pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 28, No. 4, pp. 324~329 (2013)
http://dx.doi.org/10.13103/JFHS.2013.28.4.324

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

국내 생산단계 토마토의 위생지표세균 및 유해미생물 오염도 조사

김원일* · 조아라 · 이주한 · 김세리 · 박경훈 · 남기웅[1] · 윤요한[2] · 윤덕훈[1] · 오소영[1] · 이문행[3] · 류재기 · 김황용

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 유해생물팀, [1]국립한경대학교 국제농업기술정보연구소
[2]숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학과, [3]충청남도 농업기술원 부여토마토시험장

Survey of Microbial Contamination of Tomatoes at Farms in Korea

Won-Il Kim*, A-Ra Jo, Ju-Han Lee, Se-Ri Kim, Kyeong-Hun Park, Ki-Woong Nam[1], Yohan Yoon[2], Deok-Hoon Yoon[1], So-Yong Oh[1], Mun Haeng Lee[3], Jae-Gee Ryu, and Hwang-Yong Kim

Microbial Safety Team, Department of Crop Life Safety, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea
[1]Research Institute of International Agriculture, Technology and Information, Hankyong National University, Ansung 456-749, Korea
[2]Department of Food & Nutrition, College of Human Ecology, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea
[3]Buyeo Tomato Experiment Station, Chungnam Agricultural Research and Extension Services, Buyeo 323-814, Korea
(Received September 16, 2013/Revised October 7, 2013/Accepted November 5, 2013)

ABSTRACT - This study investigated and evaluated contamination levels of bacteria on tomatoes at farms stage to evaluate potential hazards associated with fresh tomatoes. A total of 170 samples, 90 samples from 5 sampling sites from 18 farms and 80 samples from 1 sampling site from 4 farms every month for four months, were analyzed to enumerate aerobic bacterial counts, coliforms, *E. coli*, *Bacillus cereus, Staphylococcus aureus, Escherichia coli, E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., and *Listeria monocytogenes*. Aerobic bacterial counts ranged from 0.48 to 6.15 Log CFU/g, with the lowest and the highest bacterial cell counts recorded for A site and E site, respectively. Thirty five percent of the samples from the E site contained more than 2 Log CFU/g. Six samples (6.6%) of 90 samples contained *B. cereus* less than 1 Log CFU/g. In addition, the contamination level of indicator bacteria and *B. cereus* in tomatoes were higher on March than on April, May and June ($P < 0.05$). *S. aureus, E. coli, E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. and *L. monocytogenes* were not detected in the tomato samples. The microbial contamination levels of tomatoes determined in this study may be used as the data for microbiological risk assessment.

Key words : tomato, microbiological quality, food-borne pathogen

국민들의 생활 수준 향상 및 건강에 대한 관심이 고조되면서 별도의 조리과정 없이 섭취하는 신선 농산물의 소비량이 계속해서 증가하고 있다[1,2]. 그 중에서 토마토는 대표적인 신선 섭취 농산물로써 미국 타임지가 선정한 '몸에 좋은 10가지 식품' 중 하나로 카로티노이드류 중 라이코펜(lycopene)이 다량 함유되어 있어 세포의 산화를 막아 노화를 억제하고, 항암효과, 심혈관질환 예방, 혈당저하 효과가 있는 것으로 알려져 있는 건강식품이다[3]. 2000년대 국내 토마토 생산량은 연간 약 35만 톤으로 80년대에 비해서는 약 6.5배, 90년대에 비해서는 약 2배 증가하였다[3]. 그러나 최근 국제적으로 *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes, Escherichia coli* O157과 같은 식중독을 일으키는 병원성 미생물이 오염된 토마토 섭취에 따른 식중독 사고가 가정, 외식업체 등에서 발생하여 많은 인명, 재산 피해를 가져와[5,6], 소비자들이 안전성에 대한 우려를 표하고 있다. 이와 같이 과거에 비해 최근에 문제가 발생되는 원인으로써는 농산물 재배법 및 재배환경의 변화, 소비자의 식습관, 증가하는 신선 농산물의 수입량 증가 등인 것으로 알려져 있다[7]. 이들의 오염경로를 명확하게 밝히는 것은 어렵지만[6], 농산물은 생산과정에서 토양, 관개용수, 야생동물, 곤충 등에 의해 오염될 수 있고, 수확, 수확 후 처리, 가공, 포장 등의 처리과정 중에서도 교차오염이 일어날 수 있는 것으로 알려져 있다[8]. *Salmonella enterica*와 같은 병원성 미생물이 토양에서뿐만 아니라 꽃, 잎, 줄기 등 토마토 식물체에서 오랫동안 생존이 가능하고, 식물체

