

## 유통 단순가공 농산물의 위생지표세균 및 식중독균 오염실태 조사연구

성경혜\* · 황인영 · 박소현 · 박선희 · 김병준 · 이주현 · 민상기  
부산광역시 보건환경연구원

### Study on microbiological safety of simple processed agricultural products

Gyung-hye Sung\*, Inyeong Hwang, So Hyun Park, Sunhee Park, Byung Jun Kim, Ju Hyun Lee, and Sang Kee Min  
Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment

**Abstract** The purpose of this study was to explore methods for efficient management of the quality and safety of simple processed agricultural products in Busan. We tested 258 samples of simple processed agricultural products for distribution of aerobic bacteria and coliforms, and identified food-borne pathogens. The average aerobic bacterial and coliforms counts were 7.1 and 4.1 log CFU/g in simple processed vegetables, 6.8 and 3.5 log CFU/g in dried vegetables, and 6.2 and 2.9 log CFU/g in simple processed fruits. Additionally *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni/coli* and *Listeria monocytogenes* were not detected in any samples. However, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* and *E. coli* were detected in 41 samples (16.3%), 2 samples (0.8%), and 4 samples (1.6%), respectively. This analysis revealed that none of *C. perfringens* and *E. coli* isolates harbored pathogenic toxic genes. However, all of *B. cereus* isolates carried at least 1 toxin gene.

**Keywords:** simple processed agricultural product, microbiological safety, aerobic bacteria, coliforms, *Bacillus cereus*

## 서 론

경제 발전에 의한 소득향상과 핵가족화로 인해 단순가공 농산물에 대한 수요는 꾸준히 증가하고 있다. 단순가공 농산물이란 껍질을 제거하거나, 세척, 절단해 판매되는 농산물을 말하며 현재 전처리농산물, 신선편이 농산물, 신선편의식품과 혼용되어 있는 실정이다(1). 전처리농산물은 최종 가공품을 생산하기 위한 사전단계의 가공 처리된 상태로 다음 단계에 가열 등의 공정이 수반되는 것을 말하며(2) 신선편이 농산물이란 신선한 상태로 다듬거나 절단하여 세척과정을 거친 과일, 채소, 나물, 버섯류로 위생적으로 포장되어 있는 농산물(신선편이농산물협회)로 미국에서는 fresh-cut fruit and vegetables이라는 용어로 사용된다. 또한 식품 위생법에서 정의하는 신선편의 식품이란 농인산물을 세척, 박피, 절단 또는 세절 등의 가공공정을 거치거나 이에 단순히 식품 또는 식품첨가물을 가한 것으로서 그대로 섭취할 수 있는 샐러드, 새싹채소 등의 식품이다(3). 전처리농산물에 대한 개념과 범위는 혼용하여 사용될 우려 없이 구분이 명확한 반면 신선편이 농산물에 대해서는 농산물의 개념과 식품 개념이 혼재되어 있는 실정이며, 실제로 본 연구를 위해 대형할인매장 등에서 구매한 유통 단순가공 농산물의 경우 비슷한 외관과 사용 용도를 가짐에도 불구하고 농산물, 신선편이 농산물, 신선편의 식품으로 혼재

되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 농산물의 경우 GAP 인증제도 등으로 생산지에서부터 유통, 판매까지 품질 관리하는 제도가 있으나 단순가공 농산물은 품질안전 기준이 미흡하며 식품위생법에 따라 별도의 영업 신고를 하지 않아도 된다(1). 토양 미생물 등 자연환경으로부터의 오염 및 여러 단계 공정을 통한 인위적 미생물 오염 등의 우려가 있으나 식품위생법의 가공식품으로도 포함되어 있지 않아 위생관리의 사각지대에 놓여있다.

최근 발생한 식중독 사고에 있어 식중독균으로 오염된 과채류가 원인인 경우가 적지 않다. 2011년 독일에서 46명이 사망한 식중독 사고는 변종 장출혈성대장균에 오염된 유기농 채소에 의해 발생하였고(4) 미국에서는 리스테리아에 오염된 멜론을 먹고 16명이 사망하기도 하였다(5). 한국의 경우 Kim 등(6)이 샐러드에서 *E. coli*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* 등의 검출을 보고한 바 있으며 2008년부터 그대로 섭취할 수 있는 샐러드, 새싹채소 등이 신선편의식품에 포함되면서 식중독균에 대한 품질 기준을 적용하고 있다. 하지만 재배지 또는 비위생적 생산 환경으로부터 식중독균에 오염된 단순가공 농산물은 미생물학적 품질 기준이 없어 유통 차단 등의 근거가 없고 취급 부주의로 인한 교차오염의 가능성을 배제할 수 없으며 최근 우리정부에서도 식품안전관리지침을 통해 단순처리 농산물 생산업체 지도점검을 강화하고 있다.

