

## 광주지역 유통 채소류의 *Bacillus cereus* 오염실태 및 독소 특성

조선주 · 정소향 · 서유진 · 김태순 · 이향희 · 이민규 · 서정미\* · 조배식\*\* · †김중범\*\*\*

광주광역시보건환경연구원 식품미생물과 연구사, \*광주광역시보건환경연구원 식품미생물과장,

\*\*광주광역시보건환경연구원 식품의약품연구부장, \*\*\*순천대학교 식품공학과 교수

### Prevalence and Toxin Characteristics of *Bacillus cereus* Isolated from Vegetables in Gwangju Metropolitan City

Sun-Ju Cho, So-Hyang Jeong, Yu-Jin Seo, Tae-Sun Kim, Hyang-Hee Lee,

Min-Gyou Lee, Jung-Mi-Seo\*, Bae-Sik Cho\*\* and †Joung-Beom Kim\*\*\*

Researcher, Food Microbiology Division, Health and Environment Research Institute of Gwangju, Gwangju 61986, Korea

\*Manager, Food Microbiology Division, Health and Environment Research Institute of Gwangju, Gwangju 61986, Korea

\*\*Director, Food and Drugs Research Department, Health and Environment Research Institute of Gwangju, Gwangju 61986, Korea

\*\*\*Professor, Department of Food Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon 57933, Korea

#### Abstract

The purpose of this study was to investigate the prevalence, toxin gene profiles, and enterotoxin producing ability of *Bacillus cereus* isolated from environment-friendly vegetables and good agricultural practices (GAP) vegetables. A total of 49 vegetables including 40 environment-friendly vegetables and 9 GAP vegetables were tested. The Vitek 2 system was used to identify *B. cereus* and the PCR was used to detect 6 toxin genes, respectively. *B. cereus* was detected in 34 (69.3%) of 49 vegetables and the prevalence of *B. cereus* in GAP vegetables (44.4%) was lower than in the environment-friendly vegetables (75.0%). The detection rates of *entFM*, *nheA*, *hblC*, and *cytK* enterotoxin genes, respectively, among all isolates were 100%, 97.0%, 88.2%, and 73.5%, respectively. All of the isolates had at least one or more enterotoxin gene and 20 isolates (58.8%) had hemolysin BL enterotoxin producing ability. The risk of food poisoning from the environment-friendly vegetables and the GAP vegetables has been shown as constant. Thus, it is necessary to expand the supply of GAP vegetables showing lower *B. cereus* contamination than the environment-friendly vegetables. The characteristics of the environment-friendly vegetables and the GAP vegetables that must be consumed after cleaning should be disseminated to consumers regarding food poisoning prevention.

Key words: environment-friendly vegetables, GAP, *Bacillus cereus*, contamination, toxin

#### 서론

평균수명 연장에 따른 고령 인구 증가로 우리나라는 2018년 고령사회로 진입하였으며, 대표적인 생활습관병인 고혈압, 당뇨, 고지혈증 등의 유병인구가 증가하고 있다(Seo 등 2019). 이러한 생활습관병을 예방하고, 건강한 삶을 유지하기 위해 운동과 식습관 개선에 사회적 관심이 집중되고

있으며(Kang JK 2004; Her ES 2017), 식이섬유와 미네랄, 비타민을 풍부하게 함유하고 있는 채소류 소비가 증가하고 있다(Jung 등 2006; Min 등 2016). 특히 영양성분 손실을 최소화할 수 있는 채소류 생식이 증가하고 있다(Lee 등 2016). 생식으로 소비되는 채소류는 재배과정에서 사용되는 용수, 토양, 작업자로부터 미생물에 오염되어 식중독을 발생시킬 수 있으며(Jung 등 2006; Min 등 2016), 재배과정 중 사

† Corresponding author: Joung-Beom Kim, Professor, Department of Food Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon 57933, Korea. Tel: +82-61-750-3259, Fax: +82-61-750-3208, E-mail: okjbkim@suncheon.ac.kr

용된 농약의 잔류에 따른 안전성 문제가 대두되고 있다 (Kim 등 2019a).

