun Jung[1], Kwang Kyo Oh[1], Seung-Mi Seo[1], Suln Yang[1], Kyu-Seok Jung[2], Eunjung Roh[3], Jae-Gee Ryu[1]*
[1]*Microbial Safety Team, Agro-food Safety & Crop Protection Department, National Institute of Agricultural Science (NIAS), Rural Development Administration (RDA), Wanju, Korea*
[2]*Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, 283-33 Byeongjeomjungang-ro, Hwaseong, Korea*
[3]*Crop protection Division, Department of Agro-food safety and Crop protection, National Institute of Agriculture Sciences (NAS), Rural Development Administration, Wanju, Korea*

(Received September 21, 2020/Revised October 2, 2020/Accepted October 19, 2020)

**ABSTRACT -** Recently, foodborne illness outbreaks linked to fresh produce are being increasingly reported in the United States, the EU, and Korea as well. Some of this increase may be due to improved surveillance, increase in consumption, change in consumers' habits, and complex distribution systems. Garlic chive is a green, fresh-cut vegetable consumed year-round as a nutrition-rich herb in Korea. It is also prone to contamination with foodborne pathogens during pre-harvest, as amendment with high amounts of livestock manure or compost to soil is required in its cultivation. Our aim in this study was to evaluate microbial contamination of garlic chives, garlic chives cultivation soil, compost, and irrigation water in the southern part of Korea. Samples were collected in A, B, and C regions in 2019 and 2020, and 69, 72, 27, and 40 of garlic chives, soil, compost, and irrigated water, respectively, were analyzed for the presence of sanitary indicator bacteria (total aerobic bacteria, coliforms and *Escherichia coli*), *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, pathogenic *E. coli*, *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* spp. In A, B, and C regions, levels of total aerobic bacteria, coliform, *B. cereus*, and *S. aureus* on all samples were between 1.14 and 8.83 log CFU/g, 0.43 and 5.01 log CFU/g, 0.41 and 5.55 log CFU/g, and 1.81 and 6.27 log CFU/g, respectively. *B. cereus* isolated from garlic chives and environmental samples showed β-hemolysis activity. Incidence of *S. aureus* in garlic chive and its production environments in 2020 was different from 2019. In this study, *B. cereus* and *S. aureus* were the only pathogenic microorganisms detected in all samples. As a result, this work suggests that continuous monitoring in the production and pre-harvest environment is required to improve hthe hygiene and safety of garlic chive.

**Key words :** Garlic chive, Production environment, Microbial contamination, Pathogenic microorganism

부추(*Allium tuberosum* Rottl)는 파속에 속하는 다년생 채소로 백합과에 속하는 *Allium*속 식물로 엽경채류로 분류된다[1,2]. 기온이 18-20°C이고 토양 수분 80-90%, 토양 습도 80%, 일조량이 많을수록 부추의 품질이 향상되며, 부추는 연중 재배가 가능하며 생육 20일 후면 수확이 가능하고 보통 4-5회 수확을 한다[1,2]. 국내 부추 주산지는 양주, 양평, 남양주 등 중부지방과 포항, 경주, 함안 등 남부지방에서 집중 재배되고 있으며, 부추는 크게 노지재배와 시설재배로 나뉘어 노지재배는 4월부터 10월까지 수확을 하고 시설재배는 10월 하순부터 4월까지 수확한다[1]. 남부지방을 중심으로 10월 하순부터 5월 상순까지 하우스재배하며 남부지방에서 수확된 겨울 부추는 그 시기에 전국적으로 유통된다[1].

*Correspondence to: Jae-Gee Ryu, Microbial Safety Team, Agro-food Safety&Crop Protection Department, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, 166 Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeonbuk 55365, Korea
TEL: +82-63-238-3403, Fax: +82-63-238-3840
E-mail: jgryu@korea.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

우리나라 국민의 소득 향상 및 1인 가구의 증가, 간편식 시장의 성장으로 인해 과일과 채소의 수요가 증가하고 있다[3]. 과일과 채소의 소비가 증가되면서 다양한 종류의 과일과 채소로 인한 식중독이 발생되고 있다. 2014년부터 2018년까지 국내 여름철 식중독 발생 통계 자료에 따르면 병원성대장균(52%), *Campylobacter* (12%), *Salmonella* (11%) 등 병원성균에 의해 식중독이 발생하고 있으며 그 중 병원성대장균은 채소류(29%), 육류(14%), 지하수(8%) 등 다양한 원인식품으로 인해 식중독이 발생되고 있다[4]. 병원성대장균 외에도 신선편의 샐러드와 유기농 채소류, 신선 채소류에서 *Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* 등 다양한 균의 검출이 보고되고 있다[5,6]. 미국 식품의약국(FDA)에서 적양파, 샐러드, 새싹채소, 혼합된 과일, 멜론 등 채소와 과일로 인해 매년 세균성 식중독 환자가 있으며 *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli, E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. 등의 세균이 검출되었다고 보고하였다[7]. 미국 질병통제 예방센터(CDC)에서 보고된 바에 따르면, 냉동 채소류, 알팔파 새싹, 로메인상추, 복숭아, 양파에서 *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Enteritidis, *Salmonella* Newport 등의 검출이 보고되었다[8]. 이와 같이 농산물에 의한 식중독 사고는 매년 발생하고 있으며, 부추와 같이 생으로 먹는 신선 채소류는 식중독 세균에 의한 식중독사고가 발생될 우려가 상존하고 있다. 부추는 토양과 접촉하여 자라는 작물로 토양서식균인 *B. cereus*가 재배환경 관리상태에 따라 부추로 오염될 수 있으며, 특히 미부숙 가축분 퇴비를 사용하게 되면 퇴비에 생존하고 있는 병원성 *E. coli* 등 식품매개 병원성세균이 부추에 오염될 수 있다[9].

신선 농산물은 생으로 섭취하거나 최소한의 가공 처리 후 바로 섭취하기에 미생물을 가장 우려하며 식중독 발생을 야기시킬 수 있다[10]. 신선 농산물인 부추는 세척 후 바로 섭취하기에 재배, 유통, 보관 단계에서 오염된 식중독 세균으로 인한 식중독 발생 우려가 있으므로 미생물 안전에 주의가 필요하다. 부추의 식중독 세균의 오염도[6,11]와 부추와 재배 토양의 병원성 균의 오염도[9], 부추 재배 토양과 농업용수의 오염도[11]와 같이 부추의 오염실태에 대한 연구는 수행되었지만, 부추와 토양, 퇴비, 농업용수 등 재배 환경의 오염실태와 부추의 병원성 균주의 오염원 등 부추와 재배 환경과의 관계에 대해서는 아직 연구가 미미한 편이다. 따라서, 부추의 집단 재배지 중 겨울 재배 주산지인 남부지방의 3지역 총 9개 농가에서 부추와 부추재배 토양, 퇴비, 농업용수를 수집하여 식중독 병원성 미생물 오염 실태를 조사 및 파악하고 주요 오염원을 구명하고자 하였다.

## Materials and Methods

### 검체 채취 대상 및 방법

2019년 2월과 5월, 2020년 6월에 부추 주산지인 남부지방의 A, B, C 3지역, 지역별 3농가, 총 9개 시설재배 농가에서 부추 66개 시료와 부추가 재배되고 있는 토양 72개 시료, 퇴비 39개 시료, 농업용수 43개 시료를 채취하였다. 부추 채취 시 교차 오염을 방지하기 위해 라텍스 장갑과 멸균된 가위를 이용하여 부추를 수집하였으며 부추와 토양, 퇴비는 멸균 백에 농업용수는 멸균된 채수병에 넣어 냉장 상태로 실험실로 운반한 후 부추와 환경시료의 식중독 병원성 세균 오염도 조사를 실시하였다.