현재까지 위생적인 농산물 생산을 위한 미생물학적 위해요소 관리에 관한 연구와 신선편이 과채류에 대한 미생물 오염실태 연구는 국내외에서 많이 이루어져 왔다. 본 연구는 탈피, 세척, 절단, 건조 등 단순 가공한 농산물을 대상으로 식중독균을 포함한 미생물학적 오염 실태를 조사하였고 매우 다양한 형태로 유통되고 있는 단순가공농산물을 유형별로 구분한 통계학적 미생물 오염도 비교를 통해 단순가공 농산물의 효율적인 위생 관리 방안 마련을 위한 자료를 제공하고자 하였다.

\*Corresponding author: Gyung-hye Sung, Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment, Busan 46616, Korea  
Tel:+82-51-309-2821  
Fax:+82-51-309-2829  
E-mail:rocjswjf@korea.kr  
Received July 13, 2017; revised September 8, 2017;  
accepted September 8, 2017

## 재료 및 방법

### 연구대상

2015년 11월부터 2016년 8월까지 부산지역 마트 및 농산물도매시장에서 탈피, 세척, 절단, 건조 등 단순가공 후 포장 판매되는 단순가공 농산물 258건을 연구 대상으로 하였다. 신선 샐러드, 간양과, 무말랭이, 볶음밥용 다진 채소 등 가공 방법 및 제품 형태가 매우 다양하여 이에 본 조사에서는 Table 1과 같이 구분하여 미생물학적 오염도 실험을 실시하였다.

단순가공 농산물 258건을 세 가지 기준으로 분류하여 Group 1, 2, 3로 나타내었다. 즉 Group 1은 미생물학적 기준규격 설정 여부에 따라 가공식품과 농산물로 분류하였다. 과채가공품, 신선편의식품, 천연향신료 등 식품위생법에서 규정하는 식품유형이 표시되어있는 것은 가공식품으로, 식품유형이 없거나 신선편이 농산물 등으로 표기된 것은 농산물로 분류하였다. Group 2는 채소류와 과실류로 구분한 후, 채소류 중에서 건조 과정을 거친 무말랭이, 건가지, 건호박 등은 건나물류(dried vegetables)로, 박피절단의 공정을 거친 혼합샐러드, 간 양과, 과채, 다진 마늘, 저민 생강, 조리용 다진 채소류를 단순가공채소류(simple processed vegetables)로, 간밤, 절단 수박, 절단 파인애플, 냉동자몽 등은 단순가공과일류(simple processed fruits)로 분류하였다. Group 3은 섭취 방법에 따라 세척 또는 가열하여 섭취하는 제품은 단순조리용(ready-to-cook)으로, 바로 섭취하도록 표기되어 있거나 단순가공채소류 중 다진 마늘과 다진 생강, 감말랭이, 건망고 등 바로 섭취할 수 있는 것은 즉석섭취용(ready-to-eat)으로 분류하였다.

### 일반세균수 및 대장균군 측정

일반세균수와 대장균군수를 검체 25 g을 무균적으로 취하여 멸균생리식염수로 10배씩 단계별 희석하여 식품공전의 건조필름법으로(3) 측정하였다. 사용한 건조필름은 3M petrifilm AC 및 EC (3M, St. Paul, MN, USA)이며, 각 단계 희석액을 2매씩 건조필름에 접종하여 35°C에서 48시간 배양하여 자라난 집락을 계수하였다. 집락수는 평균 당 15-300개의 집락을 생성한 평판을 택하여 높은 단위로부터 3단계에서 반올림하여 유효숫자를 2단계로 끊어 이하를 0으로 하였다.

### 식중독균의 분리 동정

본 연구에서는 식중독균 7종(병원성대장균, 황색포도알균, 클로스트리듐 퍼프린젠스, 바실러스 세레우스, 살모넬라, 리스테리아 모노사이토제네스, 캄필로박터 제주니/콜리)에 대하여 조사하였고 식중독균 분리를 위해 식품의약품안전처의 식품공전(3) 미생물시험법 중 대장균 정성시험법, 황색포도알균 정량시험법, 클로스트리듐 퍼프린젠스 정량시험법, 바실러스 세레우스 정량시험법, 살모넬라, 리스테리아 모노사이토제네스, 캄필로박터 제주니/콜리 시험법에 따라 실험하였으며 의심 집락은 tryptic soy agar (TSA) 배지에 옮겨 37°C에서 24시간 배양하여 VITEK (BioMerieux, France)의 GN, GP, BCL, ANC card를 이용하여 생화학동정을 실시하였다.

### 독소 유전자 확인

분리된 식중독균의 독소유전자 확인은 질병관리본부의 수인성 식품매개질환 실험실 진단 실무 지침(7)에 따라 순수 분리한 균을 멸균증류수 100 µL에 부유시켜 100°C에서 30분간 끓이고 4°C에서 14,000 rpm, 5분간 원심분리한 후 상층액을 template DNA로 사용하여 각 균주별로 PCR을 통해 확인하였다.