*Correspondence to: Won-Il Kim, Microbial Safety Team, Department of Crop Life Safety, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea
Tel: 82-31-290-0444, Fax: 82-31-290-0407
E-mail: kimwi@korea.kr

내부로 침투할 능력이 있는 것으로 알려져 있다[9,10,11,12]. 또한 *Salmonella, E. coli* O157:H7 등과 같은 병원성 미생물이 과일 등에 오염이 된 후에는 세척 등으로 완전히 제거하기가 어려우므로[13], 병원성 미생물 등이 오염되기 전에 사전예방적으로 관리해야만 한다. 미국 FDA에서는 'The Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables'라는 지침서를 통해 과일·채소의 재배, 수확, 수확 후 처리에 이르기까지 미생물의 교차오염 예방을 위해 GAP (Good Agricultural Practices)를 따르도록 권고하고 있다[14]. 국내의 토마토 안전성 확보를 위한 연구로는 판매단계 토마토의 생물적 위해요소 분석[15], GAP 실천 모델 확립을 위한 토마토 재배환경 및 수확 후 처리시설의 생물적 위해요소 분석[16,17] 등에 대한 연구가 수행되었으나, 생산단계 토마토의 생물학적 위해요소 분석에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 국내 생산단계 토마토의 위생지표세균 및 유해미생물 오염 실태와 시기별 오염도의 변화 양상을 파악하고자 수행하였다.

재료 및 방법

토마토 시료 수집

주산지의 토마토 시료 수집

국내 생산단계 토마토의 위생지표세균 및 유해미생물 오염도 조사를 위해 경북 소재 2지역(7개 농가), 전북 소재 1지역(4개 농가), 경남 소재 1지역(3개 농가), 광역시 1지역(4개 농가)으로 총 5개 지역(18개 농가)에서 토마토(*Lycopersicon esculentum*) 시료를 수집하였다. 토마토 시료는 완숙되어 출하가 가능한 과실을 대상으로 채취하였고, 방울토마토의 경우에는 3개의 과실을 1점, 완숙토마토의 경우에는 1개의 과실을 1점으로 하여 1개 농가당 5점씩, 총 90점의 시료를 수집·분석하였다. 시료를 수집할 때에는 교차오염을 방지하고 미생물 밀도 변화를 최소화하기 위하여 멸균된 장갑을 착용하여 폴리에틸렌 재질의 봉투에 시료를 채취한 후, 즉시 냉장박스에 보관하여 실험실로 이송하여 12시간 내에 분석하였다.

시기별 토마토 시료 수집

충남 소재 한 지역의 4개의 동일한 농가에서 3, 4, 5, 6월에 각 월별 1회씩 토마토 시료를 수집하였다. 방울토마토 3개 농가, 완숙토마토 1개 농가의 토마토를 대상으로 위와 같은 방법으로 채취하여 총 80점의 시료를 수집·분석하였다.

위생지표세균 오염도 조사

위생지표세균인 일반호기성세균과 대장균군/대장균의 오염도를 정량적으로 분석하였다. 토마토 시료를 stomacher bag에 넣고 방울토마토는 1:3(w/v), 완숙토마토는 1:2(w/v)의 비율로 0.1% peptone water를 더해 Pulsifier PUL 100E (Microgen, UK)로 15초 동안 균질화하였다. 일반호기성세균수 측정을 위해 Pulsifier로 균질화한 희석용액 1 mL을 취해 건조배지(Aerobic Count Plant, 3M, Minn, USA)에 분주한 후 30°C 배양기에서 48시간 동안 배양하여 나타난 colony의 수를 계수하였다. 대장균군/대장균(Coliforms/*E. coli*)의 밀도 측정을 위해 희석용액 1 mL을 취해 건조배지(Coliforms/*E. coli* Count Plate, 3M, USA)에 분주한 후 37°C 배양기에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 건조배지 상에서 푸른색 또는 붉은색 균체에서 기포가 발생된 대장균군 및 대장균 집락의 수를 계수하였다.