채소류에 의한 식중독 사고는 학교급식으로 납품된 김치에 의한 집단식중독 사고(Lee 등 2016)와 2006년 미국에서 발생한 시금치 섭취에 따른 집단식중독 사고 등이 있으며, 농산물에 의한 식중독의 대부분은 생식용 채소에 기인하는 것으로 보고되고 있다(CDC 2006). 국내 생식용 채소류의 식중독세균 오염도를 분석한 결과에 따르면 *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*는 매우 낮은 검출률을 나타내었으나, *Bacillus cereus*는 상추(lettuce) 36건 중 35건에서 검출되는 등 매우 높은 검출률을 나타내었다고 보고되고 (Sung 등 2017) 있다. 또한, *B. cereus*는 비트(beet), 청경채(bok choy) 등 126건 중 48건에서 검출되었으나, *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*는 검출되지 않았다는 보고(Lee 등 2016)와 새싹채소, 샐러드의 식중독세균 오염도를 분석한 결과에서 *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *Camphylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*는 검출되지 않았으나, 80개 제품 중 32개 제품에서 *B. cereus*가 검출되어 생식용 채소의 *B. cereus* 오염이 가장 큰 문제인 것으로 보고(Kang 등 2011)되고 있다.

채소류의 안전성을 확보하기 위해 미국 FDA에서는 The Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables(FDA 2008)를 제정하여 시행하고 있다. 국내에서도 농산물의 안전성을 확보하기 위해 농산물의 생산에서 유통단계까지 농산물에 오염될 수 있는 잔류농약과 유해 미생물 등을 관리할 수 있는 농산물우수관리제도(good agricultural practices, GAP)(Yoon DH 2018)와 유기합성 농약을 사용하지 아니하고, 화학비료를 사용하지 않거나 권장량의 1/3 이내로 사용한 친환경농산물(environment-friendly agricultural product) 인증제도를 운영하고 있다 (Kwon & Cho 2019). 2006년 국내 도입된 GAP 인증제도는 2017년 현재 8,600 농가가 인증받았으며, 대상 면적도 2006년 1,373 ha에서 2017년 103,000 ha로 증가하고 있다(Yoon DH 2018). 따라서 신선편의 채소류 중 친환경 및 GAP 인증 채소류에 대한 미생물학적 안전성 평가가 필요하다고 하겠다. 그러나 현재까지 연구는 주로 새싹채소 및 생식용 채소류의 미생물 오염도 분석에 한정되어 있고(Bae 등 2011; Kang 등 2011; Lee 등 2016; Sung 등 2017; Kim 등 2019b), 시중 유통 중인 친환경 채소류와 GAP 인증 채소류에 대한 미생물 오염도 평가는 매우 미약한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 광주지역의 시중 유통되고 있는 채소류 중 친환경 및 GAP 인증 채소류의 *B. cereus* 오염도와 독소 특성을 분석하여 친환경 및 GAP 인증 채소류의 안전 섭취 방안을 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에 사용된 재료는 2017년 7월부터 2018년 8월까지 광주광역시에 유통 판매되고 있는 친환경 채소류와 GAP 인증을 받은 채소류 총 49건을 대상으로 하였으며, 구입된 채소류는 냉장 상태를 유지하며, 2시간 이내에 연구원으로 운반하여 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 채소류는 Table 1에 나타내었으며, 친환경농산물 중 무농약 채소류가 25건, 유기농 채소류가 15건, GAP 인증을 받은 채소류가 9건이었으며, 제품별로는 상추(lettuce) 17건, 치커리(chicory) 6건, 케일(kale) 5건, 짬추(Korean cabbage) 5건, 겨자(mustard) 3건, 신선초(*Angelica keiskei*) 3건, 청경채(bok choy) 3건, 비트(beet) 2건, 속갓(crown daisy) 2건, 깻잎(perilla leaf) 2건, 민들레(Korean dandelion) 1건 등이었다.