병원성대장균은 PowerCheck™ Diarrheal *E. coli* 8-plex Detection Kit (Kogenebiotech, Korea)를 사용하여 제조사에서 제시한 방법으로 PCR을 실시하고 병원성대장균 5종(장출혈성, 장병원성, 장독소성, 장흡착성, 장침습성)에 대해 8종류의 병원성 유전자 *stx1*, *stx2*, *lt*, *sth/stp*, *eaeA*, *bfpA*, *aggR*, *ipaH*를 확인하였다.

바실러스 세레우스가 생산하는 장독소 중 5종류(*hblC*, *bceT*, *entFM*, *nheA*, *CytK*)와 구토독소(*cer*)는 PowerCheck™ *Bacillus cereus* 6-toxin Detection Kit (Kogenebiotech, Korea)를 사용하여 제조사에서 제시한 방법으로 실시하였고, 나머지 장독소 4종류(*hblA*, *hblD*, *nheB*, *nheC*)에 대해서는 김 등(8), Yang 등(9)의 방법에 따라 PCR을 실시하였으며 *B. thuringiensis*를 구분하기 위해 *Bacillus cereus* Detection (Bc/Bt distinguish) PCR Kit (Jinsungunitech, Korea)를 사용하였고 0.5% basic fuchsin으로 염색하여 균총독소단백질 생성 유무를 현미경으로 확인하였다.

클로스트리듐 퍼프린젠스는 PowerCheck™ *Clostridium perfringens* Toxin Detection Kit (Kogenebiotech, Korea)를 사용하여 제조사에서 제시한 방법으로 실시하여, *cpa*, *cpe* 유전자를 확인하였다. PCR 결과는 1.8% 아가로스겔(agarose gel)로 전기영동하여 확인하였다.

### 통계처리

일반세균수 및 대장균군에 대한 실험결과는 SPSS (version 19.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 t-검정 및 ANOVA 분석을 실시하였고, *p*값이 0.1 미만일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반세균수 및 대장균군 결과

연구대상 258건의 일반세균수 및 대장균군의 검사 결과는 Table 2와 같다. 평균값(mean)은 일반세균수와 대장균군 모두 7월에 가장 높았으며 일반세균수의 경우 중앙값(median)은 5, 6, 7, 11월에서 높았다. 11월의 경우 13건 모두 농산물 도매시장에서 구입한 것으로 검사대상의 제한성에 의한 결과임을 감안하면 하절기의 온도 상승과 미생물 오염도가 연관성이 있음을 짐작할 수 있으며 가장 더운 8월에 오히려 오염도가 낮은 것은 냉장유통 및 저장을 철저히 하기 때문이라 판단된다. Sun 등(10) 절단된 신선편이 농산물의 미생물학적 품질 저하를 막기 위해 냉장 저장의 중요성을 언급하였고, 단순가공 농산물의 품질 유지를 위해 생산, 유통, 판매과정에서의 콜드체인 시스템을 도입강화해야 한다고 하였다(1).

Table 1. Classification of simple processed agricultural products

Group 1		Group 2		Group 3	
Type	No. of samples	Type	No. of samples	Type	No. of samples
Agriculture	214	Simple processed vegetables	180	Ready-to-cook	185
Processed food	44	Dried vegetables	32	Ready-to-eat	73
		Simple processed fruits	46		

**Table 2. Descriptive statistics of aerobic bacteria and coliforms count by month (unit : log CFU/g)**

Month	N <sup>1</sup>	Aerobic bacteria			Coliforms		
		Mean±SD	Median	Range	Mean±SD	Median	Range
1	47	6.9±7.2	5.5	7.9-2.1	3.6±4.3	0.0	5.0-0.0
2	29	6.7±7.4	4.9	8.1-2.4	3.6±4.0	1.7	4.7-0.0
3	35	6.3±6.6	5.2	7.2-2.2	2.5±3.0	0.0	3.7-0.0
5	44	7.2±7.4	6.7	8.0-2.4	3.8±4.3	0.0	5.0-0.0
6	37	7.0±7.2	6.2	7.9-2.6	3.3±4.0	0.0	4.7-0.0
7	27	7.5±7.8	6.4	8.4-2.3	4.0±4.4	3.0	5.0-0.0
8	26	6.5±6.8	5.1	7.5-2.3	3.2±3.6	0.0	4.1-0.0
11	13	7.1±7.2	6.9	7.7-3.9	3.2±3.4	1.2	3.9-0.0

N<sup>1</sup>, number of samples

**Table 3. Descriptive statistics of group 1 (unit : log CFU/g)**

	Type	N <sup>1</sup>	Mean±SD	Range	p-value
Aerobic bacteria count	Proceed food	44	6.8±7.1	2.3-7.8	0.0801
	Agriculture	214	7.1±7.5	2.1-8.4	
Coliforms count	Proceed food	44	3.5±4.2	0.0-5.0	0.6511
	Agriculture	214	3.6±4.2	0.0-5.0	

N<sup>1</sup>, number of samples

단순가공 농산물 분류에 따른 일반세균수와 대장균군의 오염도 차이가 있는지 보기 위해 t-검정 및 ANOVA 분석을 실시하였다.

