

## 서부 경남지역 토마토 농장에서의 위생 미생물의 분포

김진수\* · 심원보 · 김지훈\*\* · 김세리\*\*\* · 정덕화†

경상대학교 응용생명과학부, \*부산식품의약품안전청, \*\*농촌진흥청 농업과학기술원,  
\*\*\*농촌진흥청 작물과학원 영남농업연구소

## Sanitary Microbial Distribution at the Tomato Farms in Western Gyeongnam

Jin-Soo Kim\* · Won-Bo Shim · Ji-Hun Kim\*\* · Se-Ri Kim\*\*\* · Duck-Hwa Chung†

Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University

\*Busan Regional Food & Drug Administration

\*\*National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA

\*\*\*Yeongnam Agricultural Research Institute, NICS, RDA

(Received November 10, 2005/Accepted December 20, 2005)

### ABSTRACT

This study were conducted to investigate the microbial contamination level in 5 tomato farms in Western Gyeongnam. A total of 130 samples was examined for sanitary indicator bacteria, such as aerobic plate count (APC), coliforms, and *Escherichia coli*, and pathogenic bacteria such as *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, and *Listeria monocytogenes*. APC and coliform count ranged 0~6.62 and 0~4.52 log<sub>10</sub> CFU/(ml, g, 100 cm<sup>2</sup>, hand), respectively, and 32.5% were contaminated with *E. coli*. Especially, most of the samples from employees are high as above 4.0 log<sub>10</sub> CFU/(ml, g, 100 cm<sup>2</sup>, hand) in APC. *S. aureus*, detected at 10.7%, was found in employees' hands, irrigation water, and hydroponic solution. whereas *E. coli* O157: H7, *Salmonella* spp, and *L. monocytogenes* were not detected. These results will provide fundamental microbiological information for introduction of good agricultural practice (GAP)system in tomato farms.

**Keywords:** tomato farms, GAP(good agricultural practice), sanitary indicator bacteria, pathogenic bacteria

### I. 서 론

최근의 다양한 연구에 의하면 과실과 채소가 풍부한 식사는 많은 종류의 암을 예방하고, 관상 동맥성 심장병의 발생률을 감소시키는 것으로 보고되어 신선 과실 및 채소류 섭취의 중요성이 인식되어져 지난 20여 년 간 신선과실 및 채소류의 소비가 큰 폭으로 증가하였다. 그러나 이들 농산물의 섭취가 증가하면서 신선농산물이 원인이 된 식품매개 질병의 발생보고 건수 비율도 증가하고 있어, 이러한 농산물의 안전성에 관해서 소비자들의 우려가 매우 높아지고 있다.<sup>1,4)</sup> 미국의 경우 cantaloupe, tomato, parsley, alfalfa sprout, scallions,

radish sprout, 사과주스, 오렌지 주스 등에서 식중독균이 검출된바 있으며 실제 이들 식품이 원인이 되어 식중독이 발생한 사례가 있다.<sup>5,6)</sup> 특히 남미에서 보고된 식중독의 14%가 과채류가 원인이 된 식중독임을 미루어볼 때 과채류에 의한 식중독이 상당한 비율의 차지하고 있음을 알 수 있다. 과채류에서 빈번하게 검출되는 과채류에서 빈번하게 검출되는 식중독균으로는 *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*등을 들 수 있다.<sup>7,8)</sup>

이들 미생물들은 토양이나 주변 환경으로부터 옮겨와 과일 및 채소의 일부에 오염되기도 하며, 오염된 관개수 이용이나 비위생적인 취급 등 저급한 생산기술을 통해 음식에 전파되기도 한다. 그리고 대부분의 신선농산물이 일반적으로 병원체를 사멸시키거나 또는 그 수를 감소시키는 가공공정의 과정을 거치지 않는다는 사실

†Corresponding author : Division of Applied Life Science  
Graduate School of Gyeongsang National University  
Tel: 82-55-751-5480, Fax: 82-55-757-5485  
E-mail : dhchung@gsnu.ac.kr

은 신선 과실 및 채소류의 안전성에 관련된 우려를 증가시키고 있다.<sup>9)</sup> 따라서 원료생산, 포장 및 유통단계에서 위해를 최소화하기 위한 기본틀을 제공하여 사전예방을 통한 오염을 관리하는 것이 위해요소를 감소시킬 수 있는 유일한 방법이 될 수 있다.

최근 미생물의 오염을 최소화하기 위한 노력의 일환으로 FDA와 USDA에서는 식품의 원료가 되는 농축산물을 안전하고 위생적으로 공급할 수 있도록 생산자 및 관리자가 지켜야 하는 위해요소 차단 규정으로 Good Agricultural Practice(GAP)제도 도입을 권장하고 있다.<sup>10,11)</sup> 그러나 이러한 제도의 도입을 위해서는 먼저 농산물을 생산하는 각 단계에서 발생할 수 있는 위해를 검색하고 이해하는 것이 이루어져야 하지만 아직도 농산물의 재배환경에서부터 각종 식중독 미생물을 비롯한 기초적인 위해요소의 분석 자료가 대단히 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 안전한 농산물 공급을 위한 기초 단계로서 우리나라에서 기후풍토가 적합하여 전국적으로 재배되고 있는 토마토를 중심으로 토마토의 전 생산과정에 걸쳐 전반적인 위생상태를 평가하기 위하여 위생지표세균인 일반세균수와 대장균군, 대장균을 분석하고, 또한 야채류에서 문제시 될 수 있는 병원성 미생물을 조사하여 보고하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 장소 선정 및 시료채취

본 연구를 위하여 2004년 7월 서부경남지역 토마토 농장 5개 장소를 선정하여 토양, 각종 용수, 포장실, 재배실, 작업자, 토마토 및 잎 대한 미생물학적 위해평가를 실시하였으며 미생물 검사를 위한 시료 채취는 다음과 같이 실시하였다. 먼저 토양의 경우 100 g씩을 취하여 멸균된 시료채취용 팩에 채취하였다. 관개용수는 각 농가에서 사용하고 있는 강물 혹은 지하수를 채취하였고 원수는 양액의 제조에 사용될 물로서 인위적으로 공급되는 영양분을 섞기 전에 원수 저장고에 저장되어 있는 물을 채취하였다. 또한 양액은 토마토의 생육을 촉진하고 토마토의 생장에 영양원으로 작용할 수 있는 성분을 함유하는 용액이며 본 연구에 사용된 양액은 토마토에 공급하기 직전에 양액 저장고에 보관중인 용액을 실험에 사용하였다. 각각의 용액은 1ℓ씩 채수병에 채취되었다.