### 2. Real-Time PCR을 이용한 *Bacillus cereus* 검출

각각 채소 25 g을 전자저울로 계량하여 tryptic soy broth (TSB, Oxoid, Hampshire, England) 225 mL를 가하고, 균질기(BagMixer<sup>®</sup>400, Interscience, St Nom, France)로 1분간 균질화한 후 37°C에서 18~24시간 배양하였다. 증균액 200  $\mu$ L를 취하여 EZ1 Virus Mini kit v2.0(Qiagen, Hilden, Germany)를 이용하여 DNA를 추출하였으며, 추출된 DNA를 Real-Time PCR을 수행하기 위한 template로 사용하였다. *B. cereus*를 검출하기 위한 Real-Time PCR은 PowerChek<sup>™</sup> 20 Pathogen Multiplex Real-Time PCR kit(Kogenebiotech,

Table 1. Classification of environment-friendly vegetables and GAP<sup>1)</sup>

Sample	Non pesticide	Organic	GAP	Total
<i>Angelica keiskei</i>	3	-	-	3
Beet	2	-	-	2
Bok choy	-	1	2	3
Chicory	4	2	-	6
Crown daisy	-	2	-	2
Kale	1	1	3	5
Korean cabbage	3	1	1	5
Korean dandelion	1	-	-	1
Lettuce	9	7	1	17
Mustard	1	-	2	3
Perilla leaf	1	1	-	2
Total	25	15	9	49

<sup>1)</sup> GAP: Good agricultural practices.

Seoul, Korea)와 7500 Fast Real Time PCR system(Applied Biosystem, Foster City, CA, USA)을 이용하였다. Real-Time PCR을 위한 반응액 조성과 target gene은 제조사(Kogenebiotech)에서 제시한 방법에 따라 실험하였다.

### 3. *Bacillus cereus* 생화학적 분리 동정

*B. cereus* 유전자가 확인된 시료에 한 해 *B. cereus* 생화학적 분리 동정 실험을 실시하였다. 생화학적 분리 동정 실험은 식품공전(MFDS 2019)에 따라 실험하였으며, TSB 증균액을 mannitol egg-yolk polymyxin agar(MYP, Mbcell, Seoul, Korea) 배지에 도말한 후 30°C에서 24시간 배양하였다. 배양된 집락 중 분홍색 집락 주변에 lecithinase를 생성하는 집락을 선별하였다. 선별된 집락을 tryptic soy agar(TSA; Oxoid, Hampshire, England)배지에 획선 도말한 후 순수 분리한 집락을 Vitek2 BCL card(BioMerieux, Inc., Marcy Etoile, France)를 이용하여 최종 동정하였다. 최종 확인된 *B. cereus*는 -70°C에서 보관하며 실험에 사용하였다.

### 4. *Bacillus cereus* 독소유전자 확인

생화학적으로 분리 동정된 *B. cereus*를 TSA에 획선도말하여 30°C에서 24시간 계대배양하였다. 순수 분리한 *B. cereus* 집락을 취하여 boiling method(Lee 등 2018)로 DNA를 추출하여 template로 사용하였다. *B. cereus*의 독소 유전자 검출은 PowerChek™ *Bacillus cereus* Toxin 6-plex Detection Kit(Kogenebiotech Co., Ltd.)와 Proplex PCR system(Life Technologies Holding Pte. Ltd, Singapore)을 사용하였으며, 제조사가 제시하는 방법에 따라 실험을 수행하였다. 실험 방법을 기술하면 추출된 template DNA 5 µL와 premix 10 µL, primer mixture 5 µL를 혼합한 후 95°C에서 10분간 denaturation 하였다. PCR 반응은 95°C에서 30초, 60°C에서 30초, 72°C에서 30초를 30번 반복하였으며, 최종적으로 72°C에서 10분간 반응하여 PCR 반응을 종료하였다. PCR 반응 후 최종산물 5 µL를 취하여 2% agarose gel에 loading한 후 110 V에서 30분간 전기영동하여 *hblC*, *nheA*, *entFM*, *CytK*, *becT*, *cer* 독소 유전자를 확인하였다.