가공식품과 농산물로 분류한 Group 1의 경우 일반세균수에서 *p*값이 0.0801로 통계적 유의차를 보이며 농산물이 가공식품보다 평균값이 약 2배, 최고값은 약 5배나 높아 농산물이 가공식품보다 오염도가 높았다. 대장균군은 농산물의 평균값이 가공식품보다 약 2배 높았으나 *p*값이 0.6511로 통계적인 유의차를 나타내지 않았다(Table 3).

Group 2(단순가공채소류, 건나물류, 단순가공과일류)의 ANOVA 분석을 실시한 결과 일반세균수와 대장균군의 *p*값이 각각 0.0337 및 0.0021로 매우 높은 통계적 유의차를 보였으며(Table 4), 단순가공과일류, 건나물류, 단순가공채소류 순으로 가식부가 토양과 가까울수록 일반세균수 및 대장균군의 오염도가 높음을 알 수 있었다. Bae 등(11), Chio 등(12)의 연구에서 유통 중인 신선편이 채소류에 대한 일반세균수는 3.74-8.04 log CFU/g, 대장균군은 0.16-5.02 log CFU/g 이라 보고하였고 본 연구에서의 단순가공채소류 결과와 비슷한 수준이었다. 건나물류는 미생물 생육에 있어 불리한 조건임에도 불구하고 일반세균수 6.8 log CFU/g, 대장균군 3.5 log CFU/g 의 오염도를 보였다. 양파 채배지(13), 상추 및 오이 시설 채배지(14), 딸기 등 작물 채배지(15)에서 토양의 일반세균수가 6.8-7.1 log CFU/g, 대장균군이 1.8-3.9 log CFU/g인 것보다 비슷한 오염도임을 알 수 있었다. 또한 단순가공과일류의 경우 대장균군 2.9 log CFU/g으로 낮은 평균값을 보이는 반면 일반세균수는 6.2 log CFU/g으로 높았다. 이는 토마토 및 과실류의 일반세균수 0.70-4.48 log CFU/g, 대장균군은 0.00-0.67 log CFU/g 이라고 보고한 Park 등(16)의 결과와 비교해도 높은 수준이다. 이는 유통, 판매과정에서 초기 오염된 미생물의 생육이 억제되지 못하고 증식하였음을 의미하며 깨끗하게 손질되어 있는 외관만을 보고 조리 전 세척 등을 간과하면 안 된다는 것을 알 수 있었다.

일반세균수와 대장균군은 위생지표세균으로 식중독균과 같이 직접적으로 인체에 위해를 가하지 않으나, 제조공정상 위생수준

을 나타내는 지표로 식품위생법에서 기준을 설정하여 규제하고 있다. 농산물은 위생지표세균에 대한 규격이 없으므로 현재 식품공전(3)에서 일반세균수와 대장균군의 허용기준이 가장 높은 장기보존식품의 냉동식품 규격과 비교하여 단순가공 농산물의 오염 실태를 파악하고자 하였다. 단순가공 농산물의 즉석 섭취 여부는 미생물 기준 규격 설정에 있어 중요한 분류 기준이라 판단하였고 따라서 간단한 세척 또는 가열 후 섭취하는 단순조리용(ready-to cook type)과 즉석 섭취용(ready-to eat type)으로 분류하여 식품공전의 가열하여 섭취하는 냉동식품의 일반세균수 기준 5,000,000 CFU/g과, 가열하지 않고 섭취하는 냉동식품의 일반세균수 기준 500,000 CFU/g, 대장균군 기준 100 CFU/g과 비교하였다. 이때 단순조리용 단순가공 농산물의 대장균군은 1,000 CFU/g 이상으로 임의 설정하여 비교하였다.

단순조리용으로 분류된 단순가공 농산물은 총 185건이었고 이중 일반세균수가 5,000,000 CFU/g 이상은 총 67건(36.2%)으로 단순가공채소류 58건, 건나물류가 9건을 차지하고 단순가공과일류는 한 건도 검출되지 않았다. 한편 대장균군의 경우 1,000 CFU/g 이상은 총 43건(23.2%)으로 일반세균수에 비해 낮은 검출률을 보였으나 검출된 대장균군의 평균값이 가공식품의 경우 임의 기준 값인 1,000 CFU/g 대비 약 50배가 넘었고 특히 건나물류는 37.5%의 높은 검출률과 약 30배가 넘는 평균 대장균군수를 보여 가공업체의 위생적 생산, 유통 관리 및 조리 전 충분한 세척 등 조리자의 취급에 유의해야 함을 알 수 있다(Table 5). 또한 본 연구에서 세척 후 바로 섭취 가능한 단순가공 농산물 115건 중 포장지에 씻기 표기가 있는 경우는 39건(33.9%)에 불과하였고, 표기된 활자의 크기 및 위치 또한 다양하여 눈에 쉽게 띄지 않는 경우가 많아 단순가공농산물의 일관된 표시기준이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

