

고추와 고추 재배 토양의 미생물 오염도 조사

정보름 · 서승미 · 전해진 · 노은정 · 김세리 · 이데레사 · 류재기 · 류경열 · 정규석*

국립농업과학원 농산물안전성부 유해생물팀

Evaluation on Microbial Contamination in Red Pepper and Red Pepper Cultivated Soil in Korea

Bo-Reum Jeong, Seung-Mi Seo, Hye-Jin Jeon, Eun-jung Roh, Se-Ri Kim,
Theresa Lee, Jae-Gee Ryu, Kyoung-Yul Ryu, and Kyu-Seok Jung*

Microbial Safety Team, Agro-Food Safety & Crop Protection Department, National Institute of Agricultural Sciences (NIAS), Rural Development Administration (RDA), Wanju, Korea

(Received August 13, 2018/Revised September 5, 2018/Accepted October 11, 2018)

ABSTRACT - Red pepper is widely used as a spicy flavor ingredient in the food industry and many households. The objective of this study was to assess the total aerobic bacteria count, coliforms count and incidence of *Escherichiacoli*, *Salmonella* spp., *Escherichiacoli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Bacillus cereus* in red pepper and red pepper cultivated soil. The total aerobic bacteria number in red pepper and soil were in the range of 2.97 to 8.13 and 5.91 to 7.65 log CFU/g, respectively. The coliforms in red pepper and soil were in the range of 1.87 to 6.71 and 0.67 to 6.16 log CFU/g, respectively. *E. coli* was detected in 3 of 54 soil samples. In 3 out 63 red pepper and 53 of 54 soil samples, *B. cereus* was detected, while *Salmonella* spp., *E.coli* O157:H7, and *L.monocytogenes* were not detected. The results from this study provide an important basic information associated with the microbiological safety of fresh vegetables. Continuous caution is needed to prevent the contamination of pathogenic microorganisms during its farming.

Key words : Red pepper, Soil, *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *B. cereus*

채소에서 부패미생물, 효모, 곰팡이 등이 우세한 미생물로서 존재하지만 식중독을 일으키는 병원성 미생물의 오염도 보고되고 있다^{1,2)}. 특히, 병원성 미생물은 과일과 채소의 단순한 세척으로는 제거되지 않아 식중독사고로 이어지기도 한다고 알려져 있다³⁾. 미국에서 발생한 농산물에 의한 식중독 비율이 1970년대에는 0.7%이었으나 1990년대에는 6%로 크게 증가한 것을 확인할 수 있다⁴⁾. 1998년부터 2008년 사이 농산물이 원인으로 발생한 식중독은 전체의 46%를 차지하고 그 중 22%는 잎채소로 인한 식중독으로 확인되었다⁵⁾. 최근 건강에 대한 국민들의 관심이 높아지면서 곡류와 채소에 중점을 둔 한식 식생활을 추구하고 있어 신선 농산물에 대한 소비가 증대되고 있다⁶⁾.

고추는 음식에 매운맛을 더하는데 필수적인 조미료로써 활용되고 있고, 대부분 건조하여 보관하면서 소비되고 있다⁷⁾. 국내에서 생산·이용되는 고추는 대체로 건조 후 분말화 시킨 고춧가루 형태로 이용되며 풋고추, 홍고추, 건고추 등으로 다양하게 소비된다⁸⁾. 우리나라에서 건고추의 재배면적은 2016년 32,179 ha이며, 생산량은 2016년 85,453 톤으로 나타났다⁹⁾. 고추는 재배기간이 4~8월 사이로 다른 과채류보다 길지만 온도가 높거나 강우가 잦으면 해충이나 미생물에 감염될 가능성이 많다¹⁰⁾. 재배 환경이나 작업자의 위생 상태에 따라 교차오염의 가능성도 높다¹⁰⁾. 고추 과피의 당성분이 있어서 유해 미생물의 증식 가능성이 높기 때문에 안전성 확보를 위해 관리가 필요하다¹¹⁾. 신선 농산물이 수확 후 소비되는 여러 과정에서 병원성 미생물을 포함하여 다양한 미생물에 오염될 수 있다는 것은 외국의 농산물 식중독 사고를 통해서도 나타난 바 있다¹²⁾. 병원성 미생물은 가공처리를 통해 일부 제거할 수 있지만 저장·유통 중 적당한 온도와 습도에서 증식할 수 있다¹³⁾. 특히, *Bacillus cereus* 균은 건조된 농산물, 채소류 등에 오염되어 있다¹⁴⁾. Jung 등¹⁵⁾의 비가열 채소류의 미생물 오염

*Correspondence to: Kyu-Seok Jung, Microbial Safety Team, Agro-Food Safety & Crop Protection Department, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Nongsaengmyeong-ro 166, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Korea