### 5. *Bacillus cereus* 독소단백질 확인

독소 유전자 확인실험에서 계대배양된 *B. cereus* 한 개 집락을 취하여 brain heart infusion broth(Oxoid)에 접종하여 35°C에서 24시간 배양한 후 900 g에서 20분간 원심분리(Smart R17, Hanil scientific, Gimpo, Korea)하였다. *B. cereus*가 생산하는 Hemolysin BL enterotoxin(HBL) 독소 단백질을 검출하기 위해 상등액과 BCET-RPLA toxin detection kit(Oxoid)를 사용하였으며, 제조사가 제시하는 기준에 따라

응집 여부를 관찰하여 독소 검출 여부를 판단하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 채소류의 *Bacillus cereus* 오염도

채소류 중 *B. cereus* 오염도는 Table 2에 나타내었다. 채소류 총 49건 중 34건(69.3%)에서 *B. cereus*가 검출되었으며, 깻잎(perilla leaf), 민들레(Korean dandelion)에서는 100% 검출되어 가장 높은 검출률을 나타내었다. 특히 상추(lettuce)는 17건 중 14건, 치커리(chicory) 6건 중 5건, 케일은 5건 중 4건, 쌈추(Korean cabbage)는 5건 중 3건에서 *B. cereus*가 검출되었다. 채소류를 GAP 인증 채소류와 친환경 채소류(유기농, 무농약)로 구분하여 *B. cereus* 오염도를 분석한 결과, 친환경 채소류 중 무농약 채소가 25건 중 18건(72.0%), 유기농 채소가 15건 중 12건(80.0%) 검출되었으며, GAP 인증 채소류는 9건 중 4건(44.4%)이 검출되어 상대적으로 GAP 인증 채소류의 *B. cereus* 오염도가 낮게 나타났다(Table 3).

*B. cereus*는 포자를 형성하는 Gram 양성 간균으로 토양에 널리 분포되어 있으며, 식품의 부패와 식중독을 유발하는 세균으로 열과 화학물질에 대한 저항력을 큰 것으로 보고되고(Kotiranta 등 2000) 있다. 본 연구결과, 채소류 중 69.3%가 *B. cereus*에 오염된 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 실험에 사용된 상추(lettuce) 중 97.2%가 *B. cereus*에 오염되었다는 보고(Sung 등 2017)에 비해 낮은 오염도를 나타내었다. 그러나 청경채(bok choy) 등 채소류에서 38.1%,

Table 2. Prevalence of *Bacillus cereus* in vegetables

Sample	No. of tested samples	No. of detected samples	Detection rate (%)
<i>Angelica keiskei</i>	3	2	66.7
Beet	2	-	-
Bok choy	3	1	33.3
Chicory	6	5	83.3
Crown daisy	2	1	50.0
Kale	5	4	80.0
Korean cabbage	5	3	60.0
Korean dandelion	1	1	100.0
Lettuce	17	14	82.3
Mustard	3	1	33.3
Perilla leaf	2	2	100.0
Total	49	34	69.3

**Table 3. Prevalence of *Bacillus cereus* in environment-friendly vegetables and GAP<sup>1)</sup>**

Grade	No. of tested samples	No. of detected samples	Detection rate (%)
Non pesticide	25	18	72.0
Organic	15	12	80.0
GAP	9	4	44.4
Total	49	34	69.3

<sup>1)</sup> GAP: Good agricultural practices.