즉석섭취(ready-to-eat)하는 단순가공 농산물 총 73건 중 일반세균수가 500,000 CFU/g 이상인 제품은 총 32건(43.8%)의 높은 검출률을 보였고 단순가공채소류가 22건, 단순가공과일류가 10건이었으며 검출된 일반세균수의 평균값 또한 약 30배가 넘는 수준이었다. 대장균군의 경우 100 CFU/g 이상인 제품은 총 12건

Table 4. Multiple comparisons of group 2

	Mean±SD (log CFU/g)			F (p)
	Simple processed vegetables (n=180)	Dried vegetables (n=32)	Simple processed fruits (n=46)	
Aerobic bacteria count	7.1±7.5	6.8±7.4	6.2±6.6	3.44 (0.0337)
Coliforms count	4.1±4.1	3.5±4.4	2.9±3.4	6.29 (0.0021)

Table 5. Detection rates of 1,000 CFU/g or more coliforms count in ready-to cook type (185 samples) of Group 3

	Group 1		Group 2		
	Agriculture (n=171)	Processed food (n=14)	Simple processed vegetables (n=146)	Dried vegetables (n=32)	Simple processed fruits (n=7)
Detected samples No. (rate,%)	41 (23.6)	2 (14.3)	29 (19.9)	12 (37.5)	2 (28.6)
Mean±SD (log CFU/g)	4.3±4.4	4.7±4.8	4.2±4.4	4.5±4.5	3.5±3.4

Table 6. Detection rates of 100 CFU/g or more coliforms count in ready-to-eat type (73 samples) of group 3

	Group 1		Group 2		
	Agriculture (n=43)	Processed food (n=30)	Simple processed vegetables (n=34)	Dried vegetables (n=0)	Simple processed fruits (n=39)
Detected samples No. (rate,%)	6 (14.0)	6 (20.0)	5 (14.7)	-	7 (17.9)
Mean±SD (log CFU/g)	4.3±4.5	3.7±3.7	4.4±4.6	-	3.6±3.7

(16.4%)으로 일반세균수에 비해 낮은 검출률을 보이나 검출된 대장균균수의 평균값이 기준 대비 가공식품의 경우 45배, 농산물 및 단순가공채소류의 경우 무려 약 190에서 230배가 넘었다. 따라서 즉석섭취 하는 식품인 점을 감안하여 농산물로 분류되어 있는 단순가공 농산물은 식품위생법의 가공식품으로 신고등록하여 미생물학적 관리가 될 수 있도록 법적 규제가 마련되어야 할 것으로 사료되었다(Table 6).

#### 식중독균의 오염도 및 독소유전자 분석 결과

7종의 식중독균 중 살모넬라, 캄필로박터 제주니/콜리, 리스테리아 모노사이토제네스는 258건 모두 검출되지 않았고 황색포도알세균은 모두 0 CFU/g으로 안전한 수준이었다. 병원성대장균은 대장균 정성시험법을 통해 4건(1.6%) 분리되었고 독소유전자 확인 결과 모두 불검출되어 병원성대장균은 아님을 알 수 있었다. 국내에서 Seo 등(17)은 신선편이 채소에서 5.8% 대장균이 검출되었다고 보고하였는데 본 연구에서 검출된 4건은 모두 건나물류로 박피, 절단, 건조 등 여러 차례 가공 단계를 거치는 동안 분변 오염 등에 노출되었을 것이라 사료된다.

클로스트리듐 퍼프린젠스는 2건(0.8%) 검출되었으나 건고사리, 파채에서 50 CFU/g이었고 독소유전자는 보유하고 있지 않았다. 식품위생법에서 즉석섭취식품의 클로스트리듐 퍼프린젠스를 100 CFU/g 이하로 관리하고 있고 파채의 경우 상황에 따라 충분한 세척 과정 없이 바로 섭취할 가능성이 있으므로 미생물 규격 적용 또는 세척 문구 표시의무화 하는 등의 위생관리가 필요할 것으로 사료된다.