Tel: 82-63-238-3405, Fax: 82-63-238-3840

E-mail: win258@korea.kr

도를 조사한 실험 결과에 따르면 썩갯에서 *B. cereus*가 29.4%로 가장 많이 검출되었으며, 그 다음으로 치커리에서 22.2%로 많이 검출되었다고 하였다. Kim 등¹⁶⁾의 연구에 의하면 비 전처리 채소 및 전처리 채소에서 *B. cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Vibrio parahaemolyticus* 등이 검출된다고 보고하였다. 대표적인 비가열 농식품인 곡류, 과채류, 엽채류 등은 가열 가공공정을 거치지 않으므로 영양가 손실이 적은 반면 농식품 내에 존재하는 미생물이 그대로 유지될 수 있는 문제점이 있다¹²⁾. Burnett and Buechat¹⁷⁾은 채소나 과일의 병원성 미생물 오염 원인으로 토양, 가축분뇨, 관개수, 먼지, 미숙퇴비 등을 들 수 있다고 하였다.

식품공전에서는 살균 또는 멸균처리를 하였거나 더 이상의 가공, 가열조리를 하지 않고 그대로 섭취하는 가공식품에서 *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *V. parahaemolyticus*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Campylobacter jejuni*, *B. cereus*, *Yersinia enterocolitica* 등의 식중독균이 검출되어서는 안된다고 명시되어 있다¹⁸⁾. 농산물의 안전성에 영향을 미치는 위해요소는 증균속, 잔류농약, 그리고 유해미생물 등이다¹⁹⁾. 위의 요소들은 재배, 수확, 수확 후 처리과정, 유통 등 생산부터 소비까지의 전 과정에서 비의도적으로 미생물 오염이 될 수 있다^{19,20)}.

병원성 미생물에 오염된 토양이나 관개용수, 농자재는 농산물로 전이될 수 있다²¹⁾. 오염된 토양에 의한 *Salmonella* 또는 *L. monocytogenes* 등의 식중독 원인균에 오염될 가능성이 있다^{1,22)}. 대개 병원성 *E. coli* O157:H7은 동물성 배설물에서 많이 검출되며 토양 및 수질오염의 원인이 될 수 있다²³⁾. 우리나라에서 소의 분변에서 병원성 *E. coli* O157:H7이 분리된 바 있다¹⁾. 비록 토양 내에 많은 미생물들간에 경쟁과 불완전한 환경에 의해 병원성 미생물이 감소할 수 있지만 퇴비나 토양에 여전히 존재할 수 있다²⁴⁾.

본 연구는 다소비 채소인 고추와 고추 재배 토양의 안전성 확보를 위해 병원성 미생물의 존재 유무를 확인하여 식중독균에 대한 잠재적인 위험성을 평가하는 기초자료 확보를 위하여 수행하였다.

Materials and Methods

검체 채취 대상 및 방법

전국 주요 고추 재배지 중 A지역을 선정하여 시료는 수확기인 2017년 7월부터 10월까지 I, II, III, IV, V농가를 방문하여 고추 시료 63점, 토양 시료 54점을 채취하였다. 채취된 시료는 냉장상태로 보관하여 실험실로 운반한 후 냉장보관하면서 24시간 이내에 실험을 실시하였고 일반세균수, 대장균군, *E. coli*는 정량적 분석을 수행하였고, *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *B.*

*cereus*는 정성적 분석을 수행하였다.

일반세균수, 대장균군, 대장균의 정량적 분석

일반세균수, 대장균군, 대장균의 정량적 분석은 식품공전 방법에 의해 실시되었다¹⁸⁾. 일반세균수(Total aerobic bacteria)의 정량적 분석을 위해서 검체 25 g을 취하여 buffered peptone water (BPW, Difco, Sparks, MD, USA) 225 mL와 혼합하고 균질기(BagMixer[®] 400, Interscience, Saint-Nom la BretecheArpents, France)에서 2분간 균질화하였다. 그 중 시료 1 mL을 일반세균 건조필름배지(Aerobic count plate 3M petrifilm, 3M, St. Paul, MN, USA) 위에 분주하여 35 ± 1°C에서 24 ± 2시간 배양하였다. 희석액으로 단계 희석한 후 건조필름배지 위에 형성된 colony를 계수하여 colony-forming unit (CFU)/g으로 나타내었다. 또한 대장균군(coliform) 및 대장균(*E. coli*)의 정량적 분석을 위해서는 대장균군 건조필름배지(*E. coli*/Coliform Count Plate 3MPetrefilm, 3M, St. Paul, MN, USA)에 분주하여 35 ± 1°C에서 24~48시간 배양하였다. 배양 후 기포를 가진 blue colony를 *E. coli* 양성으로, 기포를 가진 red colony와 기포를 가진 blue colony를 coliform 양성으로 간주하여 계수하였다.