토마토 농장의 각종 용액의 저장탱크, 수확용기와 작업도구는 사용 중인 것을 채취하였으며 포장박스 사용 전의 것을 채취하였다. 이들 시료는 10 cm×10 cm

**Table 1.** The kinds and number of samples collected from 5 tomato farms for the microbial assessment

Sources	Type of sample	The number of samples
Soils & Water	Soil	5
	Irrigation water	5
	Pre-hydroponic solution	5
	Pre-hydroponic solution tank	5
	Hydroponic solution	5
	Hydroponic solution tank	5
Protected houses	Collection container	5
	Vinyl	5
	Wall	5
	Cart	5
	Scissors	5
Packing houses	Inputed hole	5
	Roller	5
	Weighting dish	5
	Goods gathered table	5
	Packing container	5
Employees	Hands (Protected house)	5
	Gloves (Protected house)	5
	Clothes (Protected house)	5
	Hands (Packing house)	5
	Clothes (Packing house)	5
Tomatoes & Leaves	Tomato (Protected house)	5
	Tomato (Packing house)	5
	Leave (Protected house)	5
Airs	Protected house	5
	Packing house	5
Total		130

혹은 10 cm×4 cm 크기의 면적대를 사용하여 100 cm<sup>2</sup> 혹은 40 cm<sup>2</sup>의 면적을 swab하였다.<sup>12)</sup> 또한 작업자의 손과 장갑에 대해서는 작업 전 또는 작업 중일 경우에 물로 씻은 후 glove juice법에 준하여 채취하였다.<sup>13)</sup> 각종 토마토와 잎은 멸균된 시료채취용 팩에 100 g 정도를 시료채취용 팩에 채취하였으며 이렇게 채취된 모든 시료는 얼음을 채운 ice box에 담고 실험실로 냉장 운반한 후 사용하였다.

본 연구에 사용된 시료는 총 130개이며 본 실험에 사용된 시료는 Table 1과 같다.

### 2. 사용된 균주

병원성 미생물의 분리에 양성 대조구로 사용된 표준 균주는 *Escherichia coli* O157:H7(*E. coli* O157:H7) ATCC 43894, *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*) ATCC 15313, *Salmonella* Typhimurium (*S. Typhimurium*) ATCC 13311, *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) ATCC

25923이며 이들 균주는 식품의약품안전청으로부터 분양받아 본 연구에 사용하였다.

### 3. 시료 전처리

모든 시료는 clean bench에서 무균적으로 처리하였으며, 일반세균수를 비롯한 각종 위생지표세균의 분석을 위한 전 처리 과정은 다음과 같다. 각종 용수는 별다른 전 처리 과정 없이 사용하였으며 기구와 기기, 주변 환경에서 swab된 시료 및 glove juice 법에 의하여 채취된 손 시료의 경우는 강하게 진탕한 후 본 실험에 사용하였다. 또한 토양, 토마토 그리고 잎은 멸균된 시약 스푼을 이용하여 10 g을 취하여 0.85% 생리식염수 90 ml과 혼합하고 균질화 시켰다.

병원성 미생물 측정을 위하여 각종 용수는 멸균된 갑압 여과 장치를 이용하여 시료 250 ml을 여과지 (Advantec MFS, Inc. 0.45 µm)에 막 여과한 후 각종 선택 배지에 접종 하였고, 각종 기기와 기구 및 환경에서 채취된 시료와 손 시료는 각각 1 ml을 취하여 적절한 증균 배지에 접종하였다. 또한 토양, 토마토 그리고 잎은 멸균된 시약 스푼을 이용하여 10 g을 취하여 특정 증균배지 90 ml과 혼합하고 균질화 시켰다(*E. coli* O157 H:7-EC broth (Difco Lab., Detroit, MI, USA), *Salmonella* spp.- Rappaport Vassilida R-10 broth (Difco Lab., Detroit, MI, USA), *S. aureus* - 10% trypticase soy broth (Difco Lab., Detroit, MI, USA), *L. monocytogenes* - *Listeria* enrichment broth (Difco Lab., Detroit, MI, USA).<sup>14)</sup>

### 4. 위생지표세균의 측정

토마토 생산 환경의 전반적인 위생 상태를 평가하기 위하여 위생지표세균으로 일컬어지고 있는 일반세균수, coliform, *E. coli*을 측정하였다. 먼저 일반세균수와 대장균의 측정을 위하여, 전 처리된 각종 시료를 1 ml 취하여 9 ml의 멸균된 생리식염수에 넣고 단계별로 희석한 후 각 희석농도에 대하여 2개의 petridish에 접종하였다.<sup>14)</sup> 그 후 일반세균수 측정을 위하여 plate count agar(PCA, Difco Lab., Detroit, MI, USA)를, coliform 측정을 위하여 deoxycholate lactose agar(DLA, Difco Lab., Detroit, MI, USA)를 15 ml 정도 분주하고 혼합하여 균했다. 고형화된 배지는 확산집락을 방지하기 위하여 각각의 배지 5 ml씩 중층하여 35°C, 24시간 배양한 후 계수하였다. 또한 *E. coli*의 측정은 3M사의 Petrifilm™ (3M, St. Paul, MN, USA)을 이용하여 37°C에서 24시간 배양 후 기포를 가진 blue colony만을 *E. coli*로 인정하였으며 표면검체에 대해서는 100

cm<sup>2</sup>에 대한 수치로 환산하였다.

### 5. 공중 부유균 측정

공기에 의한 토마토의 교차 오염 여부를 판단하기 위하여 공중 부유균을 측정하였으며 측정된 공중 부유균으로는 일반세균, 진균류, *S. aureus*가 측정되었다. 측정방법으로는 일반세균수 측정을 위한 plate count agar(PCA), 진균류 측정을 위한 rose bengal agar(Difco Lab., Detroit, MI, USA)(RBA), *S. aureus* 측정을 위한 Baird-Parker agar(BPA)를 재배설과 포장실 내의 적절한 장소에 놓고 배지의 뚜껑을 연 후 15분간 방치하였다. 15분이 경과하면 배지의 뚜껑을 닫고 PCA, BPA는 37°C에서 2일간 배양하였으며, RBA는 28°C, 3~4일간 배양하였다. 배양이 끝난 후 일반세균수와 진균류의 경우는 생성된 colony 수를 계수 하였고 *S. aureus*의 경우는 생성된 집락이 *S. aureus*에 관한 보다 정확한 판정을 위하여 앞서 설명한 *S. aureus*에 대한 생화학적 검사를 실시하였으며 생화학적 검사를 통해 확인된 *S. aureus*에 대해서만 계수하였다<sup>15)</sup>.