유해미생물 오염도 조사

수집한 토마토 시료에 대해 *Bacillus cereus*와 *Staphylococcus aureus*의 오염도를 정량적으로 분석하였다. *B. cereus* 오염도 조사를 위해 균질화한 희석용액을 0.25 mL씩 4개의 Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar (MYP, OXOID, UK)에 각각 분주하여 도말하였다. 30°C 배양기에서 24시간 동안 배양한 후 *B. cereus*로 의심되는 colony의 수를 세었고, 시료당 5개의 의심되는 colony를 MYP 배지에 계대배양하여 전형적인 colony 형태를 육안으로 재확인 한 후 Nutrient Agar (NA, BD, USA) 배지에 순수분리 하였다. 분리된 균주들 중에서 *B. cereus*와 유사한 특성을 가진 *B. thuringiensis*를 구별하기 위해 *B. cereus* Detection Kit (JS-BC050, Jinsung Uni-tech, Korea)를 이용하여 *B. cereus*와 *B. thuringiensis*의 공통 유전자인 groEL gene, *B. cereus*만 가지고 있는 *ces* gene, *B. thuringiensis*만 가지고 있는 *cry*1 gene 유무를 판별해 *B. cereus* 진위를 검정하였다. 분석과정으로는 각 균주의 chromosomal DNA를 boiling 방법(100°C, 10분)으로 template DNA 추출한 후 Micro-tube에 master mixture(멸균수 14.875, buffer 2.5, dNTP 0.5, *cry*1 forward primer 1, *cry*1 reverse primer 1, *groEL* forward primer 1, *groEL* reverse primer 1, *ces* forward primer 1, *ces* reverse primer 1, *Taq* polymerase 0.125 uL) 24 uL와 template DNA 1 uL를 혼합한 후 중합효소연쇄반응 장비(C1000™ Thermal Cycler, Biorad, USA)를 이용하여 특정 염기서열을 증폭하였다. 반응조건은 1. 95°C에서 2분, 2. 95°C에서 20초, 3. 61°C에서 20초, 4. 72°C에서 20초, 5. 72°C에서 2분으로 하였고 2번에서 4번 과정은 30 cycle로 설정하였다. 반응 후 증폭산물의 전기영동을 통하여 target gene인 *cry*1 (138bp), *groEL* (250bp), *ces* (405bp)의 band 유무를 판별하였다. 판별된 *B. cereus* 수를 최초에 측정하였던 추정 colony의 수에 대입해 최종 세균수를 산정하였다. *S. aureus* 오염도 조사를 위해 균질화한 희석용액을 0.25 mL씩 4개의 Baird-Parker (BP, OXOID, UK)에 각각 분주하여 도말한 후 37°C의 배양기에서 48시간 동안 배양

하였다. *S. aureus*로 의심되는 colony를 Nutrient Agar에 순수분리한 후 VITEK® 2 (BIOMERIEUX, France)를 이용해 분석・동정하여 *S. aureus* 진위를 판별하였다.

S. aureus, Listeria monocytogenes, Escherichia coli, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp.의 오염도를 정성적으로 분석하였다[18]. Preenrichment를 위해서 토마토 시료를 stomacher bag에 넣고 1:3(w/v) 비율로 Buffered Peptone Water (OXOID, UK)용액을 더해 37ºC 배양기에서 24시간 동안 증균배양하였다. Selective enrichment를 위해 각 세균의 선택적 증균배지인 TSB (BD, USA) + 10%NaCl, Fraser Listeria (OXOID, UK), E. coli (EC, OXOID, UK), modified E. coli (mEC, OXOID, UK), Rappaport-Vassiliadis R-10 (RV, OXOID, UK)가 9 mL이 든 시험관에 증균용액 1 ml를 첨가한 후 RV, EC, mEC는 42ºC, Fraser, TSB (+10% NaCl)은 37ºC의 배양기에서 24시간 동안 배양하였다. 배양한 후 각 세균의 선택배지인 BP, Oxford agar, Eosin-Methylene Blue agar (EMB, OXOID, UK), Sorbitol Macconkey agar (SMA, OXOID, UK), Xylose lysine deoxycholate agar (XLD, OXOID, UK) 고체배지로 멸균된 백금이를 사용하여 분리하였으며 각 세균의 생장에 적절한 온도의 배양기에서 배양하였다. 배양한 후 각 선택배지별로 병원균으로 의심되는 균주를 육안으로 선별하여 colony를 NA배지에 순수분리하였다. 분리한 균주는 정확한 동정을 위해 VITEK® 2 (BIOMERIEUX, France)를 이용해 최종 동정하였다.