### 시료의 정량적 분석

식품 기준 및 규격의 미생물시험법[12]에 의거하여 미생물 실험을 수행하였다. 부추와 토양, 퇴비의 위생지표세균(일반세균수, 대장균군, 대장균)은 건조필름배지(3M Petrifilm aerobic count plate, 3M Petrifilme *E.coli*/Coliform count plate, 3M, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 colony를 계수하였다. 농업용수의 일반세균수는 건조필름배지(3M Petrifilm aerobic count plate)를 이용하여 colony를 계수하였고, 농업용수의 대장균군과 대장균 분석을 위하여 Colilert 18 (IDEXX Laboratories, Westbrook, ME, USA) kit[13]와 건조필름배지를 이용하여 농업용수의 대장균군과 대장균을 측정하였다.

### 병원성 *E. coli, E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes, Salmonella* spp. 정성적 분석

병원성 *E. coli*의 오염도를 확인하기 위해 채취한 시료 25 g을 BPW (Buffered Peptone Water, Difco, Sparks, MD, USA) 225 mL에 넣어 균질화한 뒤 37°C에서 3시간 배양 후 EC medium (Oxoid Ltd., Basingstroke, Hamsphire, UK)에 증균배양액을 1 mL분주한 후 18-24시간 배양하였다. *E. coli* O157:H7은 시료 25 g에 mEC (EC medium modified, Difco, Sparks, MD, USA) 225 mL에 넣어 균질화한 후 37°C에서 18-24시간 배양하였다. *L. monocytogenes*와 *Salmonella* spp.은 LEB (Listeria Enrichment Broth, Difco, Sparks, MD, USA)와 BPW에서 1차 증균한 배양액 1 mL를 FB (Fraser Broth Base, Difco, Sparks, MD, USA)와 RV (Rappaport-Vassiliadis R10 Broth, Difco, Sparks, MD, USA)에 분주하여 2차 증균하였다. 병원성 *E. coli, E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp. 각각의 증균 배양액을 EMB (Eosin Methylene Blue Agar, Levine, Oxoid Ltd., Basingstroke, Hamsphire, UK), SMA (MacConkey Sorbitol Agar, Difco, Sparks, MD, USA), OA (Oxford medium base, Difco, Sparks, MD, USA), XLD (Xylose Lysine Desoxycholate Agar, Difco, Sparks, MD, USA)배지에 획선도말하고 35±2°C에서 24시간 배양하였다. 의심 colony는 TSA에 1,2차 순수 분리한 후 PCR Detection Kit (KogeneBiotech, Seoul, Korea)을 사용하여 식중독 병원균 여부를 확인하였다(Table 1). 모든 의심 집

**Table 1.** Pathogenic gene used PCR method in this study

| Pathogen | | Target gene | Amplicon size (bp) |
|---|---|---|---|
| *Escherichia coli* | EHEC | VT1(Stx1) | 637 |
| | | VT2(Stx2) | 297 |
| | ETEC | LT | 530 |
| | | ST(STh/STp) | 167 |
| | EAEC | aggR | 757 |
| | EPEC | bfpA | 400 |
| | | eaeA | 231 |
| | EIEC | ipaH | 141 |
| *Bacillus cereus* | | groEL | 303 |
| *Staphylococcus aureus* | | femA | 264 |
| *Listeria monocytogenes* | | prfA | 450 |
| *Salmonella* spp. | | invA | 640 |

락에 대한 PCR 검정 결과 음성인 경우 ND (not detected)로 표시하였다.

### *B. cereus*의 정량 및 정성적 분석

*B. cereus*의 정량 및 정성 분석을 실시하였다. 채취한 시료 25 g을 BPW 225 mL에 넣어 균질화한 후 MYP (Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar, Oxoid Ltd., Basingstroke, Hants, UK) 배지에 도말하여 28°C에서 24시간 배양한 후 의심되는 colony를 계수하였다. 의심 colony는 TSA (Tryptic Soy Agar, Difco, Sparks, MD, USA)에 1, 2차 단일 colony 분리한 후 PCR Detection Kit (KogeneBiotech, Korea)을 사용하여 *B. cereus* 균주 확인 및 식중독 병원균 여부를 확인하였다(Table 1). 모든 의심 집락에 대한 PCR 검정 결과, 양성인 결과만을 계수하였으며, 음성인 경우 ND (not detected)로 표시하였다.

### *B. cereus*의 염기서열 분석 및 계통수 작성

부추와 재배환경 시료로부터 분리된 *B. cereus*의 유전학적 계통수(phylogenetic tree) 작성을 통한 분리 균주 간에 관계를 확인하고자 마크로젠에 의뢰하여 16S rRNA 염기서열을 분석하였다. 분석된 16S rRNA 염기서열은 BioEdit을 사용하여 multiple sequence alignment 후 molecular evolutionary genetics analysis (MEGA, version X, Institute of Molecular Evolutionary Genetics, Pennsylvania State University, State College, PA, USA)을 사용하여 계통수를 작성하였다.

### *B. cereus*의 β-hemolysis 활성

*B. cereus*의 β-hemolysis 활성은 Hwang 등[14]의 방법을 수정하여 측정하였다. *B. cereus* 의심 균주를 7% sheep blood를 첨가한 sheep blood agar (Oxoid Ltd., Basingstroke, Hants, UK)에 계대하여 37°C에서 24시간 배양 후 colony 주변에 clear zone 형성 유무를 통해 β-hemolysis 활성을 확인하였다.

### *S. aureus*의 정량 및 정성적 분석

*S. aureus*의 정량 및 정성 분석을 실시하였다. 정량 분석을 위해 채취한 시료 25 g을 BPW 225 mL에 넣어 균질화한 뒤 BPA (Baird-Parker Agar, Difco, Sparks, MD, USA)배지에 도말하여 37℃에서 24시간 배양한 후 의심되는 colony를 계수하였다. 정성 분석을 위해 시료 25 g을 10% NaCl 포함된 TSB 225 mL에 넣어 균질화한 후 37°C에서 18-24시간 배양하였다. 증균액을 BPA 배지에 획선 도말한 후 37°C에서 24시간 배양한 후 의심되는 colony를 TSA에 1,2차 순수 분리한 후 PCR Detection Kit (KogeneBiotech, Seoul, Korea)을 사용하여 식중독 병원균 여부를 확인하였다(Table 1). 모든 의심 집락에 대한 PCR 검정 결과, 양성인 결과만을 계수하였으며, 음성인 경우 ND (not detected)로 표시하였다.