Salmonella spp.의 정성적 분석

Salmonella spp.의 정성적 분석은 식품공전 방법에 의해 실시되었다¹⁸⁾. 검체 25 g을 취하여 buffered peptone water (BPW, Difco, Sparks, MD, USA) 225 mL가 담겨진 멸균된 stomacher bag에 넣어 균질기(BagMixer[®] 400, Interscience)를 이용하여 2분간 균질화 한 다음 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 증균된 액 1 mL을 Rappaport-Vassiliadis broth (Difco, Sparks, MD, USA) 9 mL에 넣어 42°C에서 24시간 동안 2차 증균 배양하였다. 2차 증균 배양된 액은 Xylose lysine desoxycholate agar (XLD, Difco, Sparks, MD, USA)에 희석도말한 후 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 의심되는 colony는 TSA에 계대 배양한 후, latex agglutination test (MicrogenBioproducts, Camberley, UK)로 확인하였고, 확정을 위해 PowerCheck[™] *Salmonella* spp. Detection Kit (Power check PCR kit, Kogen, Korea)를 이용하여 PCR (Biorad, Hercules, CA, USA)로 확인하였다. PCR 반응에서 DNA 5 µL primer는 10 pM 농도로 2쌍 첨가하고 3차 멸균 증류수로 최종 반응용액을 20 µL로 조절하였다. 또한 PCR thermal cycler의 반응 조건은 95°C에서 10분간 predenaturation을 실시한 후, 95°C에서 30초간 denaturation, 60°C에서 30초간 primer annealing, 72°C에서 30초간 extension의 조건으로 35 cycle을 수행하고, final extension을 72°C에서 10분간 실시하였다. PCR에 의한 증폭생성물은 2.0% agarose gel 전기영동에 의해 확인하였다.

E. coli O157:H7의 정성적 분석

E. coli O157:H7의 정성적 분석은 식품공전 방법에 의해 실시되었다¹⁸⁾. 검체 25 g을 취하여 modified tryptone soya broth (mTSB, OXOID, Basingstroke, Hampshire, UK) 배지 225 mL가 들어있는 멸균된 stomacher bag에 넣어 균질기(BagMixer[®] 400, Interscience)를 이용하여 2분간 균질한 후 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 증균된 액은 Sorbitol MacConkey agar (SMAC, OXOID, Basingstroke, Hampshire, UK)에 희석도말하였고, 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 의심되는 colony는 TSA에 계대배양한 후 latex agglutination test (MicrogenBioproducts, UK)로 확인하였고, 확정을 위해 PowerCheck[™] *E. coli* O157:H7 Detection Kit (Power check PCR kit, Kogen, Korea)를 이용하여 PCR (Biorad, USA)로 확인하였다. PCR 반응에서 DNA 5 µL primer는 10 pM 농도로 2쌍 첨가하고 3차 멸균 증류수로 최종 반응용액을 20 µL로 조절하였다. 또한 PCR thermal cycler의 반응 조건은 95°C에서 10분간 predenaturation을 실시한 후, 95°C에서 30초간 denaturation, 60°C에서 30초간 primer annealing, 72°C에서 30초간 extension의 조건으로 35 cycle을 수행하고, final extension을 72°C에서 10분간 실시하였다. PCR에 의한 증폭생성물은 2.0% agarose gel 전기영동에 의해 확인하였다.

*L. monocytogenes*의 정성적 분석

*L. monocytogenes*의 정성적 분석은 식품공전 방법에 의해 실시되었다¹⁸⁾. 검체 25 g을 취하여 UVM (University of Vermont Medium)-Modified Listeria (Difco, Sparks, MD, USA) 225 mL가 들어있는 멸균된 stomacher bag에 넣어 균질기(BagMixer[®] 400, Interscience)를 이용하여 2분간 균질화 한 다음 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 증균된 액 1 mL을 Fraser Listeria broth (Difco, Sparks, MD, USA) 9 mL에 넣은 후 37°C에서 24시간 동안 2차 증균 배양하였다. 2차 증균된 액은 antimicrobial supplement (Bacto[™] Oxford antimicrobial supplement, Difco, Sparks, MD, USA)를 첨가한 Oxford agar base (OAB, Difco, Sparks, MD, USA)에 희석도말하였고, 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 의심되는 colony를 TSA에 계대한 후, PowerCheck[™] *Listeria monocytogenes* Detection Kit (Power check PCR kit, Kogen, Korea)를 이용하여 PCR (Biorad, USA)로 확인하였다. PCR 반응에서 DNA 5 µL primer는 10 pM 농도로 2쌍 첨가하고 3차 멸균 증류수로 최종 반응용액을 20 µL로 조절하였다. 또한 PCR thermal cycler의 반응 조건은 95°C에서 10분간 predenaturation을 실시한 후, 95°C에서 30초간 denaturation, 60°C에서 30초간 primer annealing, 72°C에서 30초간 extension의 조건으로 35 cycle을 수행하고, final extension을 72°C에서 10분간 실시하였다. PCR에 의한 증폭생성물은 2.0% agarose

gel 전기영동에 의해 확인하였다.