생식용 채소에서 40%가 *B. cereus*에 오염되었다는 보고(Lee 등 2016)에 비해 매우 높은 오염도를 나타내어 친환경 채소류와 GAP 인증 채소류에 의한 식중독 위험성은 상존하는 것으로 판단되었다. 또한, 친환경 채소류의 경우 75.0%에서 *B. cereus*가 검출된 것에 비하여 GAP 인증 채소류의 경우, 44.4%에서 *B. cereus*가 검출되었다. 이러한 결과는 친환경 채소류의 경우 유기합성 농약과 화학비료의 사용만을 제한한 것에(Kwon & Cho 2019) 비하여 GAP 인증 채소류의 경우 농산물 생산 전 단계에 걸쳐 잔류농약과 유해미생물 등을 관리하기(Yoon DH 2018) 때문인 것으로 판단되었다. 따라서 생식용으로 재배하는 채소류의 경우, 친환경농산물 인증과 더불어 GAP 인증에 적합하도록 재배하여 유해미생물에 의한 오염을 저감화하여야 할 것으로 판단되었다. 또한, 세척 후 섭취하여야 하는 친환경 채소류와 GAP 인증 채소류의 특성을 정확하게 홍보해야 할 것으로 판단되었다.

**Table 4. Distribution of enterotoxin and emetic toxin genes in *Bacillus cereus* isolated from environment-friendly vegetables and GAP<sup>1)</sup>**

Sample	Toxin gene						Toxin protein (%)
	Enterotoxin (%)			Emetic toxin (%)			
	<i>hblC</i>	<i>nheA</i>	<i>ent FM</i>	<i>cytK</i>	<i>bceT</i>	<i>cer</i>	
<i>Angelica keiskei</i> (n=2)	2(100.0)	2(100.0)	2(100.0)	2(100.0)	1(50.0)	0(0.0)	1(50.0)
Bok choy (n=1)	1(100.0)	1(100.0)	1(100.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
Chicory (n=5)	5(100.0)	4(80.0)	5(100.0)	3(60.0)	2(40.0)	0(0.0)	4(80.0)
Crown daisy (n=1)	0(0.0)	1(100.0)	1(100.0)	0(0.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)
Kale(n=4)	4(100.0)	4(100.0)	4(100.0)	2(50.0)	4(100.0)	0(0.0)	4(100.0)
Korean cabbage (n=3)	2(66.7)	3(100.0)	3(100.0)	2(66.7)	1(33.3)	0(0.0)	1(33.3)
Korean dandelion (n=1)	1(100.0)	1(100.0)	1(100.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)	1(100.0)
Lettuce (n=14)	12(76.5)	14(88.2)	12(88.2)	12(76.5)	13(76.5)	0(0.0)	7(50.0)
Mustard (n=1)	1(100.0)	1(100.0)	1(100.0)	0(0.0)	1(100.0)	0(0.0)	0(0.0)
Perilla leaf (n=2)	2(100.0)	2(100.0)	2(100.0)	2(100.0)	2(100.0)	0(0.0)	1(50.0)
Total (n=34)	30(88.2)	33(97.0)	34(100.0)	25(73.5)	24(70.5)	0(0.0)	20(56.8)

<sup>1)</sup> GAP: Good agricultural practices.

## 2. *Bacillus cereus* 독소유전자 및 독소단백질 확인

채소류에서 분리된 *B. cereus*의 독소유전자 분포는 Table 4에 나타내었다. 신선편의 채소류에서 분리된 *B. cereus* 34 균주의 설사 독소유전자는 *entFM* 34주(100%), *nheA* 33주(97.0%), *hblC* 30주(88.2%) 순으로 나타났으며, 구토독소 유전자는 검출되지 않았다. 식중독을 일으키는 독소 단백질인 hemolysin BL(HBL)은 34균주 중 20균주(58.8%)에서 검출되어 친환경 채소류와 GAP 인증 채소류에 의한 식중독 위험성이 상존하는 것으로 나타났다. 채소류에서 분리된 *B. cereus*의 독소유전자 패턴은 Table 5에 나타내었다. *B. cereus* 독소유전자 중 *hblC-nheA-entFM-CytK-bceT*를 보유하고 있는 패턴 1이 47.0%로 가장 높은 분포를 나타내었으며, *hblC-nheA-entFM-CytK*를 보유하고 있는 패턴 2가 14.7%, *hblC-nheA-entFM-bceT*를 보유하고 있는 패턴 3이 11.7%, *hblC-nheA-entFM*를 보유하고 있는 패턴 4가 11.7%로 나타났다.