## Results and Discussion

### 부추와 재배환경의 일반세균 수 오염도

부추와 재배토양, 퇴비, 농업용수 시료는 A지역 3농가와 B지역 3농가에서 2019년 2월과 2020년 6월에 채취하였고, C지역 3농가에서는 2019년 5월과 2020년 6월에 채취하였다. 2019년 A, B, C지역 일반세균수 측정 결과는 Table 2와 같다. 부추에서는 7.20±0.55, 6.92±0.58, 7.26±0.32 log CFU/g, 토양에서는 6.26±0.14, 7.32±0.29, 6.61±0.19 log CFU/g, 퇴비에서는 7.69±0.93, 8.30±0.19, 7.74±0.96 log CFU/g이었다. 농업용수의 일반세균수는 측정하지 않았다. 2020년 A, B, C지역 일반세균수 계수한 결과는 Table 2와 같다. 부추에서는 7.17±0.42, 6.29±0.49, 7.35±0.43 log CFU/g이 계수되었으며, 토양에서는 6.76±0.11, 6.48±0.43, 6.74±0.18 log CFU/g이며, 퇴비에서는 8.23±0.12, 7.25±0.41, 8.83±0.02 log CFU/g이었으며, 농업용수에서는 2.83±1.38, 1.14±1.10, 2.04±0.16 log CFU/100 mL이 계수되었다. 일반호기성세균의 밀도는 식품의 생산, 가공 및 유통사의 위생조건 및 잠재적 식품 부패 등을 판정할 수 있는 지표로 사용되고 있다[15]. World Health Organization (WHO)은 신선 채소에 대해 총 호기성 세균수 오염한도를 $10^7$ CFU/g으로 설정하였으며, 홍콩은 총 호기성 세균수의 오염한도를 설정하지 않았다[16,17]. Seol 등[18]이 보육시설과 유치원 급식에 보급되는 부추의 일반세균 수를 조사한 결과, 4.76-5.93 log CFU/g이 검출되었으며, Bae 등[6]이 유통 중인 부추를 조사한 결과 4.15-7.91 log CFU/g이 검출되었다. 본 연구에서 조사한 부추의 일반세균은 $10^7$ CFU/g의 밀도로 앞선 연구 결

**Table 2.** Population density of total aerobic bacteria, coliforms, and *E. coli* in garlic chives and its production environments in 2019 and 2020

| Region | Sample | TAB[2] log CFU/g | | | | | Coliform log CFU/g (positive sample/sample tested ) | | | | *E. coli* log CFU/g (positive sample/sample tested ) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2019 | | | 2020 | | 2019 | | 2020 | | 2019 | | 2020 | |
| A | Garlic chive | n[1]=15 | 7.20±0.55[b]* | n=9 | 7.17±0.42[b] | n=15 | 3.14±2.37[a] (10/15) | n=9 | 2.96±0.30[b] (5/9) | n=15 | ND[3] | n=9 | ND | |
| | Soil | 15 | 6.26±0.14[a] | 9 | 6.76±0.11[b] | 15 | 3.17±0.76[a] (15/15) | 9 | 4.03±0.46[c] (9/9) | 15 | ND | 9 | ND | |
| | Compost | 6 | 7.69±0.93[c] | 9 | 8.23±0.12[c] | 6 | ND | 9 | 0.67±0.21[a] (2/9) | 6 | ND | 9 | ND | |
| | Irrigation water[5] | 6 | NT[4] | 9 | 2.83±1.38[a] | 6 | 22.89±21.27[b] (2.00-65.70)[6] (6/6) | 9 | 0.28±0.67[a] (-0.78-1.20) (6/9) | 6 | 1.0 (1/6) | 9 | 1.0[7] (1/9) | |
| B | Garlic chive | 15 | 6.92±0.58[b] | 6 | 6.29±0.49[b] | 15 | 1.88±1.09[a] (3/15) | 6 | 3.13±0.93 (6/6) | 15 | ND | 6 | ND | |
| | Soil | 15 | 7.32±0.29[a] | 9 | 6.48±0.43[b] | 15 | 2.64±0.47[a] (15/15) | 9 | 3.56±1.42 (9/9) | 15 | ND | 9 | ND | |
| | Compost | 6 | 8.30±0.19[c] | 6 | 7.25±0.41[b] | 6 | ND | 6 | ND | 6 | ND | 6 | ND | |
| | Irrigation water | 6 | NT | 9 | 1.14±1.10[a] | 6 | 3.10±3.64[b] (1.00-7.30) (6/6) | 9 | ND | 6 | <1.0 (0/6) | 9 | ND | |
| C | Garlic chive | 15 | 7.26±0.32[b] | 6 | 7.35±0.43[c] | 15 | 5.01±1.07[a] (8/15) | 6 | 4.04±0.66[b] (4/6) | 15 | ND | 6 | ND | |
| | Soil | 15 | 6.61±0.19[a] | 9 | 6.74±0.18[b] | 15 | 3.23±0.81[a] (11/15) | 9 | 3.51±0.30[b] (9/9) | 15 | 1.78±0.33 (4/15) | 9 | ND | |
| | Compost | 3 | 7.74±0.96[c] | 9 | 8.83±0.02[d] | 3 | ND | 9 | ND | 3 | ND | 9 | ND | |
| | Irrigation water | 4 | NT | 9 | 2.04±0.16[a] | 4 | 1217.03±1285.62[b] (7.50-2419.60) (4/4) | 9 | 0.43±0.44[a] (0.12-1.26) (6/9) | 4 | 1.0 (1/4) | 9 | ND | |

[1]Number of samples.
[2]Total Aerobic Bacteria.
[3]Not detected.
[4]Not tested.
[5]MPN/100 mL in 2019, log CFU/100 mL in 2020.
[6]Colifrom detection range in irrigation water.
[7]CFU/100 mL.
*All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. [a-c]Values with different letter of same category are significantly different at $P<0.05$ by a Turkey's multiple rage test.

과에 비해 다소 높은 일반세균 밀도를 보였으며, WHO의 신선 채소 세균수 오염한도보다도 높은 밀도를 보였다. 부추는 세척 후 바로 섭취하는 경우가 많으므로 부추 내 일반세균수가 많이 존재하면 품질 저하 및 식중독균의 생존에 유리할 수 있으므로 재배 및 수확, 저장 등 주의가 필요하다. Yang 등[9]이 부추와 부추 재배 토양의 일반세균수를 조사한 결과, 토양보다 부추에서 더 많은 일반세균수가 검출되었다고 보고하였다. A지역과 C지역의 부추에서 부추 재배 토양보다 높은 일반세균수가 계수되었으며, 퇴비의 일반세균수는 부추보다 높았다.

### 부추와 재배환경의 대장균군과 대장균 오염도

토양과 퇴비 등으로 인한 부추의 장내세균 오염도를 알아보기 위해 부추와 토양, 퇴비, 농업용수의 대장균군과 대장균 오염도를 조사하였다. 2019년 수집한 시료의 대장균군을 조사한 결과는 Table 2와 같다. A 지역 부추에서 3.14±2.37 log CFU/g, 토양에서 3.17±0.76 log CFU/g, 농업용수에서 22.98±21.27 MPN/100 mL이 계수되었다. B 지역 부추에서 1.88±1.09 log CFU/g, 토양에서 2.64±0.47 log CFU/g, 농업용수에서 3.10±3.64 MPN/100 mL이 계수되었다. C 지역 부추에서 5.01±1.07 log CFU/g, 토양에서 3.23±0.81 log CFU/g, 농업용수에서 1217.03±1285.62 MPN/100 mL이 계수되었다. 2019년 남부지방에서 채취한 시료 간의 대장균균 밀도를 비교한 결과, 부추와 토양은 유의적 차이가 없었지만, 부추와 농업용수는 유의적 차이가 있었다. 2019년 남부지방에서 채집한 퇴비에서는 대장균군이 검출되지 않았다. 2020년 채취한 시료의 대장균군을 조사한 결과는 Table 2와 같다. A 지역 부추에서 2.96±0.30 log CFU/g, 토양에서 4.03±0.46 log CFU/g, 퇴비에서 0.67±0.21 log CFU/g, 농업용수에서 0.28±0.67 log CFU/100 mL이 계수되었다. B 지역 부추에서 3.13±0.93 log CFU/g, 토양에서 3.56±1.42 log CUF/g이 계수되었지만, 퇴비와 농업용수에서는 검출되지 않았다. C 지역 부추에서 4.04±0.66 log CFU/g, 토양에서 3.51±0.30 log CFU/g, 농업용수에서 0.43±0.44 log CFU/100 mL이 계수되었지만, 퇴비에서는 검출되지 않았다. 대장균군은 물과 농산물, 식품에서의 분변 오염 지표로 사용되고 있다[15]. 본 연구에서 채취한 시료의 대장균군을 시료별로 비교한 결과 A와 B 지역의 모든 농가 부추는 토양보다 낮은 대장균군 균수가 검출되었지만, C 지역 3 농가 모두 부추에서 토양보다 높은 대장균군 균수가 검출되었다. 3지역의 농업용수에서 대장균군이 모두 검출되었으며, C지역의 한 농가에서 다른 농가에 비해 높은 대장균군 균수가 검출되었다(data not shown). Yang 등[9]과 Park 등[11]은 부추 재배 토양보다 부추에서 더 높은 대장균군이 검출되었다고 보고하였다. 대장균군은 토양과 퇴비, 농업용수 등 재배환경에서 다양한 경로로 농작물에 오염된다[19]. 부추에서 더 높