*B. cereus*의 정성적 분석

*B. cereus*의 정성적 분석은 식품공전 방법에 의해 실시되었다¹⁸⁾. 검체 25 g을 취하여 buffered peptone water (BPW, Difco, Sparks, MD, USA) 225 mL가 들어있는 멸균된 stomacher bag에 넣어 균질기(BagMixer[®] 400, Interscience)를 이용하여 2분간 균질화 한 다음 Mannitol Egg Yolk Polymyxin agar (MYP, OXOID, Basingstroke, Hampshire, UK)에 도말하였고, 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 의심되는 colony를 TSA에 계대한 후, PowerCheck[™] *Bacillus cereus* Detection Kit (Power check PCR kit, Kogen, Korea)를 이용하여 PCR (Biorad, USA)로 확인하였다. PCR 반응에서 DNA 5 µL primer는 10 pM 농도로 2쌍 첨가하고 3차 멸균 증류수로 최종 반응용액을 20 µL로 조절하였다. 또한 PCR thermal cycler의 반응 조건은 95°C에서 10분간 predenaturation을 실시한 후, 95°C에서 30초간 denaturation, 60°C에서 30초간 primer annealing, 72°C에서 30초간 extension의 조건으로 35 cycle을 수행하고, final extension을 72°C에서 10분간 실시하였다. PCR에 의한 증폭생성물은 2.0% agarose gel 전기영동에 의해 확인하였다.

통계 처리

분석된 모든 결과들에 대해서는 SPSS 통계처리 프로그램 version 11을 사용하여 통계분석하였다. 통계분석은 ANOVA 프로그램의 Tukey's test으로 $p < 0.05$ 의 수준에서 통계학적 유의성을 검증하였다.

Results and Discussion

고추와 재배 토양 중의 일반세균수와 대장균군, 대장균 오염도

고추와 고추 재배 토양 시료는 2017년 7월에서 10월까지 고추재배 농가 중 5개 농가를 선정하여 시료를 채취하였다. 고추의 일반세균수를 조사한 결과(Table 1), I농가 고추의 일반세균수는 평균 5.60 log CFU/g, II농가 고추는 평균 4.96 log CFU/g, III농가 고추는 평균 5.19 log CFU/g, IV농가 고추는 평균 6.18 log CFU/g, V농가 고추는 평균 6.26 log CFU/g이었다. V농가 고추의 일반세균수가 다른 4개의 농가들에 비해 조금 높았다. Park 등¹⁰⁾은 고춧가루의 HACCP 시스템 적용을 위한 미생물학적 위해 분석 연구에서 고추의 미생물 분석 결과 일반 세균수는 6.0×10^3 log CFU/g으로 검출되었고, 그 외 병원성 미생물은 모두 검출되지 않았다고 하였다. Woo 등¹¹⁾의 연구에 따르면 고춧가루 제조업체의 미생물학적 오염도 평가에서 일반세균수가 평균 3.37 log CFU/g 검출되었다. 고추 생산 환경에서의 GAP

Table 1. Population of total aerobic bacteria in red pepper and soil

Sample	Farm	n ¹⁾	Total aerobic bacteria (log CFU/g)		
			Average	Max.	Min.
Red pepper	I	12	5.60 ± 1.22 ^{ab2)}	7.65	3.96
	II	12	4.96 ± 1.55 ^b	7.12	2.97
	III	12	5.19 ± 1.14 ^b	7.21	3.19
	IV	16	6.18 ± 0.87 ^a	7.88	4.77
	V	11	6.26 ± 0.94 ^a	8.13	4.92
Soil	I	12	6.48 ± 0.38 ^{bc}	7.46	6.03
	II	12	6.26 ± 0.27 ^c	6.79	5.91
	III	9	6.32 ± 0.35 ^c	7.06	5.98
	IV	12	7.16 ± 0.29 ^a	7.65	6.73
	V	9	6.77 ± 0.23 ^b	7.35	6.48

¹⁾Number of samples analyzed.

²⁾Average with the same letter within a column are not significantly different at $P > 0.05$.