### 6. 병원성 미생물 측정

#### 1) *Escherichia coli* O157:H7 (*E. coli* O157:H7)

*E. coli* O157:H7의 증균을 위해 EC broth에 접종된 시료는 37°C에서 24시간의 증균 과정을 거친 다음 증균된 균액 1백금을 취하여 *E. coli* O157:H7의 선택배지인 Sorbitol MacConkey agar(Difco Lab., Detroit, MI, USA)에 도말한 후 37°C에서 24시간 배양하였다. Sorbitol MacConkey agar 상에서 무색의 단일 집락을 취하여 생화학적 확인시험을 실시하였다. *E. coli* O157:H7의 생화학적 확인 실험으로는 Gram staining을 비롯하여 IMViC(Indol, Methyl red, Voges Proskauer, Citrate utilization) test, TSI test, lysine decarboxylase test, motility test, urease test, lactose utilization test 그리고 혈청학적 검사로서 *E. coli* O157 specific latex agglutination test를 통해 *E. coli* O157에 민감하게 반응하는 blue latex particle에 따라 응집반응이 나타나는 것을 양성으로 판단하였으며 이러한 생화학적 성상을 *E. coli* O157:H7 표준균주 ATCC 43894와 비교하여 최종 판단하였다.<sup>16)</sup>

#### 2) *Salmonella* spp.

*Salmonella* 균주의 증균을 위해 채취된 시료는 AOAC법에<sup>17)</sup> 따라 Rappaport Vassiliadis R10 Broth (Difco Lab., Detroit, MI, USA)에 접종하여 37°C, 24시간 증균 한 후 균액 1백금을 취하여 선택배지인 hektoen enteric agar(Difco Lab., Detroit, MI, USA)

에 도달한 다음 37°C에서 24시간 배양하여 청록색 단일 집락을 취하여 생화학적 확인실험에 사용하였다. *Salmonella* spp.의 생화학적 확인시험으로는 Gram staining, IMViC(Indol, Methyl red, Voges proskauer, Citrate utilization) test, urease test, lysine decarboxylase test, motility test, TSI test 그리고 API 20E kit로 표준균주인 *S. Typhimurium*(ATCC 13311)과 비교하여 최종 판단하였다.

### 3) *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*)

*L. monocytogenes*균주의 분리를 위해 채취된 시료 중 1ml을 취하여 *Listeria* enrichment broth(Difco Lab., Detroit, MI, USA) 10ml에 접종 후 저온세균의 특성상 30°C에서 48시간 증균 배양하였다. 그리고 증균된 균액을 100 µl 취하여 다시 2차 증균 배지인 Fraser broth(Difco Lab., Detroit, MI, USA)에 30°C, 24시간 증균한 후 선택배지인 Oxford agar(Difco Lab., Detroit, MI, USA)에 멸균된 면봉으로 획선 도달하여 30°C, 24시간 배양한 다음 black halo에 brown-green의 특이성을 보인 집락을 취하여 다시 0.6% yeast extract가 첨가된 trypticase soy agar에 30°C, 24시간 분리 배양한 집락을 생화학적 방법으로 확인하였다. 생화학적 확인 실험은 Gram staining, TSI test, indol test, motility test, catalase test, carbohydrate(각각 1% mannitol, 1% rhamnose, 1% xylose씩 함유) utilization test, urease test, methyl-red test, Voges Proskauer test, β-hemolysis test등을 한 생화학적 성상을 *L. monocytogenes* 표준 균주 ATCC 15313과 비교하여 최종 판단하였다.<sup>17)</sup>

### 4) *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)

*S. aureus* 균주의 분리를 위해 10% NaCl이 첨가된 tryptic soy broth(Difco Lab., Detroit, MI, USA)를 37°C에서 24시간 증균 배양하였다. 증균된 균액을 mannitol salt agar(Difco Lab., Detroit, MI, USA)에 37°C, 24시간 획선 배양한 후 mannitol 분해능이 있는 황색불투명 집락을 선택하여 다시 2차 선택 배지로서 egg-yolk tellurite emulsion을 첨가한 Baird-Parker agar(Difco Lab., Detroit, MI, USA)에 37°C, 24시간 획선 배양한 다음 tellurite 저해효과에 의해 검은색 침전을 형성하며 단백질 분해(proteolysis) 작용으로 집락 주위에 밝은 환(clear zone)이 나타나는 단일 집락을 취하여 생화학적 확인실험에 사용하였다. 생화학적 확인 실험으로는 분리 배양된 단일 집락에서 Gram positive와 포도상의 배열을 갖는 구균(cocci)임을 확인하였고 catalase test, DNase test, sheep blood agar 상에서의 β-용혈 test, 그리고 혈액 응고성 균주 판별을

위해 coagulase test를 실시하였다. 이러한 여러 가지 생화학적 성상들을 *S. aureus* 표준 균주 ATCC 25923과 비교하여 실험하였으며 API staph kit를 사용하여 재확인하였다.<sup>17)</sup>

## III. 결과 및 고찰

### 1. 위생지표세균의 검색

#### 1) 토양과 수질

토마토 생산 환경에서 가장 기본이 되는 토양과 수질에 대한 위생지표세균의 검사 결과는 Table 2와 같았다. 토양의 일반세균수는 평균  $6.45 \pm 0.14 \log_{10}$  CFU/g이었으며 이 수치는 일반적으로 토양 내 미생물의 수가  $6.00 \sim 8.00 \log_{10}$  CFU/g이라는 다른 연구의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 토양에서의 미생물은 작물 생육에 있어서 대단히 중요한 역할을 한다. 먼저 공중 질소를 고정하여 작물에 질소를 공급하며 호르몬성의 생장촉진물질을 분비할 뿐만 아니라 작물이 이용할 수 없는 유기태 질소를 무기태로 전환하여 작물이 질소를 이용할 수 있게 하는 등 작물과 미생물의 상호작용은 아주 중요하다.<sup>18,19)</sup> 따라서 작물의 정상적인 생육을 위해서는 일정수의 미생물이 존재해야하기 때문에 토양의 안전성을 일반세균수만 평가하기가 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 보다 정확한 지표로 사용되고 있는 대장균군과 *E. coli*를 일반세균군과 아울러 측정하였다. 대장균군의 측정결과  $2.57 \pm 1.47 \log_{10}$  CFU/g이었고 *E. coli*의 경우 다섯 농장 중 세 농장의 토양에서 검출되었다. Keneko 등<sup>20)</sup>은 과채류의 미생물 오염은 주로 토양에서 의해서 이루어진다고 보고하고 있어 토양의 안전성은 안전한 농산물 생산에 있어 매우 중요하다고 사료된다. 따라서 토양의 안전성을 확보하기 위하여 부적절한 퇴비사용은 금해야하며 되도록 토마토나 잎이 토양에 닿는 것을 최소화해야 한다.