바실러스 세레우스는 총 검체 258건 중 41건(16.3%) 검출되어 7종의 식중독균 중 가장 높은 검출률을 보였고 특히 건나물류가 9건(28.1%)으로 검출률이 가장 높았다. 바실러스 세레우스는 자연계 특히 토양에 흔히 발견되는 그람양성 포자 형성균으로 식품위생법에서 즉석섭취식품에 대해 1,000 CFU 이하/g로 관리하고 있는데 총 6건(2.3%)이 1,000 CFU/g 이상 검출되었다. 신선편의 셸러드의 14.5 %가 1,000 CFU/g 이상 검출되었다고 보고한

Jo 등(18) 연구 결과에 비해 낮은 수준이나 6건 중 1건은 다진 생강(1,500 CFU/g)으로 식품위생법의 즉석섭취식품으로 관리될 경우 부적합 판정을 할 수 있다. 또한 건가지 1건은 13,000 CFU/g로 식중독을 유발할 수 있는 바실러스 세레우스수가 10,000 CFU/g 이상이라는 연구 결과(19)로 볼 때 식중독 발생의 잠재적 위험성이 있다고 할 수 있으며 노약자 등과 같은 고위험군에서는 훨씬 낮은 농도에서도 발병한다는 보고(20)에 따라 바실러스 세레우스 식중독균에 대한 관리가 필요함을 알 수 있다.

바실러스 세레우스에 의한 식중독에는 enterotoxin에 의한 설사형과 emetic toxin에 의한 구토형이 있다. 설사형 식중독과 관련된 enterotoxin은 haemolytic enterotoxin (HBL; *hblA*, *hblC*, *hblD*), non-haemolytic enterotoxin (NHE; *nheA*, *nheB*, *nheC*), Cytotoxin K (*CytK*), enterotoxin FM (*entFM*), *Bacillus cereus* toxin T (*bceT*)가 있으며, 구토형 식중독은 cereulide (*cer*)에 의해 발생한다(21). 시료 41건에서 분리된 *B. cereus* 60주에 대해 구토독소 1종류와 장독소 9종류를 포함한 10종류의 독소유전자를 확인하고 그 결과를 Table 7에 나타내었다. 분리된 60주에서 최소 1종류부터 최대 9종류의 독소 유전자가 검출되었고, *entFM* 97%, *bceT* 65%, *CytK* 58% 검출률을 보이며 특히 구토독소를 제외한 9종류의 독소 유전자를 모두 가지는 경우도 15건(25%)을 차지하였다. *hblA*, *D*, *C*가 각각 생산하는 B (Binding), L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> (Lytic) 3가지 단백질로 구성된 HBL complex는 장독소 활성을 나타내기 위해 3개 유전자가 모두 필요한 것으로 알려져 있는데, 본 연구에서 3개 유전자를 모두 보유하는 균주는 28주로 분리된 바실러스 세레우스 균주 중 47%가 HBL 활성을 나타낼 수 있을 것이라 추정된다. NHE complex도 *nheA*, *B*, *C*에서 발현된 *Nhe A*, *NheB*, *NheC* 3개의 단백질로 구성되어 있으며 3개 유전자 모두 검출된 균주는 33주(55%)로 HBL complex gene에 비해 많은 균주에서 검출되었고 이는 박 등(22)의 결과와도 일치한다. 그러나 독소 발현에 대해서는 reversed passive latex agglutination (RPLA)와 같이 표현형을 확인할 수 있는 면역분석법 실험이 추가로 필요할 것으로 판단된다.

**Table 7. Distribution of emetic toxin gene and enterotoxin genes of *B. cereus* strains**

No. (%) of <i>B. cereus</i> isolates	Emetic toxin gene				Enterotoxin genes					
	cer	bceT	entFM	CytK	HBL complex			NHE complex		
					hblA	hblC	hblD	nheA	nheB	nheC
	1 (2%)	39 (65%)	58 (97%)	35 (58%)	49 (60%)	44 (82%)	31 (52%)	59 (98%)	41 (68%)	40 (67%)
15 (25%)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1 (2%)	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
3 (5%)	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+
1 (2%)	-	+	+	+	+	+	-	+	-	-
1 (2%)	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-
2 (3%)	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+
2 (3%)	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-
1 (2%)	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+
4 (7%)	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-
4 (7%)	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-
2 (3%)	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-
1 (2%)	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+
6 (10%)	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
1 (2%)	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-
3 (5%)	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+
4 (7%)	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+
1 (2%)	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+
1 (2%)	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-
3 (5%)	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+
1 (2%)	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
1 (2%)	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
1 (2%)	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-
1 (2%)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-