Table 2. Population of coliforms in red pepper and soil

Sample	Farm	n ¹⁾	Coliforms (log CFU/g)		
			Average	Max.	Min.
Red pepper	I	12	4.78 ± 1.35 ²⁾	6.37	2.10
	II	12	4.01 ± 1.24	5.36	1.87
	III	12	4.05 ± 0.98	5.69	2.23
	IV	16	5.12 ± 1.23	6.71	2.38
	V	11	4.21 ± 0.63	5.46	3.36
Soil	I	12	3.75 ± 1.57	6.16	0.67
	II	12	3.91 ± 1.42	5.58	1.00
	III	9	4.66 ± 0.37	5.05	4.16
	IV	12	4.85 ± 1.12	6.08	3.23
	V	9	3.29 ± 0.94	5.35	2.30

¹⁾Number of samples analyzed.

²⁾Average is significantly different at $P > 0.05$.

모델 개발을 위한 위해요소 조사 연구를 한 Shim 등²⁵⁾이 도출한 결과에 의하면 고추와 고춧잎에서 일반세균수는 2.9~4.5 log CFU/g으로 검출되었고, Nam 등²⁶⁾의 연구에서는 고추와 고춧잎에서 일반세균이 1.9~4.8 log CFU/g으로 검출되었는데 본 연구에서는 2~3 log CFU/g정도 높은 수준으로 검출되었다. 토양의 일반세균수를 조사한 결과(Table 1), I농가 토양의 일반세균수는 평균 6.48 log CFU/g, II농가 토양은 평균 6.26 log CFU/g, III농가 토양은 평균 6.32 log CFU/g, IV농가 토양은 평균 7.16 log CFU/g, V농가 토양은 평균 6.77 log CFU/g이었다. IV농가 토양의 일반 세균수가 가장 높았다. Shim 등²⁵⁾은 오이 재배 토양의 미생물 오염도 확인을 위해 재배전, 재배 및 수확단계로 구분

Table 3. Incidence and population of *E. coli* in red pepper and soil

Sample	Total number of samples	n ¹⁾	<i>E. coli</i> (log CFU/g)		
			Average	Max.	Min.
Red pepper	63	0	-	-	-
Soil	54	3	2.06 ± 1.63	4.36	0.83

¹⁾Number of samples detected.

하여 총 3회에 걸쳐 미생물 분석을 실시하였고, 7.1 log CFU/g의 일반세균이 검출되었다고 보고하였다. 가식부위가 토양 및 먼지 등과 접촉하는 정도와 표면적에 따른 오염수준에 차이를 실험한 결과로 Parsley, dill이 다른 채소에 비해 세균수가 많음을 나타냈다²⁷⁾. 대장균군을 조사한 결과(Table 2), I농가 고추의 대장균군수는 평균 4.78 log CFU/g, II농가 고추는 평균 4.01 log CFU/g, III농가 고추는 평균 4.05 log CFU/g, IV농가 고추는 평균 5.12 log CFU/g, V농가 고추는 평균 4.21 log CFU/g이었다. V농가에서 일반세균수가 가장 높게 검출되었던 결과와는 달리 IV농가 고추가 다른 4개의 농가들에 비해 조금 높은 대장균군수를 나타냈다. 고춧가루 제조업체의 미생물학적 오염도 평가에 대한 연구를 한 Woo 등¹¹⁾의 실험 결과에 의하면 대장균군 0.70 ± 1.14 log CFU/g이 검출되었다. Kwon 등²⁸⁾은 시판중인 고춧가루의 오염도를 조사한 연구에서 대장균군이 양성반응을 나타냈다고 보고하였다. Lee 등⁷⁾은 고춧가루 오염미생물에 관한 연구에서 대장균군이 2.8 × 10³ CFU/g으로 나타난 결과를 확인하였다. I농가 토양의 대장균군수는 평균 3.75 log CFU/g, II농가 토양은 평균 3.91 log CFU/g, III농가 토양은 평균 4.66 log CFU/g, IV농가 토양은 평균 4.85 log CFU/g, V농가 토양은 평균 3.29 log CFU/g이었다. IV농가의 고추에서 대장균군수가 가장 높게 검출되었던 결과와 동일하게 IV농가 토양도 다른 4개의 농가들에 비해 높은 대장균군수를 나타냈다. 본 결과로 보아 토양의 미생물 오염도가 작물의 오염도에도 영향을 미칠 가능성이 있다고 생각한다. 대장균군은 유당을 분해하여 가스나 산을 발생하는 그람 음성의 아포를 만들지 않는 간균을 지칭하는 것으로 대장균군이 검출되면 병원성이 있는 유해미생물과 대장균의 존재 가능성을 의미한다²³⁾. 대장균을 조사한 결과(Table 3), 5개 농가의 고추와 재배 토양 시료 중 토양 3개(6%)의 시료에서만 평균 2.06 log CFU/g의 대장균이 검출되었다. 5개 농가 고추에서는 대장균이 전혀 검출되지 않았다. 3개 대장균 검출시료 중 2개 시료에서 병원성유전자 *eaeA*가 발견되었고(data not shown), 이 유전자를 가진 대장균은 장관병원성대장균(EPEC)으로 식중독을 일으킬 수 있다²⁹⁾. 국내에서 고춧가루 등의 농산물에서 분리된 대장균에 대한 병원성 구분에 관한 연구는 이루어지지 않았다²⁹⁾. 따라서 고추와 고춧가루에 오염가능성이 높은 대장균에 대한 향후 연구가 이루어져야 할 것