관개용수의 경우는 일반세균수가  $3.98 \pm 0.98 \log_{10}$  CFU/ml 수준이었고 대장균군은 A와 B 농장에서만 검출되었으며 *E. coli*는 불검출 되었다. 대개 관개용수는 지하수 혹은 강물을 사용하며 대장균군이 검출된 A와 B농장의 경우는 강물을 사용하고 있어 수원의 안전성이 중요함을 시사하고 있다. 최근 토양 재배에서조차도 예전과는 달리 양액 재배에서와 같이 거름으로 퇴비를 사용하기보다도 복합비료를 물에 타서 공급하거나 작물 생육에 필요한 필수원소를 일정 비율로 섞은 양액을 토양위로 튜브를 설치한 후 튜브내로 공급하는 형식을 많이 취하고 있다. 이러한 방식은 양분과 동시에 수분을 공급하는 방식이며 이 방식으로 수분의 공

**Table 2.** Distribution of sanitary indicator bacteria on water and soil at 5 tomato farms

Samples	Farms	Microbial counts (log <sub>10</sub> CFU/g, ml, 100 cm <sup>2</sup> )					Average (log <sub>10</sub> CFU/g, ml, 100 cm <sup>2</sup> ± S.D. <sup>2)</sup> )
		A <sup>3)</sup>	B <sup>3)</sup>	C <sup>3)</sup>	D <sup>3)</sup>	E <sup>3)</sup>	
Soil	APC	6.28	6.53	6.62	6.48	6.32	6.45 ± 0.14
	Coliform	3.38	1.70	N.D. <sup>1)</sup>	4.18	1.00	2.57 ± 1.47
	<i>E. coli</i>	2.08	1.00	N.D.	2.93	N.D.	2.00 ± 0.97
Irrigation water	APC	5.40	4.53	3.54	3.46	2.95	3.98 ± 0.98
	Coliform	3.08	3.90	N.D.	N.D.	N.D.	3.49 ± 0.58
	<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00 ± 0.00
Pre-hydroponic solution	APC	5.36	4.04	3.51	3.20	N.D.	4.03 ± 0.95
	Coliform	4.04	3.87	2.45	2.41	N.D.	3.19 ± 0.88
	<i>E. coli</i>	3.65	1.18	N.D.	1.18	N.D.	2.00 ± 1.43
Pre-hydroponic solution tank	APC	3.28	2.30	4.00	3.14	3.43	3.23 ± 0.61
	Coliform	2.11	1.30	3.78	1.60	2.08	2.17 ± 0.96
	<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.93	1.93 ± 0.00
Hydroponic solution	APC	5.82	5.80	4.00	3.51	3.61	4.55 ± 1.17
	Coliform	2.58	2.92	N.D.	N.D.	N.D.	2.75 ± 0.24
	<i>E. coli</i>	2.40	2.08	N.D.	N.D.	N.D.	2.24 ± 0.23
Hydroponic solution tank	APC	2.69	4.00	3.00	2.69	4.25	3.33 ± 0.75
	Coliform	2.25	1.30	3.78	1.60	2.08	3.29 ± 0.96
	<i>E. coli</i>	2.00	1.70	N.D.	1.70	N.D.	1.80 ± 0.17

<sup>1)</sup>N.D.: Not detected (limit: < 10 CFU/g, ml, 100 cm<sup>2</sup>)

<sup>2)</sup>S.D.: Standard deviation

<sup>3)</sup>A, B, C, D, E: Tomato farms

급이 불충분할 경우에 직접 관개한다. 또한 유리온실의 경우 온실 내에 온도가 25°C 이상 되면 벌레 의한 수정이 이루어지지 않기 때문에 실내 온도가 높을 경우 실온을 낮추기 위하여 살수관개 형태로 수분을 공급하며 이때 사용되는 관개용수는 토마토의 표면에 직접 접촉하므로 관개용수의 오염은 토마토의 오염으로 직결될 우려가 있다. 또한 이는 이미 Norman<sup>21)</sup>의 연구에서 오염된 관개용수의 사용은 수확된 농산물에서 병원성 미생물의 검출률을 증가시킨다는 것을 밝힘으로써 입증되었다. 따라서 수질을 안전하게 관리하기 위해서는 먼저 수원에 동물이 침입하는 것을 막고 수원근처에 화장실 설치를 제한함으로써 분변이 수원으로 흘러들어오는 것을 방지할 것과 주기적인 수질검사가 이루어져야 할 것으로 사료된다.<sup>22)</sup>

작물의 생육에 필요한 원소를 공급하기 위한 양액과 양액의 제조하기 위한 원수의 미생물학적 위해분석 결과 일반세균은 원수 4.03 ± 0.95 log<sub>10</sub> CFU/ml, 양액 4.55 ± 1.17 log<sub>10</sub> CFU/ml 수준으로 검출되었고 대장균군의 경우 3.19 ± 0.88 log<sub>10</sub> CFU/ml, 2.75 ± 0.24 log<sub>10</sub> CFU/ml 수준으로 각각 검출되었다. 이를 통하여 볼 때

양액에서 높은 일반세균수 수치는 원수에서의 높은 일반세균수 수치에서 기인한 것임을 알 수 있다. 한편 양액은 비료의 3대 요소인 질소, 인산, 칼륨을 비롯하여 16가지 이상의 필수원소로 제조된다.<sup>23)</sup> 이러한 원소들은 작물의 생육을 촉진하는 것은 물론이고 세균을 비롯한 미생물에게도 영양원으로 작용할 수 있다. 따라서 양액의 안전성을 확보하기 위해서는 우선 양액의 원료가 되는 원수의 안전성은 필수이고 아울러 양액을 보관하는 양액저장고등의 청결이 요구된다.

또한 원수저장고와 양액저장고의 경우는 일반 세균수 3.00~4.00 log<sub>10</sub> CFU/100 cm<sup>2</sup> 수준으로 나타났으며 다섯 농가에서 모두 대장균군이 검출되었다. 앞서 양액과 원수의 결과에서 언급했듯이 각종 저장고의 오염은 곧 각종 용수로의 오염으로 연결될 우려가 있으며 실제 본 연구 결과에서도 양액과 원수에서 높은 세균수가 검출되어 이를 입증하고 있다. 이를 예방하기 위하여 각종 용수의 저장고는 주기적으로 세척과 소독이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