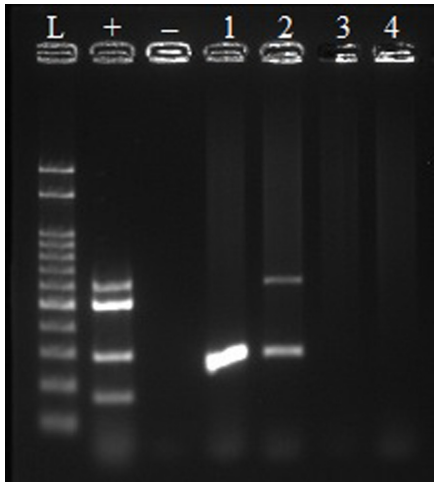


**Fig. 1.** PCR reactions of *E. coli* isolates. L: size maker, +: positive control (VT1; 637 bp, LT; 530 bp, VT2; 297 bp, ST; 167 bp), -: negative control, 1-3: soil isolates from C region in 2019, 4: irrigation water from A region in 2020.

게 대장균군이 검출된 이유로 토양 이외 재배기간 동안 오염된 농업용수의 사용, 토양과 다른 이물질로 오염된 작업도구의 사용 등 작업환경에 의해 부추가 토양보다 대장균군의 균수가 높은 것으로 판단된다. A지역은 유통퇴비와 자가제조퇴비를, B지역은 자가제조퇴비를, C지역은 유통퇴비를 사용한다. 2020년 A지역 자가제조 퇴비에서 0.67±0.21 log CFU/g 농도의 대장균군이 계수되었지만, 2019년 A지역 퇴비에서 대장균군이 검출되지 않았고, B와 C지역 퇴비에서는 2019년과 2020년 모두 대장균군이 검출되지 않았다. 2020년 A지역의 대장군균이 검출된 퇴비의 부숙도는 4-5단계로 부숙이 완료되지 않은 퇴비였다. 자가제조 퇴비생산 과정의 비위생적인 관리로 인해 대장균군이 검출된 것으로 판단된다. 부숙이 완료된 퇴비의 사용과 위생적인 퇴비 생산환경 관리가 필요하다.

2019년 채취한 시료의 대장균을 정량분석한 결과, A와 B 지역의 부추와 토양, 퇴비에서 모두 불검출되었지만, A 지역 농업용수에서 1.0 MPN/100 mL, B 지역 농업용수에서 <1.0 MPN/100 mL가 계수되었다. C 지역의 경우 부추와 퇴비에서는 불검출되었지만, 토양에서 1.78±0.33 log CFU/g, 농업용수에서 1.0 MPN/100 mL가 계수되었다(Table 2). 2019년 C지역 토양에서 분리한 colony를 PCR을 통해 병원성 유전자를 확인한 결과, VT2 유전자가 확인되었다(Fig. 1). 2020년 채취한 시료의 대장균을 정량분석한 결과, A지역 농업용수에서 1.0 CFU/100 mL가 검출된 것을 제외하고 3지역 모두 부추, 토양, 퇴비, 농업용수에서 불검출되었다(Table 3). 2020년 A 지역 농업용수에서 분리한 *E. coli* 1 colony를 PCR을 통해 병원성 유전자 유무를 확인한 결과, 병원성 유전자가 확인되지 않았다(Fig. 1).

### 부추와 재배환경의 병원성 미생물 오염도

부추와 재배 토양, 퇴비, 관개수의 병원성 미생물 오염도를 조사하였다. 병원성 미생물을 검출하기 위하여 각 시료를 증균 배지와 선택 배지에서 배양하고, 배양 후 의심 colony는 PCR을 통해 확인하였다. 3 지역의 병원성 *E. coli*, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp.을 측정한 결과, *E. coli*, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp.는 불검출되었지만, *B. cereus*와 *S. aureus*는 부추와 토양, 퇴비, 농업용수에서 검출되었다(Table 3). 2019년 채취한 시료에서의 *B. cereus* 검출율은 A지역 부추에서 20%, 토양에서 93.3%, 퇴비에서 66.7% 검출되었고, B지역 부추에서 6.7%, 토양에서 93.3%, 퇴비에서 100% 검출되었으며, C지역 부추에서 13.3%, 토양에서 60% 검출되었다. 2020년 채취한 시료에서의 *B. cereus* 검출율은 A지역 부추에서 55.6%, 토양에서 100%, 퇴비에서 77.8%, 농업용수에서 66.7%였으며, B지역 부추에서 50%, 토양에서 100%, 퇴비에서 33.3%검출되었고, C지역 부추에서 33.3%, 토양에서 100%, 퇴비에서 33.3%, 농업용수에서 33.3% 검출되었다. 2019년 채취한 시료에서의 *S. aureus* 검출율은 A지역 부추에서 6.7%, 토양에서 6.7%였으며, B지역과 C지역에서는 검출되지 않았다. 2020년 채취한 시료에서의 *S. aureus* 검출율은 A지역 토양에서 44.4%, 퇴비에서 11.1%, 농업용수에서 22.2%였으며, B지역 토양에서 11.1%, 퇴비에서 66.7% 검출되었으며, C지역 부추에서 16.7%, 토양에서 44.4%, 퇴비에서 66.7%가 검출되었다. 본 연구에서 병원성 *E. coli, E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes, Salmonella* spp. 등이 검출되지 않았지만, 식중독을 유발하는 *B. cereus*와 *S. aureus* 등이 검출되었다. 하지만, 식품 기준 및 규격보다 낮은 밀도의 *B. cereus*와 *S. aureus*가 부추에서 검출되었다.