Table 4. Incidence of foodborne pathogens in red pepper and soil

Sample	Farm	n ¹⁾	Foodborne pathogens			
			<i>Salmonella</i> spp.	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>L. monocytogenes</i>	<i>B. cereus</i>
Red pepper	I	12	N.D. ²⁾	N.D.	N.D.	N.D.
	II	12	N.D.	N.D.	N.D.	1 ³⁾
	III	12	N.D.	N.D.	N.D.	2
	IV	16	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	V	11	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Soil	I	12	N.D.	N.D.	N.D.	12
	II	12	N.D.	N.D.	N.D.	11
	III	9	N.D.	N.D.	N.D.	9
	IV	12	N.D.	N.D.	N.D.	12
	V	9	N.D.	N.D.	N.D.	9

¹⁾Number of samples analyzed.

²⁾N.D. = Not Detection

³⁾Number of samples detected.

으로 판단된다. 국내 시중 유통 고춧가루 5점을 대상으로 대장균을 측정된 Song³⁰⁾의 연구 결과에 따르면 대장균이 양성으로 확인되었다. 대장균은 사람과 가축의 장내에만 존재하기 때문에 분변으로 인한 오염의 가장 좋은 지표이고, 식품의 위생 지표세균으로 널리 사용되며²³⁾ 토양에 오래 생존할 수 있고, 작물을 오염시킬 가능성이 있으므로 철저한 관리가 필요하다¹³⁾.

고추와 재배 토양 중 병원성 미생물 오염도

병원성 미생물을 검출하기 위하여 각 시료를 selective enrichment broth와 selective agar에서 배양하고, 배양 후 selective agar에서 의심되는 colony는 PCR로 확인한 결과 고추와 토양 각각에서 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 등은 전혀 검출되지 않았고, *B. cereus*만 고추, 토양 시료에서 검출되었다(Table 4). 오 등의 연구에 의하면 4~7월에 유기배추 토양으로 실험한 결과, *Salmonella* spp.와 *L. monocytogenes*가 약 4.0 log CFU/g으로 검출되었다³¹⁾. Song 등²⁹⁾은 고춧가루 시료에서 EPEC(장관 병원성 대장균, enteropathogenic *E. coli*)형, EHEC(장관 출혈성 대장균, enterohemorrhagic *E. coli*)형, ETEC(장관 독소원성, enterotoxigenic *E. coli*)형은 검출되지 않았으나 50개의 시료 중 1점에서 EAEC(장관 부착성 대장균, enteroadherent *E. coli*)형이 양성으로 확인되었다고 하였다. Islam 등²⁴⁾은 *E. coli* O157:H7으로 오염된 퇴비에 의해 병원성 대장균이 상추 표면으로 옮겨질 수 있다고 하였고, Solomon 등³²⁾은 *E. coli* O157:H7으로 오염된 양상추 뿌리를 통해 잎으로 균의 이동 가능성이 있다고 하였다. 따라서, 식중독 발생의 사전 차단을 위해 토양에 내재되어 있는 병원성 미생물이 작물로 이동하지 않도록 철저한 관리가 필요하다¹³⁾. Shim 등²⁵⁾의 연구에 의하면 병원성 미생물 중 *B. cereus*만 고춧잎에서 1.0 log CFU/g으로 검출되었고, Chun 등³³⁾은

고춧가루의 유통 중 미생물학적 오염도를 조사한 결과, *B. cereus*가 6.57 log CFU/g으로 검출되었다고 하였다. 이와 유사하게 본 결과에서도 *B. cereus*가 고추 63점 중 3점(5%)에서 검출되었고 재배 토양 54점 중 53점(98%)에서 검출되었다. 본 연구결과에서는 고추와 재배 토양에 *B. cereus*를 제외한 병원성 미생물 오염은 없는 것으로 나타났다지만 재배 토양에 대한 철저한 안전관리를 통하여 농산물로 인한 식중독 사고를 예방해야 한다고 생각한다.

Acknowledgement

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ012676)의 지원에 의해 이루어진 것임.