2) 재배 시설

재배 시설에서의 미생물학적 위해분석 결과에 따르면

**Table 3.** Distribution of sanitary indicator bacteria on protected house at 5 tomato farms

Farms		Microbial counts (log <sub>10</sub> CFU/100 cm <sup>2</sup> )					Average (log <sub>10</sub> CFU/ 100 cm <sup>2</sup> ± S.D. <sup>2)</sup> )
		A <sup>3)</sup>	B <sup>3)</sup>	C <sup>3)</sup>	D <sup>3)</sup>	E <sup>3)</sup>	
Collection container	APC	5.75	5.38	4.17	3.90	3.48	4.54 ± 0.98
	Coliform	2.41	2.91	N.D. <sup>1)</sup>	2.86	1.48	2.42 ± 0.66
	<i>E. coli</i>	1.17	2.70	N.D.	2.65	N.D.	2.17 ± 0.87
Vinyl	APC	5.00	3.66	3.34	2.69	3.11	3.56 ± 0.88
	Coliform	3.58	2.32	2.34	2.95	N.D.	2.80 ± 0.60
	<i>E. coli</i>	3.39	1.30	N.D.	1.48	N.D.	2.06 ± 1.16
Wall	APC	3.00	2.00	4.54	N.D.	2.32	2.97 ± 1.13
	Coliform	2.28	N.D.	2.70	N.D.	N.D.	2.49 ± 0.30
	<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00 ± 0.00
Cart	APC	3.82	3.34	3.98	3.30	4.60	3.81 ± 0.53
	Coliform	2.00	N.D.	N.D.	2.18	4.00	2.73 ± 1.11
	<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	3.54	3.54 ± 0.00
Scissors	APC	3.11	4.18	3.53	2.30	2.77	3.18 ± 0.72
	Coliform	N.D.	N.D.	2.63	1.30	2.80	2.24 ± 0.82
	<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	1.48	N.D.	1.85	1.67 ± 0.26

<sup>1)</sup>N.D.: Not detected (limit: < 10 CFU/100 cm<sup>2</sup>)

<sup>2)</sup>S.D.: Standard deviation

<sup>3)</sup>A, B, C, D, E: Tomato farms

(Table 3) 일반세균수는 3.00 log<sub>10</sub> CFU/100 cm<sup>2</sup> 수준으로 나타났고 대부분의 시료에서 대장균군이 검출되었으며 평균 검출치는 2.50 log<sub>10</sub> CFU/100 cm<sup>2</sup>이었다. 특히 수확용기, 멀칭 비닐, 카트에서 일반세균수와 대장균군의 수치가 높았다. 또한 *E. coli*는 36%가 검출되었다. 김<sup>24)</sup>이 수행한 딸기농장에서의 위생지표세균분포의 경향과 유사한 것으로 나타났으며 이로 미루어 볼 때 토마토를 비롯한 과채류가 빈번하게 접촉하는 각종 용기와 기기류에 대한 위생관리가 전혀 이루어지고 있지 않은 것으로 판단된다.

FDA 자료에 의하면 오염된 수확용기와 기기들은 쉽게 병원성 미생물을 농산물로 옮길 수 있다고 보고하고 있으며,<sup>25)</sup> 실제 본 연구의 결과에서 대부분의 시료가 대장균군에 오염되어 있음이 확인되었고 이는 오염된 각종 용기와 도구에 의한 토마토의 교차오염 가능성을 시사하고 있다. 또한 본 연구를 위하여 다섯 농장을 방문했을 당시 모든 농장의 수확용기를 비롯한 각종 기기류가 흙이나 이물질에 오염되어 있었고 각종 농기구들을 보관하기 위한 공간이 마련되어 있지 않았을 뿐만 아니라 구입 후에는 전혀 세척이 이루어지고 있지 않아 각종 기기류 등이 미생물을 비롯한 여러 가지 오염요소에 노출되어 있음을 직접 확인할 수 있었다.

따라서 재배시설 내에서의 미생물학적 교차오염을 예방하기 위해서는 우선 각종 용기나 기기를 위생적으로 보관하기 위한 공간이 마련되어야 하고 또한 농기구를 사용한 이후에는 반드시 세척이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

### 3) 포장 시설

포장 시설에 대한 미생물학적 위해분석 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. Table 4에서 보면 일반세균수가 모든 시료에서 3.00 log<sub>10</sub> CFU/100 cm<sup>2</sup> 이상으로 검출되었고 대장균군의 경우 4개의 시료를 제외한 시료에서 모두 검출되었다. *E. coli*의 검출률은 재배시설과 같은 수준인 36%이었다.

토마토의 수확 후 선별에서 출하까지의 과정은 일반적으로 수확 후 포장실로 옮겨져 오면 선별기에서 선별한 다음 박스에 담아 출하하는데 선별은 투입고, 롤러를 거쳐 웨이팅디쉬에서 무게별 크기별로 분류해서 집하대에 모으고 집하대에 모인 토마토를 박스에 담아 당일 바로 출하하고 있다. 이러한 과정은 미국이나 유럽과는 조금 다른 과정이다. 외국의 경우는 선별 후 예냉 과정을 거쳐 염소를 비롯한 소독제가 담긴 용액에서 소독과정까지 거쳐서 출하하는 형태를 취하고 있다.<sup>22)</sup> 2004년 CDC에서 보고한 토마토에 의

**Table 4.** Distribution of sanitary indicator bacteria on packing house at 5 tomato farms

Farms		Microbial counts (log <sub>10</sub> CFU/100 cm <sup>2</sup> )					Average (log <sub>10</sub> CFU/100 cm <sup>2</sup> ± S.D. <sup>2)</sup> )
		A <sup>3)</sup>	B <sup>3)</sup>	C <sup>3)</sup>	D <sup>3)</sup>	E <sup>3)</sup>	
Input hole	APC	4.88	3.48	3.38	3.81	5.17	4.14 ± 0.83
	Coliform	2.99	1.30	1.95	2.63	1.78	2.13 ± 0.68
	<i>E. coli</i>	1.78	N.D. <sup>1)</sup>	N.D.	2.53	N.D.	2.16 ± 0.53
Roller	APC	3.62	3.95	3.51	3.23	4.60	3.78 ± 0.52
	Coliform	2.43	2.41	N.D.	1.48	N.D.	2.11 ± 0.54
	<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00 ± 0.00
Weighting dish	APC	4.00	3.23	4.00	3.20	4.32	3.75 ± 0.51
	Coliform	3.74	1.48	1.00	2.40	2.36	2.20 ± 1.05
	<i>E. coli</i>	2.67	N.D.	N.D.	1.85	1.90	2.14 ± 0.46
Goods gathered table	APC	4.92	6.14	3.46	3.93	4.23	4.54 ± 1.04
	Coliform	4.00	4.41	2.17	2.77	N.D.	3.34 ± 1.04
	<i>E. coli</i>	3.95	2.40	2.17	1.65	N.D.	2.54 ± 0.99
Packing container	APC	3.46	2.69	3.14	3.53	3.07	3.18 ± 0.34
	Coliform	1.00	2.27	1.85	1.60	N.D.	1.68 ± 0.53
	<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00 ± 0.00

<sup>1)</sup>N.D.: Not detected (limit: < 10 CFU/ 100 cm<sup>2</sup>)