통계적 분석

시기별 토마토의 위생지표세균 및 유해미생물 오염도 조사로부터 얻은 결과값에 대해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)법으로 시기별 오염도 차이를 비교하였고, 분산분석 결과가 유의한 수준일 경우($p < 0.05$), LSD법으로 다중검정을 실시하였다. 위의 분석은 SAS 9.2 소프트웨어 (SAS Institute Inc., USA)를 이용하여 실시하였다.

결과 및 고찰

토마토의 위생지표세균 및 유해미생물 오염도

위생지표세균(일반호기성세균, Coliforms)

일반호기성세균의 유무가 인체에 대한 유해성과 직접적인 관련성은 적지만, 식품의 생산, 가공 및 유통상의 위생조건 및 잠재적 식품 부패 등을 판정할 수 있는 지표로 유용하게 사용될 수 있으며, 대장균군(Coliforms)은 식품 위생상 분변오염의 지표로 사용되고 있다[19]. 본 연구에서는 국내 토마토의 전반적인 위생지표세균 오염도를 파악하기 위해 총 5지역(18개 농가)에서 수집한 생산단계 토마토의 일반호기성세균, Coliforms의 오염도를 분석하였다 (Table 1). 대상 지역 및 농가의 토마토의 일반호기성세균 오염도는 0.48-6.15 Log CFU/g, Coliforms의 오염도는 N.D. (Not detected)-3.37 Log CFU/g 범위인 것으로 나타났다. 평균적으로는 일반호기성세균은 2.81 Log CFU/g, Coliforms는 0.31 Log CFU/g인 것으로 나타났다. 개별 농가간 토마토의 위생지표세균 오염도는 통계적으로 같거나 유의한 차이가 있는 것으로 나타났는데(data not shown), 이는 시료수집 당시 토마토 재배 농가의 재배형태(토양재배, 수경재배 등), 작물생육 단계, 작물 생육환경(기온, 습도 등), 재배환경 특성(토양, 관개수 등), 작업자위생 등의 농가별 특성에 따른 차이인 것으로 판단된다. 본 생산단계 토마토의 위생지표세균 오염도 조사 결과는 유 등[15]이 보고한 국내 대형할인점과 백화점에서 판매되고 있는 토마토의 위생지표세균 오염도에 비해 전반적으로 낮은 수치를 나타낸다. 유 등은 일반호기성세균은 대형할인점과 백화점에서 각각 평균 4.43, 4.46 Log CFU/g, Coliforms는 각각 평균 3.59, 3.53 Log CFU/g으로 검출되었다고 보고하였다. 위생지표세균과 같은 미생물은 재배과정에서 여러 가지 경로를 통해 농산물로 이행될 수 있는데, 박[16] 등은 토마토 생산지의 토양에서 일반세균이 6.4-7.2 Log CFU/g, Coliforms가 4.4-6.1 Log CFU/g 범위로 검출되었고, 양액, 관개수, 작업자손, 작업장갑 등에서도 일반세균 및 Coliforms가 검출되었다고 보고한바 있다. 이러한 재배환경에 존재하는 미생물이 농작물로 이행될 가능성은 배제할 수 없으며, 특히 오염된 관개수를 통한 유해미생물의 작물로의 이동성은 여러 연구자에 의해 밝혀진바 있다[20,21,22]. 그리고 농산물은 재배단계 중 노출된 환경뿐 아니라 수확단계에서도 작업자, 수확바구니 등과 접촉되어 유해미생물의 교차오염이 일어날 가능성이 있고, 수확된 이후에도 세척, 절단, 저장 등의 여러 단계를 거치는 동안 유해미생물의 교차오염과 증식이 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다[23,24,25,26]. 이[17]등은 토마토 수확 후 처리시설에 있는 작업대, 작업자, 포장박스 등과 같은 토마토 과실에 접촉될 수 있는 수확 후 처리환경의 일반호기성세균과 Coliforms의 오염도를 분석하였는데, 이들에서 일반호기성세균은 3.3-5.6 Log CFU/100 cm^2, Coliforms는 3.4-4.8 Log CFU/100 cm^2의 범위로 검출된다고 보고하였다. 이러한 수확 후 처리환경은 토마토 과실과 직접 닿는 부분으로써 교차오염원이 될 수 있고 이들의 위생관리 정도에 따라 교차오염 정도는 차이가 날 것이라고 판단된다. 병원성 미생물 등의 교차오염을 예방하기 위해서는 토마토 재배, 수확, 수확 후 처리 등의 과정에 있어서 농자재, 작업장, 작업복 및 작업도구, 작업자의 위생관리가 중요하다.