*B. cereus*의 주요 독소는 *hblCDA* 유전자에서 생산되는 hemolysin BL(HBL), *nheABC* 유전자에서 생산되는 nonhemolytic enterotoxin(NHE), *entFM* 유전자에서 생산되는 enterotoxinFM(EntFM), *cytK* 유전자에서 생산되는 cytotoxin K(CytK) 등의 설사독소가 있으며, 구토독소인 cereulide는 *ces* 유전자에서 생산되는 것으로 보고(Agata 등 1994)되고 있다. *B. cereus*의 주요 임상증상은 복통, 설사, 구토 등이 있으며 통상 3일 이내에 자연 치유되는 것으로 보고되고 있다(Schoeni & Wong 2005). 본 실험결과, *entFM* 100%, *nheA* 97.0%, *hblC* 88.2% 검출되어 채소류에서 분리된 *B. cereus*의 주요 독소 유전자로 나타났으며, 이러한 결과는 식

**Table 5. Enterotoxin and emetic toxin gene profiles of *Bacillus cereus* isolated from environment-friendly vegetables and GAP<sup>1)</sup>**

Profile	<i>hblcC</i>	<i>nheA</i>	<i>ent FM</i>	<i>CytK</i>	<i>bceT</i>	<i>cer</i>	No. of strain (%)
1	+ <sup>2)</sup>	+	+	+	+	-	16(47.0)
2	+	+	+	+	-	-	5(14.7)
3	+	+	+	-	+	-	4(11.7)
4	+	+	+	-	-	-	4(11.7)
5	+	-	+	+	+	-	1(2.9)
6	- <sup>3)</sup>	+	+	+	+	-	2(5.8)
7	-	+	+	-	-	-	1(2.9)
8	-	+	+	-	+	-	1(2.9)

<sup>1)</sup> GAP: Good agricultural practices.

<sup>2)</sup> +: Detected.

<sup>3)</sup> -: Non-detected.

품과 환자 가검물에서 분리된 *B. cereus*에서 *hblCDA* 유전자가 86%, 90% 검출되었고, 선식, 곡류 및 식품에서 분리된 *B. cereus*에서 *nheA* 독소 유전자가 각각 74~97% 검출되었으며, 선식에서 분리된 *B. cereus*의 경우 *entFM* 독소 유전자를 100% 보유하였다는 보고(Kim 등 2011; Chon 등 2012)와 유사한 결과를 나타내었다. 또한, *B. cereus*의 *cytK* 독소 유전자 보유현황은 매우 다양하여 13~57%를 나타내며, 구토독소를 생산하는 *ces* 유전자의 보유는 매우 드물다는 보고(Lund 등 2000; Ehling-Schulz 등 2006)와 유사한 결과를 나타내었다. *B. cereus*가 생산하는 대표적인 설사독소인 HBL 독소 생산능은 58.8%로 *hblC* 독소 유전자 보유현황에 비해 낮은 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 HBL 독소는 *hblC*, *hblD*, *hblA* 독소 유전자가 모두 존재하여야 생산된다는 보고(Kim 등 2010)로 보아 *hblC* 독소유전자를 보유한 *B. cereus* 중에 *hblD*와 *hblA* 독소 유전자가 결여된 균주가 있는 것으로 판단된다.