국문요약

고추는 한국의 식생활에서 필수적인 향신료로서 대부분이 건조 보관되면서 소비되고 있으며 식품 제조용 및 조미료로써 광범위하게 활용되고 있다. 고추와 고추 재배 토양에서 미생물 오염도를 확인하고자 본 연구에서는 고추 재배 농가(I, II, III, IV, V)에서 시료를 채취하여 일반세균수, 대장균군, 대장균은 정량적 분석을 수행하였고, *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *B. cereus*는 정성적 분석을 수행하였다. 고추 63점과 재배 토양 54점의 일반세균수는 각각 2.97~8.13 log CFU/g, 5.91~7.65 log CFU/g이었고 재배 토양이 고추보다 좀 더 높은 미생물 분포를 보였다. 대장균군은 고추에서, 그 범위가 1.87~6.71 log CFU/g 수준으로 나타났고 재배 토양에서, 그 범위는 0.67~6.16 log CFU/g 수준으로 나타났다. 대장균은 고추에서는 전혀 검출되지 않았고 토양 시료 54점 중 3점

(6%)에서 0.83~4.36 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 5개 농가의 고추, 재배 토양 시료에서 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 등은 검출되지 않았고, *B. cereus*는 고추 63점 중 3점(5%)에서 검출되었고 재배 토양 54점 중 53점(98%)에서 검출되었다. 농산물에서의 미생물 오염은 생산, 가공, 유통의 전 과정에서 일어날 수 있으므로 각 단계에서의 철저한 위생관리가 요구된다.

References

- Kang, T.M., Cho, S.K., Park, J.Y., Song, K.B., Chung, M.S., Park, J.H.: Analysis of microbial contamination of sprouts and fresh-cut salads in a market. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43**(4), 490-494 (2011).
- Adams, M., Hartley, A., Cox, L.: Factors affection the efficacy if washing procedure used in the production of prepared salads. *J. Food Microbiol.*, **58**, 123-128 (2000).
- Beuchat, L.R.: *Listeria monocytogenes* incidence on vegetable. *J. Food Control.*, **7**, 223-228 (1996).
- Sivapalasingam, S., Friedman, R.C., Cohen, L., Tauxe, V.R.: Fresh produce: A growing cause of outbreak of foodborne illness in the United States, 1973 through 1997. *J. Food Protect.*, **67**, 2342-2353 (2004).
- Painter, J.A., Hoekstra, R.M., Ayers, T., Tauxe, R.V., Braden, C.R., Angulo, F.J., Griffin, P.M.: Attribution of foodborne illnesses, hospitalizations, and deaths to food commodities by using outbreak data, United States, 1998-2008. *Emerg. Infect. Dis.*, **19**, 407-415 (2013).
- Yun, H.J., Park, K.H., Ryu, K.Y., Kim, B.S.: Analyses of microbiological contamination in cultivation and distribution stage of tomato and evaluation of microbial growth in tomato extract. *J. Food Hyg. Safety*, **28**, 174-180 (2013).
- Lee, J.E., Lee, M.H., Kwon, J.H.: Effects of electron beam irradiation on physicochemical qualities of red pepper powder. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **32**(2), 271-276 (2000).
- Yun, H.J., Park, K.H., Ryu, K.Y., Kim, S.R.: Effects of LED treatment on microbial reduction and quality characteristics of red pepper powder. *J. Food Hyg. Safety*, **27**(4), 442-448 (2012).
- Korea Rural Economic Institute (KREI). Available from: <http://lib.krei.re.kr/pyxis-api/1/digital-files/605ba745-b761-2a94-e054-b09928988b3c>, accessed Feb. 05, (2017).
- Park, S.B. and Kwon, S.C.: Microbiological hazard analysis for HACCP system application to red pepper powder. *J. Korea Acad. Industr. Coop. Soc.*, **16**(4), 2602-2608 (2015).
- Woo, H.I., Kim, J.B., Choi, J.H., Kim, E.H., Kim, D.S., Park, K.S.: Evaluation of the level of microbial contamination in the manufacturing and processing company of red pepper powder. *J. Food Hyg. Safety*, **27**(4), 427-431 (2012).
- Jung, K.S., Roh, E.J., Ryu, K.Y., Kim, W.I., Park, K.H., Lee, D.H., Kim, K.H., Yun, J.C., Heu, S.G.: Monitoring of pathogenic bacteria in organic vegetables from Korean market. *Korean J. Soil Sci. Fert.*, **45**(4), 560-564 (2012).
- Jung, K.S., Seo, S.M., Jeon, H.J., Kim, S.R., Kim, W.I., Kim, S.R., Roh, E.J., Ryu, J.G., Lee, S.D.: Evaluation on microbial contamination in chinese cabbage cultivated soil in Korea. *Korean J. Soil Sci. Fert.*, **50**(6), 538-546 (2017).
- Kim, S.H., Kim, J.S., Choi, J.P., Park, J.H.: Prevalence and frequency of food borne pathogens on unprocessed agricultural and marine products. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **38**(4), 594-598 (2006).
- Jung, S.H., Hur, M.J., Ju, J.H., Kim, K.A., Oh, S.S., Go, J.M., Kim, Y.H., Im, J.S.: Microbiological evaluation of raw vegetables. *J. Food Hyg. Safety*, **21**(4), 250-257 (2006).
- Kim, M.H. and Shin, W.S.: Microbiological quality of raw and cooked foods in middle and high school food service establishments. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **37**(10), 1343-1356 (2008).
- Burnett, S.L. and Beuchat, L.R.: Human pathogens associated with raw produce and unpasteurized juices, and difficulties in decontamination. *J. Industri. Microbiol. Biotechnol.*, **27**, 104-110 (2001).
- Korea Food and Drug Administration (KFDA). Available from: <http://www.mfds.go.kr>, accessed Apr. 01, (2016).
- Choi, Y.D., Lee, C.W., Kim, J.S., Chung, D.H., Shim, W.B.: Investigation of hazards from onions and their cultivation areas to establish a good agricultural practices (GAP) Mode. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **45**(6), 785-790 (2013).
- Beachat, L.R., Farbar, J.M., Garrett, E.H., Harris, L.J., Parish, M.E., Suslow, T.V., Busta, F.F.: Standardization of a method to determine the efficacy of sanitizers in inactivating human pathogenic microorganisms on row fruits and vegetables. *J. Food Protect.*, **64**, 1079-1084 (2001).
- Kim, W.I., Gwak, M.G., Jo, A.R., Ryu, S.D., Kim, S.R.: Investigation of microbiological safety of on-farm produce in Korea. *J. Food Hyg. Safety*, **32**(1), 20-26 (2017).
- Soriano, J.M., Rico, H.M., Molto, J.C., Manes, J.: Incidence of microbial flora in lettuce, meat, and Spanish potato omelet from restaurant. *J. Food Microbiol.*, **18**, 159-163 (2001).
- Maule, A.: Survival of verocytotoxigenic *Escherichia coli* O157 in soil, water and on surfaces. *Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement.*, **88**, 71S-78S (2000).
- Islam, M., Doyle, M.P., Phatak, S.C., Millner, P., Jiang, X.: Survival of *Escherichia coli* O157:H7 in soil and on carrots and onions grown in fields treated with contaminated manure composts or irrigation water. *J. Food Microbiol.*, **22**, 63-70 (2005).
- Shim, W.B., Lee, C.W., Jeong, M.J., Kim, J.S., Ryu, J.G., 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.*, **46**, 108-114 (2014).
- Nam, M.J., Heo, R.W., Lee, W.G., Kim, K.Y., Chung, D.Y., Kim, J.S., Shim, W.B., Chung, D.H.: Microbiological hazard analysis of hot pepper farms for the application of good agricultural practices (GAP) system. *J. Agri. Life Sci.*, **45**, 163-173 (2011).
- Aycicek, H., Oguz, U., Karci, K.: Determination of total aer-