### 부추와 재배환경의 *B. cereus* 오염도

2019년 채취한 부추와 부추 재배 토양, 퇴비의 *B. cereus*의 오염도를 정량 분석한 결과는 Table 4와 같다. A지역의 *B. cereus*를 측정한 결과, 부추에서 1.79±0.19 log CFU/g, 토양에서 5.55±0.30 log CFU/g, 퇴비에서 4.48±0.00 log CFU/g이 계수되었다. B지역의 경우, 부추에서 1.48 log CFU/g, 토양에서 5.51±0.49 log CFU/g, 퇴비에서 2.86±0.37 log CFU/g이 계수되었다. C지역의 경우, 부추에서 1.48±0.00 log CFU/g, 토양에서 5.13±0.43 log CFU/g, 계수되었지만, 퇴비에서는 검출되지 않았다. 3 지역 모두 농업용수에 대한 *B. cereus*의 정량적 분석은 수행하지 않았다. 2019년 채취한 부추의 *B. cereus* 밀도는 토양과 퇴비보다 유의적으로 낮았다. 2020년 채취한 부추와 토양, 퇴비, 농업용수의 *B. cereus*를 측정한 결과, A 지역 부추에서 2.65±0.57 log CFU/g, 토양에서 5.30±0.31 log CFU/g, 퇴비에서 1.47±1.14 log CFU/g, 농업용수에서 0.41±0.23 log CFU/100 mL가 계수되었다. A지역 부추의 *B. cereus* 밀도는 토양보다는 유의적으로 낮았지만, 퇴비와 농업용수보다는 유의적으로 높았다. B 지역 부추에서 1.69±0.17 log CFU/g, 토양에서 4.89±0.32 log CFU/g, 퇴비에서 2.82±0.00 log CFU/g이 계수되었으며, 농업용수에서는 불검출되었다. B 지역 부추의 *B. cereus* 밀도는 토양과 퇴비에 비해 유의적으로 낮았다. C 지역 부추에서 3.49±0.13 log CFU/g, 토양에서 4.93±0.28 log CFU/g, 퇴비에서 0.70±0.00 log CFU/g, 농업용수에서 0.73±0.10 log CFU/100 mL이 계수되었다(Table 4). C지역 부추의 *B. cereus* 밀도는 토양보다 유의적으로 낮았지만, 퇴비와 농업용수보다 유의적으로 높았다. *B. cereus*는 흔히 토양에 존재하여 농작물을 오염시키며, 사람에게 구토나 설사를 일으키는 식중독 세균이다[20]. 이전 보고된 연구에서 부추, 깻잎, 상추, 고추, 셀러리 등 농산물 내 *B. cereus* 밀도는 0.2-2.8 log CFU/g이었으며[21,22], Yang 등[9] 부추의 *B. cereus* 오염도를 조사한 결과 2.14-4.15 log CFU/g이 검출되었다고 보고하였다. 본 연구에서 채취해온 9농가 부추의 *B. cereus*의 오염 밀도는 2019년 1.48-1.79 log CFU/g, 2020년 1.69-3.49 log CFU/g이었다. 식품 기준 및 규격에 의하면 그대로 또는 단순조리과정을 거쳐 섭취할 수 있는 즉석 섭취 및 편의식품류의 경우 $10^3$ CFU/g 이하로 검출되어야 한다고 규정하고 있다[23]. 영국의 ready-to-eat (RTE) 식품에 대한 *B. cereus*의 기준은 $10^3$ CFU/g미만인 경우 섭취 안전, $10^3$-$10^5$ CFU/g인 경우 섭취 경계, $10^5$ CFU/g 이상인 경우 섭취 위험으로 설정하고 있다[24]. 유럽식품안전청(Europen Food Safety Authority) 보고서에 의하면 식품 내 *B. cereus* 오염농도가 $10^5$ CFU/g 이상이면 구토형 또는 설사형 식중독을 발병하지만, $10^3$-$10^5$ CFU/g 농도에서도 식중독이 발병할 수도 있다고 보고하였다[25]. 식품 섭취 전 *B. cereus*가 생성한 독소로 인해 구토형 식중독이 발병되지만, 식품 섭취 후 장관에서 *B. cereus*가 독소를 생성하여 설사형 식중독이 발병된다. 육제품과 수프, 채소, 소스 등의 식품 내 *B. cereus*는 설사형 식중독을 유발시키는 *B. cereus*는 주로 육제품과 수프, 채소, 소스 등에서 주로 발견되었다[24]. 본 연구에서 조사된 2019년과 2020년 부추의 오염 밀도는 1.48-3.49 log CFU/g으로 2020년 C지역을 제외한 다른 농가의 부추의 *B. cereus* 밀도는 식품 기준 및 규격의 *B. cereus* 기준보다 낮았지만, 온·습도 등의 병원균 생육에 유리한 환경조건은 농산물과 농업용수 내 병원균 밀도를 증가시킬 수 있으며, 토양과 농업용수 내 병원균의 다양성에 변화를 줄 수 있다[26]. 이러한 이유로 재배단계에서 낮은 *B. cereus* 균수가 유통 및 소비단계에서 증식할 가능성이 있으며, 낮은 오염밀도에서 식중독이 발생할 수 있기에

**Table 3.** Incidence of foodborne pathogens in garlic chives and its production environments in the southern part of Korea

| Region | Sampling date (year) | Sample | N[1)] | Foodborne pathogens (%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Pathogenic *E. coli* | *E. coli* O157:H7 | *B. cereus* | *S. aureus* | *L. monocytogenes* | *Salmonella* spp. |
| A | 2019 | Garlic chive | 15 | ND[2)] | ND | 3/15 (20.0) | 1/15 (6.7) | ND | ND |
| | | Soil | 15 | ND | ND | 14/15 (93.3) | 1/15 (6.7) | ND | ND |
| | | Compost | 6 | ND | ND | 4/6 (66.7) | ND | ND | ND |
| | | Irrigation water | 6 | ND | ND | NT[3)] | ND | ND | ND |
| | 2020 | Garlic chive | 9 | ND | ND | 5/9 (55.6) | ND | ND | ND |
| | | Soil | 9 | ND | ND | 9/9 (100.0) | 4/9 (44.4) | ND | ND |
| | | Compost | 9 | ND | ND | 7/9 (77.8) | 1/9 (11.1) | ND | ND |
| | | Irrigation water | 9 | ND | ND | 6/9 (66.7) | 2/9 (22.2) | ND | ND |
| B | 2019 | Garlic chive | 15 | ND | ND | 1/15 (6.7) | ND | ND | ND |
| | | Soil | 15 | ND | ND | 14/15 (93.3) | ND | ND | ND |
| | | Compost | 6 | ND | ND | 6/6 (100.0) | ND | ND | ND |
| | | Irrigation water | 6 | ND | ND | NT | ND | ND | ND |
| | 2020 | Garlic chive | 6 | ND | ND | 3/6 (50.0) | ND | ND | ND |
| | | Soil | 9 | ND | ND | 9/9 (100.0) | 1/9 (11.1) | ND | ND |
| | | Compost | 6 | ND | ND | 2/6 (33.3) | 4/6 (66.7) | ND | ND |
| | | Irrigation water | 9 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| C | 2019 | Garlic chive | 15 | ND | ND | 2/15 (13.3) | ND | ND | ND |
| | | Soil | 15 | ND | ND | 9/15 (60.0) | ND | ND | ND |
| | | Compost | 3 | ND | ND | ND | ND | | |
| | | Irrigation water | 4 | ND | ND | NT | ND | ND | ND |
| | 2020 | Garlic chive | 6 | ND | ND | 2/6 (33.3) | 1/6 (16.7) | ND | ND |
| | | Soil | 9 | ND | ND | 9/9 (100.0) | 4/9 (44.4) | ND | ND |
| | | Compost | 9 | ND | ND | 3/9 (33.3) | 6/9 (66.7) | ND | ND |
| | | Irrigation water | 9 | ND | ND | 3/9 (33.3) | ND | ND | ND |

[1)]Number of samples.
[2)]Not detected.
[3)]Not tested.

**Table 4.** Population density of *B. cereus* in garlic chives and its production environments in 2019 and 2020

| Region | Sample | 2019 | | 2020 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N[1)] | log CFU/g (positive sample/sample tested ) | N | log CFU/g (positive sample/sample tested ) |
| A | Garlic chive | 15 | 1.79±0.19[a,*] (3/15) | 9 | 2.65±0.57[b] (5/9) |
| | Soil | 15 | 5.55±0.30[c] (14/15) | 9 | 5.30±0.31[c] (9/9) |
| | Compost | 6 | 4.48±0.00[b] (4/6) | 9 | 1.47±1.14[a] (7/9) |
| | Irrigation water | 6 | NT[2)] | 9 | 0.41±0.23[a] (6/9) |
| B | Garlic chive | 15 | 1.48[a] (1/15) | 6 | 1.69±0.17[a] (3/6) |
| | Soil | 15 | 5.51±0.49[c] (14/15) | 9 | 4.89±0.32[c] (9/9) |
| | Compost | 6 | 2.86±0.37[b] (6/6) | 6 | 2.82±0.00[b] (2/6) |
| | Irrigation water | 6 | NT | 9 | ND[3)] |
| C | Garlic chive | 15 | 1.48±0.00[a] (2/15) | 6 | 3.49±0.13[b] (2/6) |
| | Soil | 15 | 5.13±0.43[c] (9/15) | 9 | 4.93±0.28[c] (9/9) |
| | Compost | 3 | ND | 9 | 0.70±0.00[a] (3/9) |
| | Irrigation water | 4 | NT | 9 | 0.73±0.10[a] (3/9) |

[1)]Number of samples.
[2)]Not tested.
[3)]Not detected.
*All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. [a-c]Values with different letter of same category are significantly different at $P<0.05$ by a Turkey's multiple rage test.