유해미생물

미국의 경우에는 *Salmonella* spp.가 오염된 토마토 섭취에 의한 식중독 사고가 발생하고 있고[27], *Shigella flexneri*

Table 1. Contamination levels of indicator bacteria in tomatoes collected from various sites

Sampling sites	No. of farm /site	No. of sample units	Percentage(%) of samples in the indicated interval : **Total aerobic bacteria**						Range	Mean ± S.D.[b]	Percentage(%) of samples in the indicated interval : **Coliforms**				Range	Mean ± S.D.
			< 2[a]	2-3	3-4	4-5	5-6	> 6			< 1	1-2	2-3	> 3		
A	3	15	60	20	13.3	6.6	0	0	0.48-4.32	1.65 ± 1.229	93.3	0	6.6	0	ND-2.48	0.17 ± 0.640
B	4	20	45	35	10	10	0	0	1.48-4.81	2.38 ± 0.936	100	0	0	0	ND	-
C	3	15	46.6	20	26.6	6.6	0	0	1.30-4.45	2.56 ± 1.077	100	0	0	0	ND	-
D	4	20	30	35	25	10	0	0	1.30-4.78	2.66 ± 1.038	95	5	0	0	ND-1.78	0.18 ± 0.425
E	4	20	0	5	30	25	35	5	2.93-6.15	4.45 ± 0.973	55	10	30	5	ND-3.37	1.09 ± 1.188

[a]The unit of number is Log CFU/g.
[b]Standard deviation.
[c]Not detected.

Table 2. Contamination levels of indicator bacteria and *B. cereus* in tomatoes collected from March to June

Sampling time	No. of sampling sites	No. of sample units	Percentage(%) of samples in the indicated interval : **Total aerobic bacteria**					Range	Mean ± S.D.[b]	Percentage(%) of samples in the indicated interval : **Coliforms**				Range	Mean ± S.D.	Percentage(%) of samples in the indicated interval : ***B. cereus***			Range	Mean ± S.D.
			< 2[a]	2-3	3-4	4-5	> 5			< 1	1-2	2-3	> 3			< 1	1-2	> 2		
March	4	20	30	35	20	15	0	1.30-4.25	2.70 ± 0.962[A]	75	5	20	0	ND[c]-2.78	0.56 ± 1.041[A]	30	40	30	ND-2.84	1.58 ± 0.717[A]
April.	4	20	20	45	15	15	5	1.30-5.05	2.92 ± 0.984[A]	100	0	0	0	ND	-[B]	100	0	0	ND-0.48	0.05 ± 0.147[B]
May	4	40	35	42.5	20	0	2.5	1.30-5.32	2.48 ± 0.864[AB]	97.5	0	0	2.5	ND-3.11	0.12 ± 0.506[B]	100	0	0	ND-0.78	0.04 ± 0.159[B]
June	4	20	70	25	5	0	0	1.30-3.24	2.03 ± 0.745[B]	100	0	0	0	ND	-[B]	100	0	0	ND-0.78	0.12 ± 0.226[B]

Means having different letters[(A-B)] are significantly different ($P < 0.05$).
[a]The unit of number is Log CFU/g.
[b]Standard deviation.
[c]Not detected.