- obic and indicator bacteria on some raw eaten vegetables from wholesalers in Ankara, Turkey. *J. Hyg. Environ. Health*, **209**(2), 197-201 (2006).
28. Kwon, J.H., Byun, M.W., Cho, H.O.: Effect of irradiation on the sterilization of red pepper powder. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **13**, 188-192 (1984).
 29. Song, Y.J., Park, S.W., Chun, S.C., Choi, M.J., Chung, K.C., Lee, S.K.: Efficient treatment methods for reducing *Escherichia coli* populations in commercially-available red pepper powder in Korea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **41**(6), 875-880 (2012).
 30. Song, Y.J.: Enumeration of pathogenic *Escherichia coli* in red pepper powder and reduction efficiency by alcohol treatment and UV irradiation. MS Thesis. Konkuk University, Seoul, Korea. (2012).
 31. Oh, S.Y., Nam, K.W., Yoon, D.H.: Analysis of pathogenic microorganisms's contamination and heavy metals on kimchi cabbage by cultivation methods in Korea. *J. Food Hyg. Safety*, **32**(6), 500-506 (2017).
 32. Solomon, E.B., Yaron, S., Matthews, K.R.: Transmission of *Escherichia coli* O157:H7 from contaminated manure and irrigation water to lettuce plant tissue and its subsequent internalization. *J. Appl. Environ. Microb.*, **68**, 397-400 (2002).
 33. Chun, H.H., Kim, J.Y., Kim, H.J., Song, K.B.: Effect of UV-C irradiation on the quality of red pepper powder during storage. *Korean J. Food Preserv.*, **16**(3), 454-458 (2009).