<sup>2)</sup>S.D.: Standard deviation

<sup>3)</sup>A, B, C, D, E: Tomato farms

한 식중독사건은 3건이었고 원인추적결과 오염된 세척수였는데<sup>26)</sup> 국내의 경우 수확 후 세척과정 없이 바로 출하를 하고 있기 때문에 세척 수에 의한 오염은 우려되지 않는다. 따라서 본 연구결과와 결과로 예상할 수 있는 미생물의 오염은 오염된 선별대와 포장재에 의한 교차오염이다. 단체급식에서 확인되어진 가장 중요한 위험 요인이 음식물과 준비기구 표면과의 교차오염이라는 Bisbini 등<sup>27)</sup>의 보고는 식중독에서 교차오염의 예방의 중요성을 시사하고 있으며 이는 비단 단체급식 뿐만 아니라 농산물 등 원료를 생산하는 환경에서도 고려되어야 할 사항으로 사료된다. 한편 대부분의 포장재에서 대장균군의 검출되었는데 이러한 포장재의 오염은 FDA자료에서 추정하고 있는 바대로 무질서하고 비위생적인 포관에서 기인한 것으로 생각된다.<sup>25)</sup>

따라서 포장실에서 토마토, 포장시설 및 기구를 청결히 하지 않으면 소비자가 위해 세균에 노출될 확률은 그만큼 높아지므로 작업 전 후의 선별대를 깨끗이 청소하고 각종 포장재를 외부로부터 기인한 먼지나 공중 낙하균에 오염되지 않게 적절하게 보관하는 것이 이루어져야 한다. 그리고 매일 작업이 끝난 후에는 실내를 청소하고 해충과 쥐의 침입을 막아야 할 것으로 사료된다.

#### 4) 작업자

농장을 비롯하여 단체급식소 및 식품업체에서 위생지표세균과 병원성 미생물의 검출 빈도가 높고 식중독의 발생원인의 큰 부분을 차지하고 있어 오랫동안 관심의 대상이 되어 온 개인위생에 관한 평가 결과는 Table 5와 같다. 보는 바와 같이 일반세균수는 작업자의 손에서 5.00 log<sub>10</sub> CFU/hands의 수준으로 나타났고, 시료의 68%에서 4.00 log<sub>10</sub>CFU/hands 이상의 수치를 보였다. 대장균군은 시료의 76%에서 2.27 log<sub>10</sub> CFU/hand, 100 cm<sup>2</sup> 수준으로 나타났으며, 손에서는 B 농장을 제외한 모든 시료에서 검출되었다. *E. coli*는 시료의 32%에서 1.00~3.65 log<sub>10</sub> CFU/hands의 수준을 나타냈으며 복장에서는 검출되지 않았고 손과 장갑 시료의 53%가 *E. coli*에 오염되어 있었다. FDA자료에 따르면 과채류의 섭취로 인한 식중독의 경우 주로 *E. coli*를 비롯한 분변계 미생물이 원인이었으며 미생물의 매개 중 하나가 농장 혹은 식품가공 사업장에 종사하는 작업자라고 보고하였다.<sup>25)</sup> 또한 2002년 스페인에서 일어난 식중독의 원인을 PFGE 방법으로 추정된 결과 원인균과 작업자에서 분리된 균의 PFGE 패턴이 동일하여 식중독의 원인을 작업자라고 확정한 사례가 보고되어 작업자는 직접 식중독균을 식품이나 농산물로 옮길 수 있는 운반체로 작용할 수 있음을 확인하였다.<sup>28)</sup>

**Table 5.** Distribution of sanitary indication bacteria on employees at 5 tomato farms

Samples		Farms	Microbial counts (log <sub>10</sub> CFU/hand, 100 cm <sup>2</sup> )					Average (log <sub>10</sub> CFU/hand, 100 cm <sup>2</sup> ± S.D. <sup>2)</sup> )
			A <sup>3)</sup>	B <sup>3)</sup>	C <sup>3)</sup>	D <sup>3)</sup>	E <sup>3)</sup>	
Protected house	Hands	APC	5.11	4.54	6.40	4.85	5.74	5.33 ± 0.74
		Coliform	2.41	N.D. <sup>1)</sup>	3.58	3.18	3.00	3.04 ± 0.49
		<i>E. coli</i>	1.78	N.D.	N.D.	2.95	1.93	2.22 ± 0.64
	Gloves	APC	6.48	4.90	6.48	4.80	6.14	5.76 ± 0.84
		Coliform	2.60	N.D.	2.48	3.08	1.78	2.49 ± 0.54
		<i>E. coli</i>	1.00	N.D.	1.70	2.08	N.D.	1.59 ± 0.55
	Clothes	APC	2.90	3.17	2.78	2.85	2.48	2.84 ± 0.25
		Coliform	N.D.	1.00	1.60	N.D.	N.D.	1.30 ± 0.42
		<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00 ± 0.00
Packing house	Hands	APC	4.15	4.77	4.95	5.80	5.17	4.97 ± 0.60
		Coliform	1.00	3.04	4.52	4.28	1.30	2.83 ± 1.64
		<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	2.65	3.65	N.D.	3.15 ± 0.71
	Clothes	APC	5.34	4.08	3.93	3.30	3.70	4.07 ± 0.77
		Coliform	1.00	2.28	1.85	1.60	N.D.	1.68 ± 0.53
		<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00 ± 0.00

<sup>1)</sup>N.D.: Not detected (limit: < 10 CFU/hand, 100 cm<sup>2</sup>)<sup>2)</sup>S.D.: Standard deviation<sup>3)</sup>A, B, C, D, E: Tomato farms

이상의 결과로 미루어 볼 때 작업자의 개인위생에 대한 안전성 확보는 곧 토마토의 품질에 직접적인 영향을 미치는 것으로 판단되며 농장에서는 작업자를 대상으로 한 주기적인 위생교육으로 '개인의 위생관리가 왜 필요한 것인가'와 작업 전 후로 손을 씻고 소독하는 행위와 장갑의 착용이 필수적이라는 것을 느낄 수 있도록 교육이 되어야 할 것이다. 아울러 농장주는 손을 씻

는 시설과 화장실, 그리고 탈의실과 같은 개인위생을 향상시킬 수 있는 시설을 설치하고 포스터와 같은 안내물을 부착하여 이를 제대로 실천할 수 있도록 노력해야 한다.