에 의한 대규모 식중독 사고가 보고된바 있다[28]. 또한 멕시코, 싱가포르 등에서 생산단계 및 판매단계의 토마토 과실에서 *Salmonella* spp., *E. coli*와 같은 유해미생물이 검출된 사례가 있다[29,30,31]. 현재까지 국내에서는 토마토 섭취에 따른 식중독 사고 발생이 보고된 적이 없고, 판매단계의 토마토에서 위와 같은 유해미생물이 검출된 사례는 없다. 본 연구에서는 국내 생산단계 토마토의 유해미생물 오염도 조사를 수행하였고, *B. cereus*를 제외한 *S. aureus, E. coli, E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*은 검출되지 않았다(data not shown). *B. cereus*는 총 90개 시료 중 6개(6.7%)의 시료에서 검출되었고, 정량적으로 모두 1 Log CFU/g 이하의 비교적 낮은 오염도를 나타냈다(data not shown). *B. cereus*의 경우에는 구토형 또는 설사형 독소를 생성하여 인체에 해를 일으키는데, 일반적으로 매개식품 내에 5-8 Log CFU/g으로 존재할 때 생장활성이 있는 것으로 알려져 있다[31]. 본 연구결과에서는 병원성 미생물의 오염도에 있어 우려할만한 결과는 나타나지 않았다. 하지만 병원성 미생물은 그 오염경로가 다양하고[8], 가열 등 'kill-step'이 없이 신선 섭취하는 경우가 대부분이므로[6] 생산단계에서부터 철저한 위생관리를 통해 안전성을 확보해야만 한다.

시기별 토마토의 위생지표세균 및 유해미생물 오염도

시기별로 토마토의 위생지표세균 및 유해미생물 오염도 변화를 조사하였다. 시료 수집 시기를 토마토 과실의 주요 수확기인 3월에서 6월까지로 하였고, 토마토 재배력 및 위생관리의 편차를 줄이기 위해 4개 농가의 동일한 필지에서 시료를 수집・분석하였다. 위생지표세균 중 일반호기성세균의 경우에는 3, 4, 5, 6월에 각각 1.30-4.25, 1.30-5.05, 1.30-5.32, 1.30-3.24 Log CFU/g 범위로 나타났고, 평균값은 각각 2.70, 2.92, 2.48, 2.03 Log CFU/g으로 시기가 지날수록 일반세균의 오염도는 유의하게 낮아지는 것으로 나타났다(Table 2). Coliforms와 *B. cereus*의 경우에도 5월의 Coliforms의 오염도 범위를 제외하고 범위와 평균값이 4, 5, 6월에는 3월에 비해 낮게 나타났다. 이와 같이 시기가 지남에 따라 토마토의 위생지표세균 및 유해미생물의 오염도가 낮아지는 것은 작물이 성장함에 따라 토양과 토마토 과실의 간격이 늘어나 주요 교차오염원인 토양으로부터 미생물의 교차오염 가능성이 줄어들기 때문인 것으로 판단된다. 이와 관련하여 직접적인 연구결과는 보고된 바가 없지만, 토양은 관개, 범람, 부적절한 퇴비 시용 등 여러 경로를 통해 병원성 미생물에 오염될 수 있다고 알려져 있다[32]. 간접적으로 본 연구의 시료수집 대상 농가인 총 22개 농가 중에서 수경재배(3개 농가)의 일반호기성세균, Coliforms, *B. cereus*의 오염도가 각 평균 2.14, ND, 0.15 Log CFU/g으로 토경재배(19개 농가)의 각 평균 2.97, 0.38, 0.27 Log CFU/g에 비해 비교적 낮은 것으로 나타났다(data not shown). Barak과 Liang[33]은 *Salmonella enterica*와 같은 인체병원균을 토양에 인위적으로 접종하였을 때 6주 이상 생존이 가능하여 이것이 토마토 식물체의 과실, 잎, 줄기 등의 지상부로 오염되어 장기간 생존이 가능하다는 것을 보고하였다. 본 연구에서는 시기별로 수집한 토마토에서 *S. aureus, E. coli, E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* 모두 불검출로 나타났다. 생산단계 토마토의 안전성 향상을 위해서는 멀칭 등 토양피복을 통해 교차오염을 예방하고, 적절한 퇴비를 시용하여 토양이 오염되지 않도록 관리하는 것이 필요하다고 판단된다.