구토독소는 cereulide라고 불리는 저분자 펩타이드로 구성되어 있고 열과 산, 알칼리 및 단백질 가수분해 효소에도 저항성이 있으며 주로 쌀 등의 녹말 식품에서 주로 검출되고 포자 형성과 관련이 있다고 보고되고 있다(23). 우리나라에서 바실러스 세레우스로 인한 식중독 보고는 설사형이 대부분이고 구토형 식중독 사례는 2008년 울산(24), 2011년 전북(25) 등이 보고되고 있다. 본 연구에서 분리된 바실러스 세레우스 60주 중 1주(2%)에서 구토독소가 검출되었으며 들것잎과 생산 환경에서 분리된 바실러스 세레우스에서 21%가 구토독소를 생산한다고 보고한 김 등(26)과, 즉석섭취식품과 편의식품에서 각각 59.4%, 35.6%의 구토독소 검출률을 나타내는 바실러스 세레우스를 분리하였다고 보고한 김 등(8)과 비교했을 때 매우 낮은 수준이라고 할 수 있다. 하지만 구토독소가 검출된 시료는 어린잎채소로 150 CFU/g의 바실러스 세레우스가 검출되었고 적절한 조건이 갖추어질 경우 다시 증식하는 포자 형성균의 특성 상 유통 보관 중에 변질되어 식중독 등의 유발 가능성을 배제할 수 없다.

**요 약**

부산지역 마트 및 농산물도매시장에서 구매한 단순가공 농산물 258건 대상으로 미생물학적 오염실태를 조사하기 위해 일반세균수 및 대장균군수를 측정하였고 이를 세 가지 기준으로 분류하여 비교하였다. 먼저 단순가공 농산물을 가공식품과 농산물로 나누어 살펴본 결과 농산물의 일반세균수 평균값이 약 2배가

량 높고, 최고값 또한 약 5배나 높았다. 단순가공채소류, 건나물류, 단순가공과일류로 분류하여 ANOVA분석을 실시한 결과 매우 높은 통계적 유의차를 보였으며 단순가공채소류의 경우 일반세균수 7.1 log CFU/g, 대장균군 4.1 log CFU/g, 건나물류의 경우 일반세균수 6.8 log CFU/g, 대장균군 3.5 log CFU/g, 단순가공과일류는 일반세균수 6.2 log CFU/g, 대장균군 2.9 log CFU/g의 평균값을 나타내어 가식부가 토양과 가까울수록 일반세균수 및 대장균군의 오염도가 높음을 알 수 있었다. 또한 단순조리용으로 분류된 단순가공 농산물 185건 중 일반세균수가 5,000,000 CFU/g 이상인 제품은 67건(36.2%), 대장균군수가 1,000 CFU/g 이상인 제품은 43건(23.2%)이었고, 즉석섭취용 단순가공 농산물 73건 중 일반세균수가 500,000 CFU/g 이상인 제품은 32건(43.8%), 대장균군수가 100 CFU/g 이상인 제품은 총 12건(16.4%)이었다. 식중독균 7종에 대한 오염 실태를 조사한 결과 살모넬라, 캄필로박터 제주니/콜리, 리스테리아 모노사이토제네스는 모두 음성, 황색포도알균은 0 CFU/g으로 모두 불검출되었다. 병원성대장균의 경우 분리된 대장균 4건(1.6%) 모두 건나물류에서 검출되었고 독소유전자는 확인되지 않았으나 분변 오염 가능성을 배제할 수 없다. 클로스트리듐 퍼프린젠스는 2건(0.8%) 모두 50 CFU/g 검출되었고 독소유전자는 보유하고 있지 않았다. 바실러스 세레우스는 41건(16.3%) 검출되었으며 분리된 바실러스 세레우스 60주에 대한 1종류의 구토독소와 9종류의 장독소 유전자 확인 결과 모두 1종류 이상의 독소 유전자를 보유하고 있었으며 9종류 장독소 유전자를 모두 보유하는 경우가 15주(25%)로 가장 많았고, 구

토독소는 1주(2%)가 검출되었다.

현재 유통되는 단순가공농산물은 그 형태와 범위가 방대하여 이를 모두 식품위생법으로 관리하기에는 과한 규제이며 가공 공정이나 용도 등과 같은 명확한 기준으로 농산물과 가공식품을 나누어 관리하는 것을 제안한다. 즉 즉석섭취가 가능한 다진 마늘, 절단 과일 등은 식품위생법의 가공식품으로 관리하는 등 통일된 규제가 필요하며, 세척, 가열 조리하여 섭취하는 단순가공 농산물의 경우 위생적 생산 관리, 냉장 유통, 세척 문구 표시의무화 등과 같은 구체적인 위생관리 방안을 마련하여 관리하는 것이 바람직하다.