## 5) 토마토와 잎

토마토와 잎에 대한 위생지표세균의 검사결과는 Table 6과 같았다. 재배실에서의 토마토와 잎, 포장실

**Table 6.** Distribution of sanitary indication bacteria on tomato and leaves at 5 tomato farms

Samples		Farms	Microbial counts (log <sub>10</sub> CFU/g)					Average (log <sub>10</sub> CFU/g ± S.D. <sup>2)</sup> )
			A <sup>3)</sup>	B <sup>3)</sup>	C <sup>3)</sup>	D <sup>3)</sup>	E <sup>3)</sup>	
Protected house	Tomato	APC	3.43	3.50	3.61	2.48	2.70	3.14 ± 0.52
		Coliform	N.D. <sup>1)</sup>	N.D.	2.75	N.D.	N.D.	2.75 ± 0.00
		<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00 ± 0.00
	Leaves	APC	3.93	3.96	5.66	2.70	4.04	4.06 ± 1.05
		Coliform	2.11	3.83	2.23	N.D.	2.88	2.76 ± 0.79
		<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	1.45	1.45 ± 0.00
Packing house	Tomato	APC	4.51	5.25	3.30	4.00	5.81	4.57 ± 0.99
		Coliform	3.50	2.90	3.00	N.D.	4.25	3.41 ± 0.62
		<i>E. coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.00 ± 0.00

<sup>1)</sup>N.D.: Not detected (limit: < 10 CFU/g)<sup>2)</sup>S.D.: Standard deviation<sup>3)</sup>A, B, C, D, E: Tomato farms



그리고 포장실에서의 토마토에 오염된 일반세균수는 2.48~5.81 log<sub>10</sub> CFU/g의 수준으로 나타났다. Harris<sup>29)</sup>를 비롯한 많은 학자들의 연구결과에서 발표한 3.00~9.00 log<sub>10</sub> CFU/g와 유사한 결과를 본 연구에서도 얻을 수 있었다. Mukherjee 등<sup>30)</sup>의 연구에 따르면 미국 미네소타농장에서 생산되는 농산물의 92%가 대장균군으로 오염되어 있었으며 오염수준은 평균 2.9 log<sub>10</sub>MPN/g이었다고 한다. 또한 *E. coli*의 경우 수집된 시료의 8%가 검출되었으며 오염수준은 3.1 log<sub>10</sub> CFU/g 수준이었다고 보고 하였으나 본 연구에서는 E 농장의 앞에서만 1.45 log<sub>10</sub> CFU/g로 검출되었다.

토마토의 안전성을 확보하기 위해서는 수확에서 포장으로 이어지는 과정에 발생할 수 있는 오염요소들을 제거시키는가 하는 것이 관건이 될 것으로 사료되며 이를 위해 앞서 재배시설이나 포장시설에서 지척한 바와 같이 온실과 포장실 내의 청결 그리고 각종 기구들에 대한 위생적 관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 이를 위하여 재배환경에서 발생할 수 있는 위해요소를 종합적으로 관리하는 체계적인 시스템인 GAP(Good Agriculture Practice) 제도가 도입 되어야 할 것으로 사료된다.

**2. 공중부유균 검색**

농장의 각 작업장별 공중부유균 검색 결과는 Table 7과 같다. 15분간 측정된 일반세균수 평균 2.07 log<sub>10</sub> CFU/65cm<sup>2</sup> 진균류 평균 2.10 log<sub>10</sub> CFU/65 cm<sup>2</sup> 수준으로 검출되었다. 이는 단채급식이나 식품 제조 환경에서 안전한 수준이라고 보고되고 있는 30분당 1.48 log<sub>10</sub> CFU/65 cm<sup>2</sup>에 비하면 아주 높은 수치이다.<sup>15)</sup> 또한 *S. aureus*의 경우 70%의 재배실과 포장실의 공기에서 0.30~1.00 log<sub>10</sub> CFU/65 cm<sup>2</sup> 수준으로 검출되어 오염된

공기에 의한 토마토로의 직접적인 오염이 우려된다.

이러한 문제점을 개선하기 위해서는 재배실에서의 작업복과 포장실에서의 작업복을 반드시 구분해서 착용해야하며 또한 포장실로 흡이나 이물질이 유입되는 것을 예방하고 각 공정실별로 주기적인 청소와 외부공기 차단을 위한 시설설비를 갖추어 먼지와 이물질을 제거하도록 해야 할 것이다.

**3. 병원성 미생물 검색**

토마토 생산 환경에서 병원성 미생물을 검색한 결과 *E. coli* O157: H7, *Salmonella* spp., 그리고 *L. monocytogenes*는 다섯 농장에서 채취된 시료 모두 불검출되었다. 한편 *S. aureus*의 경우 시료 130점 중 14 점(10.7%)에서 *S. aureus*가 검출되었다. 검출된 시료는 Table 8에서 보는 바와 같이 토양, 관개용수, 양액, 작업자의 손, 장갑, 그리고 복장에서 빈번하게 검출되었으며 B 농장의 경우 포장 중인 토마토에서도 검출되었다. 또한 각 항목별로 비교해 보면 각종 용수와 흙, 개인위생과 관련된 항목에서 각각 20.0%로 다른 항목보다 높게 검출되었다. 이는 김<sup>24)</sup>이 수행한 딸기농장의 연구에서도 상토와 개인위생과 관련된 시료에서 *S. aureus*가 주로 검출되어 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다. 한편 Hatakka 등<sup>31,32)</sup>을 비롯한 많은 학자들의 연구결과에서 이 세균은 특히 개인위생에 관련된 손, 코, 피부, 복장에서 빈번하게 검출되었고 또한 사람의 25~50%가 *S. aureus* 보균자이며, 사람에서 분리된 균주의 15~20%는 enterotoxin 생산주인 것으로 나타났다.<sup>33)</sup>

또한 시판 식물성 식품에서의 오염지표 세균 분포를 조사한 자료에서 채소류에서 *S. aureus*가 1.1×10<sup>7</sup>/g으로 검출되었다고 보고하였고<sup>34)</sup> 정 등<sup>35)</sup>은 경기, 서울지

**Table 7.** Distribution of air-borne microorganisms at 5 tomato farms

Farms		Microbial counts					Average (log <sub>10</sub> CFU/ 65 cm <sup>2</sup> ± S.D.)
		(log <sub>10</sub> CFU/65 cm <sup>2</sup> )					
Samples		A	B	C	D	E	
Protected houses	APC	2.76	2.49	1.84	1.57	1.72	2.08 ± 0.52
	Fungi	2.53	1.72	2.05	2.13	1.72	2.03 ± 0.34
	<i>S. aureus</i>	0.84	0.48	0.60	N.D. <sup>1)</sup>	1.00	0.73 ± 0.23
Packing houses	APC	2.70	1.54	1.76	2.10	2.21	2.06 ± 0.45
	Fungi	1.56	1.69	2.71	2.45	2.47	2.18 ± 0.52
	<i>S. aureus</i>	0.48	N.D.	0.30	0.78	N.D.	0.52 ± 0.24

<sup>1)</sup>N.D.: Not detected (limit: < 1 CFU/65 cm<sup>2</sup>)

<sup>2)</sup>S.D.: Standard deviation

<sup>3)</sup>A, B, C, D, E: Tomato farms

**Table 8.** Detective sites of *Staphylococcus aureus* at tomato farms

Farms	Items	Soil & water	Protected house	Packing house	Employee	Tomato & Leave	Isolation rate
A	-	-	-	-	-	-	0% (0 of 26)
B	-	-	-	Roller	Clothes (Protected house)	Leave Tomato (Packing house)	15.3% (4 of 26)
C	Soil Irrigation water	-	-	-	Hands (Protected house)	-	11.5% (3 of 26)
D	Irrigation water Hydroponic solution	-	-	-	Hands (Protected house) Glove (Protected house)	-	15.3% (4 of 26)
E	Irrigation water Hydroponic solution	-	-	-	Clothes (Packing house)	-	11.5% (3 of 26)

방의 마트와 농산물 시장에서 구입한 상추의 37%에서 *S. aureus*가 검출되었다고 보고하였다.