요 약

본 연구는 생산단계 토마토를 국내 5개 지역 소재의 18개 농가에서 총 90점의 시료를 수집하여 위생지표세균 및 유해미생물의 오염도를 분석하였다. 또한 주산지 1개 지역의 4개 농가를 대상으로 시기별(3, 4, 5, 6월) 위생지표세균 및 유해미생물의 오염도 변화를 조사하였다. 생산단계 토마토의 위생지표세균 중 일반호기성세균은 최소 0.48 - 최대 6.15 Log CFU/g 범위로 나타났고, Coliforms는 최소 ND - 최대 3.37 Log CFU/g 범위로 나타났다. *B. cereus*의 경우에는 90개 시료 중 6개의 시료에서 검출되었고 모두 1 Log CFU/g 이하인 것으로 나타났다. 시기별로는 3월에 일반호기성세균, Coliforms, *B. cereus*가 평균적으로 각각 2.70, 0.56, 1.58 Log CFU/g으로 나타났고, 이들 모두 4, 5, 6월로 시기가 지남에 따라 오염도가 통계적으로 유의하게 낮아지는 것으로 나타났다. 본 연구에서 수행한 *S. aureus, E. coli, E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* 오염도 조사에서는 이들 모두 불검출로 나타났다. 본 연구는 국내 생산단계 토마토의 위생지표세균 및 유해미생물 오염도를 조사하고 시기별 오염도 변화 양상을 관찰하여, 농식품 안전성 확보 및 국내 토마토의 미생물위해성평가(Microbiological Risk Assessment)의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ009404)의 지원에 의해 이루어진 것입니다. 본 연구가 수행됨에 있어 많은 도움을 주신 관련 시・도농업기술센터에 감사드립니다.

참고문헌

1. Burnett, S.L. and Beuchat, L.R.: Human pathogens associated with raw produce and unpasteurized juices, and difficulties in decontamination. *J. Ind. Microbiol. Biot.*, **27**, 104-110