식중독 발생의 잠재적 위험성이 있다. 따라서, 남부지방 부추의 *B. cereus* 오염의 지속적인 모니터링이 필요하다고 판단된다.

2019년과 2020년 채취한 부추와 토양, 퇴비, 농업용수 시료에서 *B. cereus*가 모두 검출된 A 지역의 16S rRNA 염기서열을 분석하여 오염원을 파악하였다. A지역 부추와 환경시료에서 분리한 *B. cereus*의 16S rRNA 염기서열을 분석한 결과(Fig. 2), 부추와 토양, 부추와 퇴비에서 분리한 *B. cereus*의 염기서열 유사도가 높으며, 토양과 농업용수에서 분리한 *B. cereus*의 염기서열 유사도가 높았다. 시료 염기서열 간의 유사도가 높았다. 2019년 부추에서 1.79±0.19 log CFU/g, 토양에서 5.55±0.30 log CFU/g, 퇴비에서 4.48±0.00 log CFU/g 검출되었다. 2020년 부추에서 2.65±0.57 log CFU/g, 토양에서 5.30±0.31 log CFU/g, 퇴비에서 1.47±1.14 log CFU/g, 농업용수에서 0.41±0.23 log CFU/100 mL 검출되었다. 염기서열의 유사도와 *B. cereus* 오염 밀도를 미루어 보아 *B. cereus*에 오염된 토양과 퇴비에 사용으로 부추가 오염되거나 오염된 농업용수의 관개로 인한 토양이 오염되어 부추가 오염된 것으로 판단된다. *B. cereus*의 병원성 유전자의 서열분석과 계통분석을 수행하면 더 명쾌한 오염경로의 구명이 가능할 것으로 사료된다. Kim 등[27)]의 연구결과에 의하면 *B. cereus*로 오염된 상추의 오염원을 토양이라고 보고하였으며, 오염된 상추는 22일 동안 *B. cereus* 밀도가 유지되었다고 보고하였다. *B. cereus*와 *S. aureus*, *E. coli* 등 병원성균은 토양, 분변, 농업용수, 먼지, 작업자, 작업 도구 등 다양한 경로로 채소와 과일에 오염된다고 보고되었다[28)]. 본 연구에서는 하우스 내 먼지와 작업자, 작업도구 등 환경시료의 *B. cereus* 오염 실태를 조사하지 않았다. 향후 하우스 내부의 먼지와 공기, 작업자와 장갑, 작업도구 등 *B. cereus*의 오염 실태를 조사하여 부추의 *B. cereus*의 오염원과 오염경로를 구명할 필요가 있다.

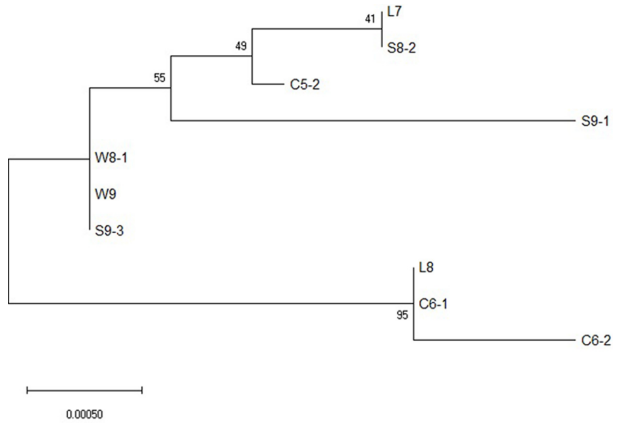


**Fig. 2.** Phylogenetic tree based on almost complete 16S rRNA sequences (>1,500 bp) of *Bacillus cereus* isolates from garlic chives and cultivated environments in A region. Strains in the same row are the genetic similarity. L7, L8: isolates from garlic chive, S8-2, S9-1, S9-3: isolates from soil, C5-2, C6-1, C6-2: *B. cereus* isolates from compost, W8-1, W9: isolates from irrigation water.

**Fig. 3.** β-Hemolysis activity of *Bacillus cereus* isolates garlic chive and its production environments on sheep blood agar. (A): negative isolate, (B)-(F): positive isolates.

### 부추와 재배환경으로부터 분리한 *B. cereus*의 β-hemolysis 활성

2019년과 2020년 채취한 부추와 부추 재배환경 시료로부터 분리한 *B. cereus* 164균주의 β-hemolysis 활성을 조사하였다. Haemolysin BL (HBL)은 *B. cereus*가 생성하는 설사형 식중독을 야기시키는 장독소로 β-hemolysis 활성을 통해 HBL을 확인할 수 있으며, *B. cereus* 균주 중 30-70%는 HBL 유전자를 보유하고 있다고 할 수 있다[14,25,29]. β-Hemolysis 활성을 가지는 균주는 혈액세포를 용혈시켜 colony 주변으로 clear zone이 형성된다(Fig. 3)[14]. 부추와 재배환경 시료로부터 분리한 *B. cereus*는 164균주 중에서 103균주에서 β-hemolysis 활성이 확인되었다. 분리된 *B. cereus*의 62.8% 균주가 β-hemolysis 활성을 지녔다(Table 5). 2019년 A와 C지역 부추에서 검출된 *B. cereus*는 100% β-hemolysis 활성을 지니며, 2020년 A지역 부추에서 66.7%, B지역 부추에서 80% β-hemolysis 활성을 지니는 *B. cereus*를 검출하였다. 2019년도 A지역과 B지역 토양과 퇴비, C지역 토양에서 β-hemolysis 활성을 지닌 *B. cereus*가 검출되었으며, 2020년도 A와 C지역 토양과 퇴비, 농업용수, B지역 토양과 퇴비에서 β-hemolysis 활성을 지닌 *B. cereus*가 검출되었다. 이전 보고된 연구에 따르면 *B. cereus* 오염된 토양과의 접촉을 통해 농작물이 *B. cereus*에 오염된다고 보고하였다[9,27,30]. 본 연구의 결과를 미루어 보아 오염된 토양 및 퇴비와의 접촉과 오염된 농업용수의 관수로 인하여 부추가 오염된 것으로 판단된다. 부추는 주로 가열하지 않고 세척 후 바로 섭취하기에 HBL 유전자를 지닌 *B. cereus*에 오염 밀도는 중요하다. 따라서, 부추가 재배기간 동안 환경으로부터 *B. cereus*가 교차 오염이 발생하지 않도록 취급에 주의할 필요가 있다.