## References

- Kim SW, Park SJ, Byun SY. A study on efficient management for quality and safety of simple processed agricultural products. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea (2014)
- Lee SJ, Lee SM. The study on the quality of pre-processed vegetables in school and institutional food-service. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 628-634 (2006)
- MFDS. Korean Food Standards Codex. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongju, Korea (2016)
- Flank C, Werber D, Cramer JP, Askar M, Faver M, Heiden M, Bernard H, Fruth A, Prager R, Spode A, Wald M, Zoufaly A, Jordan S, Kemper MJ, Follin P, Muller L, King LA, Rosner B, Buchholz U, Stark K, Krause G. Epidemic profile of shiga-toxin-producing *Escherichia coli* O104:H4 outbreak in Germany. New Engl. J. Med. 365: 1771-1780 (2011)
- Lomonaco S, Verghese B, Cerner-Smith P, Tarr C, Gladney L, Joseph L, Katz L, Turnsek M, Knabel S. Novel epidemic clones of *Listeria monocytogenes*, United States. Emerg. Infect. Dis. 19: 147-150 (2013)
- Kim JS, Bang OK, Ghang HC. Examination of microbiological contamination of ready-to-eat vegetable salad. J. Food Hyg. Saf. 19: 60-65 (2004)
- KCDC. Guideline for water & Foodborne Diseases Prevention and Control. Korea Centers for Disease Control and Prevention. Cheongju, Korea (2015)
- Kim TS, Kim MJ, Kang YM, Oh GN, Choi SY, Oh MS, Yang YS, Seo JM, Ryu MG, Kim ES, Ha DR, Cho BS. Molecular characterization and toxin profile of *Bacillus cereus* strain isolated from ready-to-eat foods. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 334-340 (2014)
- Yang IC, Shih DY, Huang TP, Wabg JYm Pan TM. Establishment of a novel multiplex PCR assay and detection of toxigenic strains of the species in the *Bacillus cereus* group. J. Food Protect. 68: 2123-2130 (2005)
- Sun SH, Kim SJ, Kim GC, Kim HR, Yoon KS. Changes in Quality characteristics of Fresh-cut Produce during Refrigerated Storage. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 495-503 (2011)
- Bae YM, Hong YJ, Kang DH, Heu SG, Lee SY. Microbial and pathogenic contamination of ready-to-eat fresh vegetables in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 161-168 (2011)
- Choi JW, Park SY, Yeon JH, Lee MJ, Chung DH, Lee KH, Kim MG, Lee DH, Kim KS, Ha SD. Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. J. Food Hyg. Saf. 20: 43-47 (2005)
- Choi YD, Lee CW, Kim JS, Chung DH, Shim WB. 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)
- Kim BY, Weon HY, Park IC, Lee SY, Kim WG, Song JK. Microbial diversity and community analysis in lettuce or cucumber. Korean J. Soil Sci. Fert. 44:1169-1175 (2011)
- Shim WB, Kim KY, Yoon YH, Kim JE, Shin SI, Kim YS, Chung DH. 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)
- Park WJ, Ryu HY, Lim GY, Lee YD, Park JH. Microbial Prevalence and Quality of Organic Farm Produce from Various Production Sites. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 262-267 (2011)
- Seo Y, Jang JH, Moon KD. Microbial evaluation of minimally processed vegetables and sprouts produced in seoul, Korea. Food Sci. Biotechnol. 19: 1283-1288 (2010)
- Jo MJ, Jeong AR, Kim HJ, Lee N, Oh SW, Kim YJ, Chun HS, Koo MS. Microbiological quality of fresh-cut produce and organic vegetables. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 91-97 (2011)
- Hausler WJ. Topley and Wilson's Microbiology and Microbial Infection 9<sup>th</sup> edition. vol. III, pp. 539-565. Hodder Arnold Pub., London, UK (1998)
- EFSA. Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on *Bacillus cereus* and other *Bacillus* spp. In foodstuffs. European Food Safety Authority. Parma, Italy. pp. 1-48 (2005)
- Granum PE, Lund T. *Bacillus cereus* and its food poisoning toxins. FEMS microbiol. lett. 157: 223-228 (1997)
- Park SH, Park YK, Hwang IY, Park HY, Sung GH, Jo HC. Study on the characteristics of food-borne pathogens isolated from students' mobile phones in Busan. Environ Health Sci. 42: 255-265 (2016)
- Ehling-Schulz M, Svensson B, Guinebretiere MH, Lindbeck T, Andersson M, Schulz A, Fricher M, Christiansson A, Granum PE, Mrtibauer E, Nguyen-the C, Salkinoja-Salonen M, Scherer S. Emetic toxin formation of *Bacillus cereus* is restricted to a single evolutionary lineage of closely related strains. Microbiology 151: 183-197 (2005)
- Kim JH, Lim EG, Jang HC, Park JY, Lee SJ, Park MS, Choi GB, Lee BK. A case of emetic toxin producing *Bacillus cereus* strains isolated from outbreak. Korean J. Clin. Microbiol. 12: 48-52 (2009)
- Kim SK. A study of emetic toxin and enterotoxin producing *B. cereus* strains isolated from outbreak of Jeonbuk province. Chonbuk National University, Jeonju, Korea (2013)
- Kim SR, Lee JY, Lee SH, Ryu KY, Park KH, Kim BS, Yoon YH, Shim WB, Kim KY, Ha SD, Yun JC, Chung DH. Profiles of toxin genes and antibiotic susceptibility of *Bacillus cereus* isolated from perilla leaf and cultivation areas. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 134-141 (2011)