(2001).
2. Tian, J.Q., Bae, Y.M., Choi, N.Y., Kang, D.H., Heu, S. and Lee, S.Y.: Survival and growth of foodborne pathogens in minimally processed vegetables at 4 and 15ºC. *J. Food Sci.*, **77(1)**, M48-M50 (2012).
3. Yu, Y.M., Youn, Y.N., Hua, Q.J., Cha, G.H. and Lee, Y.H.: Biological hazard analysis of paprikas, strawberries and tomatoes in the markets. *J. Fd Hyg. Safety*, **24**, 174-181.
4. 통계청: 국가통계포털(http://kosis.kr, access:2013.9.16.), 농작물생산조사 (2012).
5. Centers for Disease Control and Prevention(CDC): Morbidity and mortality weekly report(MMWR). **56(35)**, 909-911 (2007).
6. Valadez, A.M, Schneider, K.R. and Danyluk, M.D.: Outbreaks of foodborne diseases associated with tomatoes. *IFAS Extension*.
7. Altekruse, S.F., Cohen, M.L. and Swerdlow, D.L.: Emerging food-borne disease. *Emerg. Infect. Dis.*, **3**, 285-293 (1997).
8. Koseki, S. and Isobe, S.: Prediction of pathogen growth on iceberg lettuce under real temperature history during distribution from farm to table. *Int. J. Fd. Microbiol.*, **104**, 239-248 (2005).
9. Zheng, J., Allard, S., Reynolds, S., Millner, P., Arce, G., Blodgett, R.J. and Brown, E.W.: Colonization and internalization of *Salmonella enterica* in tomato plants. *Appl. Environ. Microbiol.* (AEM accepted, 2013).
10. Guo, X., Chen, J., Brackett, R.E., Beuchat, L.R.: Survival of salmonellae on and in tomato plants from the time of inoculation at flowering and early stages of fruit development through fruit ripening. *Appl. Environ. Microbiol.*, **67**, 4760-4764 (2001).
11. Gu, J., Hu, J., Cevallos-Cevallos, J.M., Richardson, S.M., Bartz, J.A. and van Bruggen, A.H.: Internal colonization of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium in tomato plants. *PLoS One,* **6**, e27340 (2011).
12. Hintz, L.D., Boyer, R.R., Ponder, M.A., Williams, R.C. and Rideout, S.L.: Recovery of *Salmonella enteric* Newport introduced through irrigation water from tomato (Lycopersicum esculentum) fruit, roots, stems, and leaves. *HortScience*, **45**, 675-678 (2010).
13. Beuchat, L.R. and Scouten, A.J.: Combined effects of water activity, temperature and chemical treatments on the survival of *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. *J. Appl. Microbiol.* **92**, 382-395 (2002).
14. Hong, C.K., Seo, Y.H., Choi, C.M., Hwang, I.S. and Kim, M.S.: Microbial quality of fresh vegetables and fruits in Seoul, Korea. *J. Fd Hyg. Safety.* **27(1)**, 24-29 (2012).
15. Yu, Y.M., Youn, Y.N., Hua, Q.J., Cha, G.H. and Lee, Y.H.: Biological hazard analysis of paprikas, strawberries and tomatoes in the markets. *J. Fd Hyg. Safety.*, **24**, 174-181 (2009).
16. Park, S.H., Kwon, W.H., Heo, R.W., Kim, K.Y., Shim, W.B., Shim, S.I. and Chung, D.H.: Hazard analysis of tomato farms at the growing stage for the establishment of the good agricultural practices (GAP). *J. Fd Hyg. Safety.*, **27**, 152-160 (2012).
17. Lee, H.W., Yoon, Y., Seo, E., Kim, K., Shim, W.B., Kil, J. and Chung, D.H.: Microbiological hazard analysis for agricultural products processing center of tomato and recommendations to introduce good agricultural practices (GAP) system. *KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.*, **41**, 210-214 (2009).
18. Seow, J., Ágoston, R., Phua, L. and Yuk, H.G.: Microbiological quality of fresh vegetables and fruits sold in Singapore. *Food Control*, **25**, 39-44 (2012).
19. 강성태, 윤재영: 식품미생물학. 형설출판사, 서울, pp. 414-430 (2004).
20. Tyrrel, S.F., Knox, J.W. and Weatherhead, E.K.: Microbiological water quality requirements for salad irrigation in the United Kingdom. *J Food Prot.*, **69(8)**, 2029-2035 (2006).
21. Mitra, R., Cuesta-Alonso, E., Wayadande, A., Talley, J., Gilliland, S. and Fletcher, J.: Effect of route of introduction and host cultivar on the colonization, internalization, and movement of the human pathogen *Escherichia coli* O157:H7 in spinach. *J Food Prot.,* **72**, 1521-1530 (2009).
22. Steele, M. and Odumeru, J.: Irrigation water as source of foodborne paghogens on fruit and vegetables. *J Food Prot.*, **67(12)**, 2839-2849 (2004).
23. Wachtel, M.R. and Charkowski, A.O.: Cross-contamination of lettuce with *Escherichia coli* O157:H7. *J Food Prot.,* **65**, 465-470 (2002).
24. Kroupitski, Y., Pinto, R., Brandl, M.T., Belausov, E. and Sela, S.: Interactions of *Salmonella enterica* with lettuce leaves. *J. Appl Microbiol*, **106**, 1876-1885 (2009).
25. Ukuku, D.O. and Sapers, G.M.: Effect of time before storage and storage temperature on survival of *Salmonella* inoculated on fresh-cut melons. *Food Microbiol*, **24**, 288-295 (2007).
26. Gagliardi, J.V., Millner, P.D., Lester, G. and Ingram, D.: On-farm and postharvest processing sources of bacterial contamination to melon rinds. *J Food Prot.*, **66**, 82-87 (2003).
27. CDC(Centers for Disease Control and Prevention): Foodborne outbreak online database (FOOD). Data retrieved from http://wwwn.cdc.gov/foodborneoutbreaks/Default.aspx.
28. Reller, M.E., Nelson, J.M., Mølbak, K., Ackman, D.M., Schoonmaker-Bopp, D.J., Root, T.P. and Mintz, E.D.: A large, multiple-restaurant outbreak of infection with *Shigella flexneri* serotype 2a traced to tomatoes. *Clin Infect Dis.*, **15;42(2)**, 163-169 (2006).
29. Cárdenas, C., Molina, K., Heredia, N. and García, S.: Evaluation of microbial contamination of tomatoes and peppers at retail markets in Monterrey, Mexico. *J Food Prot.*, No. 8., 1308-1479 (2013).
30. Orozco, L., Rico-Romero, L. and Escartín, E.F.: Microbiological profile of greenhouses in a farm producing hydroponic tomatoes. *J Food Prot.*, **71(1)**, 60-65 (2008).
31. 식품의약품안전청: 바실러스 세레우스(RISK PROFILE). pp. 3-4 (2010).
32. Santamaría, J. and Toranzos, G.A.: Enteric pathogens and soil: a short review. *Int Microbiol.*, **6**, 5-9 (2003).
33. Barak, J.D. and Liang, A.S.: Role of soil, crop debris, and a plant pathogen in *Salmonella enteric* contamination of tomato plants. *PLoS One*, **3(2)**, e1667 (2008).