이러한 결과를 종합하여 볼 때, 친환경 채소류와 GAP 인증 채소류의 *B. cereus* 오염도가 69.3%로 높게 나타나고, 분리된 *B. cereus* 모두 하나 이상의 독소 유전자를 보유하고 있었으며, 58.8%가 HBL 독소 단백질을 생산하고 있어 친환경 채소류와 GAP 인증 채소류 생식에 따른 식중독 위험성은 상존하는 것으로 판단되었다. 따라서 반드시 세척 후 섭취하여야 하는 친환경 채소류와 GAP 인증 채소류의 특징을 소비자가 정확하게 인지하도록 홍보하고, *B. cereus* 오염도가 상대적으로 낮은 GAP 채소류 보급 확대가 필요한 것으로 판단되었다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 시중 유통되고 있는 친환경 및 GAP 인증

채소류의 *B. cereus* 오염도와 독소 특성을 분석하여 친환경 및 GAP 인증 채소류의 안전 섭취 방안을 제시하고자 하였다. 본 실험에서 사용된 재료는 광주광역시에서 판매되고 있는 친환경 채소류와 GAP 인증을 받은 채소류 총 49건을 대상으로 하였다. *B. cereus* 분리 동정은 Vitek2를 이용하였으며, *hblC*, *nheA*, *entFM*, *cytK*, *bceT*, *cer* 독소 유전자를 확인은 PCR을 이용하였다. 채소류 총 49건 중 34건(69.3%)에서 *B. cereus*가 검출되었고, 친환경 채소류 75.0%, GAP 인증 채소류 44.4%로 GAP 인증 채소류의 *B. cereus* 검출율이 낮게 나타났다. 분리된 *B. cereus*의 주요 독소 유전자는 *entFM*(100%), *nheA*(97.0%), *hblC*(88.2%)로 나타났으며, 구토독소를 생산하는 *cer* 유전자는 검출되지 않았다. 또한, 분리된 *B. cereus* 모두 하나 이상의 독소 유전자를 보유하고, 58.8%가 독소 단백질을 생산하고 있어 식중독 위험성은 상존하는 것으로 판단되었다. 따라서 *B. cereus* 오염도가 상대적으로 낮은 GAP 채소류 보급을 확대하고, 반드시 세척 후 섭취하여야 하는 친환경 및 GAP 인증 채소류의 특징을 소비자에게 정확하게 교육하여 식중독을 예방하여야 할 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

본 논문은 광주광역시보건환경연구원 연구사업으로 수행된 연구로서 지원에 감사드립니다.

## References

- Agata N, Mori M, Ohta M, Suwan S, Ohtani I, Isobe M. 1994. A novel dodecadepsipeptide, cereulide, isolated