**Table 5.** Distribution of *Bacillus cereus* isolates showing β-hemolysis isolated from garlic chives and its production environments

| Region | Source of isolation | Incidence of *B. cereus* (%)[1] | | Incidence of β-hemolysis (%)[2] | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 2019 | 2020 | 2019 | 2020 |
| A | Garlic chive | 3/3 (100.0) | 6/6 (100.0) | 3/3 (100.0) | 4/6 (66.7) |
| | Soil | 14/14 (100.0) | 26/28 (92.9) | 13/14 (92.9) | 10/26 (38.5) |
| | Compost | 4/4 (100.0) | 6/9 (66.7) | 4/4 (100.0) | 4/6 (66.7) |
| | Irrigation water | ND[3] | 6/9 (66.7) | ND | 5/6 (83.3) |
| B | Garlic chive | 1/1 (100.0) | 5/6 (83.3) | 0/1 (0.0) | 4/5 (80.0) |
| | Soil | 14/14 (100.0) | 24/28 (85.7) | 14/14 (100.0) | 11/24 (45.8) |
| | Compost | 6/6 (100.0) | 4/6 (66.7) | 5/6 (83.3) | 3/4 (75.0) |
| | Irrigation water | ND | ND | ND | ND |
| C | Garlic chive | 2/2 (100.0) | 4/4 (100.0) | 2/2 (100.0) | 0/4 (0.0) |
| | Soil | 9/9 (100.0) | 24/30 (80.0) | 8/9 (88.9) | 11/24 (45.8) |
| | Compost | ND | 1/3 (33.3) | ND | 1/1 (100.0) |
| | Irrigation water | ND | 5/9 (55.6) | ND | 1/5 (20.0) |

[1] PCR positive/isolated strain.
[2] β-hemolysis activity positive/PCR positive strain.
[3] Not detected.

**Table 6.** Population density of *S. aureus* in garlic chives and its production environments in 2019 and 2020

| Region | Sample | 2019 | | 2020 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N[1)] | log CFU/g (positive sample/tested sample) | N | log CFU/g (positive sample/tested sample) |
| A | Garlic chive | 15 | ND[2)] | 9 | ND |
| | Soil | 15 | NT[3)] | 9 | 2.62±0.78 (4/9) |
| | Compost | 6 | NT | 9 | 4.85 (1/9) |
| | Irrigation water | 6 | ND | 9 | 0.40 (2/9) |
| B | Garlic chive | 15 | ND | 6 | ND |
| | Soil | 15 | NT | 9 | 2.44 (1/9) |
| | Compost | 6 | NT | 6 | 3.78±0.25 (4/6) |
| | Irrigation water | 6 | ND | 9 | ND |
| C | Garlic chive | 15 | ND | 6 | 1.81 (1/6) |
| | Soil | 15 | NT | 9 | 2.50±0.24 (4/9) |
| | Compost | 3 | NT | 9 | 6.27±0.47 (6/9) |
| | Irrigation water | 4 | ND | 9 | ND |

[1)]Number of samples.
[2)]Not detected.
[3)]Not tested.
*All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations.

### 부추와 재배환경의 *S. aureus* 오염도

2019년과 2020년 3지역의 3농가씩 총 9개 시설재배 농가에서 채취해온 부추와 토양, 퇴비, 농업용수의 *S. aureus* 오염도를 조사하였다. 2019년 채취한 부추와 농업용수의 *S. aureus* 오염도를 분석한 결과, 3지역 모두 검출되지 않았다(Table 6). 2019년에 채취한 토양과 퇴비의 *S. aureus* 오염 밀도는 조사하지 않았다. 2020년 채취한 부추와 토양, 퇴비, 농업용수에서 *S. aureus* 오염밀도를 조사한 결과, A와 B 지역 부추에서는 불검출되었으며, C 지역 부추에서 1.81 log CFU/g이 검출되었다. A 지역 토양에서 2.62±0.78 log CFU/g, 퇴비에서 4.85 log CFU/g, 농업용수에서 0.40 log CFU/100 mL가 검출되었으며, B 지역 토양에서 2.44 log CFU/g, 퇴비에서 3.78±0.25 log CFU/g이 검출되었다. C 지역 토양에서 2.50±0.24 log CFU/g, 퇴비에서 6.27±0.61 log CFU/g이 검출되었다(Table 5). 식품 기준 및 규격에 따르면 즉석섭취식품, 신선편의식품, 즉석조리식품의 규격은 $10^2$ CFU/g 미만으로 규정하고 있다[23)]. Jo 등[5)] 새싹 채소 샐러드와 혼합 채소 샐러드에서 *S. aureus*가 검출되었으며, Kim 등[22)]에 따르면 국내 농산물의 *S. aureus* 오염도를 조사한 결과, 상추, 양배추, 셀러리에서 0.01-1.3 log CFU/g이 검출되었다고 보고하였다. 2019년과 2020년 채취한 부추에서는 *S. aureus*가 불검출되거나 식품 기준 및 규격보다 다소 낮은 균수가 검출되었다. 하지만 토양과 퇴비에서 다소 높은 *S. aureus* 균수가 검출되었으며, 농업용수에서 낮은 균수의 *S. aureus*가 검출되었다. 농업용수와 작업자에 의한 교차오염으로 신선 농산물은 *S. aureus*에 오염된다[31)]. 본 연구에서 채취한 부추의 *S. aureus* 오염은 오염된 토양 및 퇴비와의 접촉과 오염된 농업용수의 관수에서 기인한 것으로 사료된다.

## Acknowledgement

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술연구개발사업(과제:PJ0126762019)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 국문요약

본 연구는 남부 3지역에서 시설재배 3농가 총 9농가를 선정하여 2019년과 2020년도 재배 중인 부추와 부추 재배 토양, 퇴비, 농업용수의 미생물 오염도를 조사하였다. 부추, 토양, 퇴비, 농업용수에서 위생지표세균(일반세균수, 대장균군, 대장균)과 *B. cereus*, *S. aureus*를 조사하였다. 2019년 채취해온 시료의 오염도를 조사한 결과 A지역 일반세균수는 6.15-8.82 log CFU/g, 대장균군은 2.75-4.88 log CFU/g, 21.58-37.95 MPN/100 mL, *B. cereus*는 1.79-5.86 log CFU/g으로 검출되었다. B지역 일반세균수는 6.41-8.44 log CFU/g, 대장균군은 1.57-2.82 log CFU/g, *B. cereus*는 2.48-6.00 log CFU/g으로 검출되었다. C지역 일반세균수는 6.42-7.74 log CFU/g, 대장균군은 2.39-5.73 log CFU/g, 14.45-2419.6 MPN/100 mL, *B. cereus*는 1.48-5.56 log CFU/g으로 검출되었다. C지역 III농가 토양에서 대장균이 1.86 log CFU/g으로 검출되었다. 2020년 채취해온 시료의 오염도를 조사한 결과 A지역 일반세균수는 2.83-8.20 log CFU/g, 대장균군은 0.28-4.03 log CFU/g, *B. cereus*는 0.41-5.30 log CFU/g, *S. aureus*는 0.40-4.85 log CFU/g이 검출되었다. B지역 일반세균수는 0.84-7.25 log CFU/g, 대장균군은 3.13-3.56 log CFU/g, *B. cereus*는 1.69-2.82 log CFU/g, *S. aureus*는 2.44-3.78 log CFU/g이 검출되었다. C지역 일반세균수는 2.04-8.83 log CFU/g, 대장균군은 0.43-4.04 log CFU/g, *B. cereus*는 0.70-4.93 log CFU/g, *S. aureus*는 1.81-6.27 log CFU/g이 검출되었다. 부추는 토양과 퇴비로부터의 오염, 농업용수로부터의 오염, 농업용수로 오염된 토양과 퇴비로의 오염 등 다양한 경로를 통해 *B. cereus*가 오염될 수 있다. β-hemolysis 활성을 지니는 *B. cereus*가 부추와 재배환경시료로부터 분리되었기에 *B. cereus*의 오염 예방이 중요하다. 반면에 병원성 *E. coli*, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella* spp.은 검출되지 않았다. *B. cereus*와 *S. aureus*의 오염을 줄이기 위해 농작물 재배 시 작물과 토양과 퇴비의 접촉을 최소화하기 위해 멀칭 재배와 농업용수의 관리, 사용 후 퇴비 관리 등 재배 환경을 관리하는 것이 미생물 오염도를 줄이는데 효과적일 것으로 판단된다. 또한 농산물로 인한 식중독 사고를 예방하기 위해 작물과 재배환경의 모니터링 연구와 작업자의 위생 관리에 대한 지속적인 연구가 필요하다.


## Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

## ORCID


Jieun Jung https://orcid.org/0000-0003-2380-9198
Kwang Kyo Oh https://orcid.org/0000-0001-5300-2091
Seung-Mi Seo https://orcid.org/0000-0003-0864-0443
SuIn Yang https://orcid.org/0000-0001-6876-8372
Kyu-Seok Jung https://orcid.org/0000-0002-9127-4546
Eunjung Roh https://orcid.org/0000-0003-2999-5817
Jae-Gee Ryu https://orcid.org/0000-0001-7048-6796


## References


1. Rural Development Administration (RDA), 2018. Chives, second ed. Jeonju-si, Jeollabuk-do, Korea, pp.16-17, 68-107.
2. An, J.M., Kim, I.R., Kim, M.G., Chang, S.Y., Lim, H.J., Park, J.O., Hwang, H.R., Park, D.H., Lee, G.H., Residual characteristic of fungicide tebuconazole in Chinese chives (*Alliu, tuberosum* R.) under greenhouse condition. *Korean J. Pestic. Sci.*, **23**, 220-230 (2019).
3. Kim, S.H., Lee, K.I., Heo, S.Y., Lee, W.J., 2019. Research on fresh-cut fruits and vegetables. Naju-si, Jeollanam-do, Korea, pp. 3-12.
4. Ministry of Food and Drug Safety, (2020, May 25). Enforcement of summer food poisoning prevention plan. Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=43619
5. Jo, M.J., Jeong, A.R., Kim, H.J., Lee, N., Oh, S.W., Kim, Y.J., Chun, H.S., Koo, M, Microbiological quality of fresh-cut produce and organic vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol*., **43**, 91-97 (2011).
6. Bae, Y.M., Hong, Y.J., Kang, D.H., Heu, S., Lee, S.Y., Microbial and pathogenic contamination of ready-to-eat fresh vegetables in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol*., **43**, 161-168 (2011).
7. Food and Drug Administraion, (2020, August 13). Outbreaks of foodborne illness. Retrieved from https://www.fda.gov/food/recalls-outbreaks-emergencies/outbreaks-foodborne-illness#investigations
8. Centers for Disease Control and Prevention, (2020, August 31). Foodborne outbreaks. Retrivedf from https://www.cdc.gov/foodsafety/outbreaks/multistate-outbreaks/outbreaks-list.html
9. Yang, S., Seo, S.M., Roh, E., Ryu, J.G., Ryu, K.Y., Jung, K.S., Evaluation of microbial contamination in leek and leek cultivated soil in Korea. *J. Food Hyg. Saf*., **34**, 534-541 (2019).
10. Mritunjay, S.K., Kumar, V., Fresh farm produce as a source of pathogens: a review. *Res. J. Environ. Toxicol*., **9**, 59-70 (2015)
11. Park, S.G., Choi, Y.D., Lee, C.W., Jeong, M.J., Kim, J.S., Chung, D.H., Shim, W.B., Investigation of microbiological hazard from Korean leeks and cultivation area to establish the GAP model. *J. Food Hyg. Saf*., **30**, 28-34 (2015).
12. Ministry of Food and Drug Safety, (2020, August 13). Food Code. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_02.jsp?idx=263
13. Hung, N.B., Yuu, B., Kim, W.I., Jung, G., Lee, T., Roh, E., Kim, H.J., Lee, S., Kim, S.R., Analysis of the microbial contamination levels in dried red pepper during production. *Korean J. Food Reserv.*, **25**, 279-287 (2018).

14. Hwang, J.Y., Park, J.H., Characteristics of enterotoxin distribution, hemolysis, lecithinase, and starch hydrolysis of *Bacillus cereus* isolated from infant formulas and ready-to-eat foods. *J. Dairy Sci.*, **98**, 1652-1660 (2015).
15. Forsythe, S.J., 2000. The microbiology of safe food, first ed. Malden, MA, USA, pp. 78, 194.
16. World Health Organization, 2007. WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues, Geneva, Switzerland, pp. 27.
17. Centre for Food Safety Food and Envrionmental Hgiene Department, 2014. Microbiologiclal guidelines for food for ready-to-eat food in general and specific food items, Queensway, Hong Kong, pp. 3-8.
18. Seol, H.R., park, H.S., Park, K.H., Park, A.K., 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).
19. A. Méndez-Vilas, 2010. Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology, Badajoz, Spain, pp.1175-1181.
20. European Food Safety Authority, Opinion of the scientific panel on biological hazards on *Bacillus cereus* and other *Bacillus* spp. in foodstuffs. *The EFSA Journal*, **175**, 1-48 (2005).
21. Park, K.M., Jeong, M., Park, K.J., Koo, M., Prevalence, enterotoxin genes, and antibiotic resistance of *Bacillus cereus* isolated from raw vegetables in Korea. *J. Food Prot*., **81**, 1590-1597 (2018).
22. Kim, W.I., Gwak, M.G., Jo, A.R., Ryu, S.D., Kim, S.R., Ryu, S.H., Kim, H.Y., Ryu, J.G., Investigation of microbiological safety of on-farm produce in Korea. *J. Food Hyg. Saf*., **32**, 20-26 (2017).
23. Ministry of Food and Drug Safety, (2020, August 13). Food Code, standards by food type. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/03_02.jsp?idx=63
24. Health Protection Agency, 2009. Guidelines for assessing the microbiological safety of ready-to-eat foods placed on the market. London, United Kingdom, pp. 1-33.
25. European Food Safety Authority, Risks for public health related to the presence of *Bacillus cereus* and other *Bacillus* spp. including *Bacillus thuringiensis* in foodstuffs. *The EFSA J.*, **14**, 1-93 (2016).
26. Gil, M.I., Selma, M.V., Suslow, T., Jacxsens, L., Uyttendaele, M., Allende, A., Pre-and postharvest preventive measures and intervention strategies to control microbial food safety hazards of fresh leafy vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **55**, 453-468 (2015).
27. Kim, S.R., Lee, J.Y., Lee, S.H., Kim, W.I., Park, K.H., Yun, H.J., Kim, B.S., Chung, D.H., Yun, J.C., Ryu, K.Y., Evaluation of microbiological safety of lettuce and cultivation area. *J. Food Hyg. Saf*., **26**, 289-295 (2011).
28. Burnett, S.L., Beuchat, L.R., Human pathogens associated with raw produce and unpasteurized juices, and difficulties in decontamination. *J. Ind. Microbiol. Biot*., **27**, 104-110 (2001).
29. Beecher, D.J., Wong, A.C.L., Identification of hemolysin BL-producing *Bacillus cereus* isolates by a discontinuous hemolytic pattern in blood agar. *Appl. Environ. Microbiol*., **60**, 1646-1651 (1994).
30. Oh, S.Y., Nam, K.Y., Yoon, D.H., Analysis of pathogenic microorganism's contamination and heavy metals on kimchi cabbage by cultivation methods in Korea. *J. Food Hyg. Saf.*, **32**, 500-506 (2017).
31. Yeni, F., Yavas, S., Alpas, H., Soyer, Y., Most common foodborne pathogens and mycotoxins on fresh produce: a review of recent outbreaks. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **56**, 1532-1544 (2016).