- from *Bacillus cereus* causes vacuole formation in HEp-2 cells. *FEMS Microbiol Lett* 121:31-34
- Bae YM, Hong YJ, Kang DH, Heu S, Lee SY. 2011. Microbial and pathogenic contamination of ready-to-eat fresh vegetables in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 43:161-168
- Center for Disease Control and Prevention [CDC]. 2006. Multistate outbreak of *E. coli* O157:H7 infections linked to fresh spinach. Available from <https://www.cdc.gov/ecoli/2006/spinach-10-2006.html> [cited 21 December 2019]
- Chon JW, Kim JH, Lee SJ, Hyeon JY, Seo KH. 2012. Toxin profile, antibiotic resistance, and phenotypic and molecular characterization of *Bacillus cereus* in *Sunsik*. *Food Microbiol* 32:217-222
- Ehling-Schulz M, Guinbretiere MH, Monthán A, Berge O, Fricker M, Svensson B. 2006. Toxin gene profiling of enterotoxic and emetic *Bacillus cereus*. *FEMS Microbiol Lett* 260:232-240
- Her ES. 2017. Metabolic syndrome risk according to fruit and vegetable intake in middle-aged men - Using the Korea national health and nutrition examination survey (KNHANES) 2013~2015. *Korean J Food Nutr* 30:1048-1057
- Jung SH, Hur MJ, Ju JH, Kim KA, Oh SS, Go JH, Kim YH, Im J. 2006. Microbiological evaluation of raw vegetables. *J Food Hyg Saf* 21:250-257
- Kang JK. 2004. Lifestyle disease. *J Korean Med Assoc* 47:188-194
- Kang TM, Cho SK, Park JY, Song KB, Chung MS, Park JH. 2011. Analysis of microbial contamination of sprouts and fresh-cut salads in a market. *Korean J Food Sci Technol* 43:490-494
- Kim J, Lee D, Lee M, Ryu K, Kim T, Gang G, Seo K, Kim JB. 2019a. Monitoring and risk assessment of pesticide residues in school foodservice agricultural products in Gwangju metropolitan area. *J Food Hyg Saf* 34:283-289
- Kim JB, Kim JM, Cho SH, Oh HS, Choi NJ, Oh DH. 2011. Toxin genes profiles and toxin production ability of *Bacillus cereus* isolated from clinical and food samples. *J Food Sci* 76:T25-T29
- Kim JB, Kim JM, Kim SY, Kim JH, Park YB, Choi NJ, Oh DH. 2010. Comparison of enterotoxin production and phenotypic characteristics between emetic and enterotoxic *Bacillus cereus*. *J Food Prot* 73:1219-1224
- Kim SR, Chu HJ, Yi SW, Jang YJ, Shim WB, Hung NB, Kim WI, Kim HJ, Ryu KY. 2019b. Investigation of hazardous microorganisms in baby leafy vegetables collected from a Korean market and distribution company. *Korean J Food Hyg Saf* 34:526-533
- Kotiranta A, Lounatmaa K, Haapasalo M. 2000. Epidemiology and pathogenesis of *Bacillus cereus* infections. *Microb Infect* 2:189-198
- Kwon J, Cho W. 2019. Recognition of environmentally-friendly agricultural products for school foodservice of nutrition teachers and parents in 2018 at Seongnam in Gyeonggi province. *Korean J Community Nutr* 24:290-299
- Lee ES, Kwak MG, Kim WI, An HM, Lee HS, Ryu SH, Kim HY, Ryu JG, Kim SR. 2016. Investigation of microbial contamination level during production of baby leafy vegetables. *J Food Hyg Saf* 31:264-271
- Lee SH, Mun KH, Kim NYS, Kim JB. 2018. Evaluation of microbiological safety of commercial spices. *Korean J Food Preserv* 25:706-714
- Lund T, De Buyser ML, Granum PE. 2000. A new cytotoxin from *Bacillus cereus* that may cause necrotic enteritis. *Mol Microbiol* 38:254-261
- Min JH, Lee JK, Kim HJ, Yoon KS. 2016. Analysis study on the use of frequency and the cooking method of leaf and stem vegetables in high school foodservice. *J Food Hyg Saf* 31:250-257
- Ministry of Food and Drug Safety [MFDS]. 2019. Korea Food Code. Available from [http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01\\_03.jsp?idx=390](http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=390) [cited 24 December 2019]
- Schoeni JL, Wong ACL. 2005. *Bacillus cereus* food poisoning and its toxins. *J Food Prot* 68:636-648
- Seo UH, Kang HJ, Yoon KB, An YJ, Kim JB. 2019. Analysis of dietary fiber, mineral content and fatty acid composition in Cheonggak (*Codium fragile*). *Korean J Food Nutr* 32:328-334
- Sung SM, Min JH, Kim HJ, Yoon KS, Lee JK. 2017. Systematic analysis of microbial contamination in leaf and stem products in Korea. *J Food Hyg Saf* 32: 306-313
- U.S. Food and Drug Administration [FDA]. 2008. Guidance for Industry: Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards of Fresh-cut Fruits and Vegetables. Available from <https://www.fda.gov/regulatory-information/search->

fda-guidance-documents/guidance-industry-guide-minimize-microbial-food-safety-hazards-fresh-cut-fruits-and-vegetables [cited 21 December 2019]

Yoon DH. 2018. Current situation and development strategy for the Korea-good agricultural practices system. *J Food*

*Hyg Saf* 33:1-11

---

Received 04 March, 2020

Revised 11 March, 2020

Accepted 26 March, 2020