이러한 농산물에서 미생물의 검출이 갖는 의의는 대부분의 농산물이 미생물을 감소시킬 수 있는 열처리 없이 이용되므로 오염된 채 그대로 섭취한다는 것과 토마토를 비롯한 과채에 부착된 세균은 단순한 세척으로는 제거될 수 없으며 표면에서 조직 속으로 침투할 수 있을 뿐만 아니라 약산성에서 내산성을 획득하여 조직 속에서 증식이 가능하다는 데 있다.<sup>36)</sup>

따라서 농산물의 오염은 식중독을 야기할 수 있는 잠재적 가능성을 배제할 수 없다. 토마토의 안전성을 확보하기 위해서는 수확에서 포장으로 이어지는 과정에 발생할 수 있는 오염요소들을 제거시키는가 하는 것이 관건이 될 것이며 앞서 재배시설이나 포장시설에서 적절한 바와 같이 각종 저장고의 주기적 세척, 수원의 안전한 관리를 통한 양액의 안전성 확보와 각종 기기류의 위생적 관리가 이루어져야 한다. 아울러 화농성 피부질환 등에 감염된 환자가 토마토를 생산하는 것을 방지하고 작업 전 후로 손을 씻고 소독한 후 작업을 하고 주기적인 교육으로 농장 위생의 중요성을 인식하는 것이 함께 이루어져야 할 것으로 사료된다.

#### IV. 결 론

본 연구는 안전한 농산물 공급을 위한 기초 단계로서 우리나라에서 기후풍토가 적합하여 전국적으로 재배되고 있는 토마토를 중심으로 토마토의 전 생산과정에 걸쳐 전반적인 위생상태를 평가하기 위하여 수행하였다. 본 연구를 위하여 총 130점의 시료를 채취하였으며, 일반세균수, 대장균군, 그리고 *E. coli*와 같

은 위생지표세균을 평가하였다. 아울러 주요 식중독균으로 일컬어지고 있는 *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* 및 *Listeria monocytogenes*와 같은 병원성 미생물을 검사하였다. 위생지표세균 검색결과 일반 세균수와 대장균군 수는 0~6.62 log<sub>10</sub> CFU/ml, g, hand, 100 cm<sup>2</sup>, 0~4.52 log<sub>10</sub> CFU/ml, g, hand, 100 cm<sup>2</sup>으로 각각 나타났으며 또한 *E. coli*의 경우는 채취된 시료의 32.5%에서 검출되었다. 한편, 병원성 미생물의 경우는 전 시료의 10.7%에서 *S. aureus*가 검출되었으며 주로 검출된 시료는 작업자의 손과 장갑, 관개용수와 양액이었다. 그러나 *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., 그리고 *Listeria monocytogenes*는 검출되지 않았다.

토마토의 안전성을 확보하기 위해서는 수확에서 포장으로 이어지는 과정에 발생할 수 있는 오염요소를 파악하고 이를 제거시켜야 하며 이를 위한 예비단계로 미생물의 분포 현황과 오염도를 판단할 수 있는 미생물학적 위해 평가가 주기적으로 실시되어야 할 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(03-PJ1-PG1-CH11-0003).

#### 참고문헌

1. Davis, H., Taylor, J. P., Perdue, J. N., Stelma, G. N., Humphreys, J. M., Rowntree, R. and Greene, K. D. : A shigellosis outbreak traced to commercially shredded lettuce. *Am. J. Epidemiol.*, **128**, 1312-1321.

- 1988.
2. Kim, S. R., Park, S. J., Shim, W. B., Kim, H. K. and Chung, D. H. : Detection of *Staphylococcus aureus* and screening staphylococcal enterotoxin a, b, c genes in strains isolated from strawberry juice shops in Jinju. *Kor. J. Env. Hlth.*, **31**, 23-30. 2005.
  3. Kapperund, G., Rorvik, L. M., Hasseltvedt, V., Hoiby, E. A., Iversen, B. G., Staveland, K., Jonson, G., Leitao, J., Herikstad, H., Andersson, Y., Langeland, G., Gondrosen, B. and Lassen, J. : Outbreak of *Shigella sonnei* infection traced to imported iceberg lettuce. *J. Clin. Microbiol.*, **33**, 609-614. 1995.
  4. Mahon, B. E., Ponka, A., Hall, W., Komatsu, K., Beuchat, L., Shiflett, S., Siitonen, A., Cage, G., Lambert, M., Hayes, P. Bean, N., Griffin, P. and Slutsker, L. : An international outbreak of *Salmonella* infections caused by alfalfa sprouts grown from contaminated seed. *J. Infect. Dis.*, **175**, 876-882. 1997.
  5. Yu, K. M., Newman, C., Archbold, D. D. and Hamilton-Kemp, T. R. : Survival of *Escherichia coli* O157:H7 on strawberry fruit and reduction of the pathogen population by chemical agents. *J. Food Prot.*, **64**, 1334-1340. 2001.
  6. Food and Drug Administration : Hazard analysis and critical control point (HACCP); procedures for the safe and sanitary processing and importing of juice. *Fed. Regist.*, **63**, 20450-20486, 2001.
  7. Baechat, L. R. : Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. *J. Food Prot.*, **59**, 204-216, 1995.
  8. Kim, H. J., Park, J. K., Lee, D. S. and Paik, H. D. : Changes of Indicator Microorganisms and Pathogenic Bacteria in Spinach during Cook-chill Process. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **34**, 927-930, 2002.
  9. 농림부 : 우수농산물 관리제도 (GAP) 해설집, 농림부 유통국, 3-23, 2003.
  10. Kim, S. Y. : Indication system for the verification in agricultural food safety. pp.23-42. In: Symposium on GAP application strategy for the safety agricultural production. July 29, Gyeongsang National University, Jinju, Korea. The Center of Agri-food Safty. Jinju, 2004.
  11. 정덕화 : 제 6차 HACCP System 적용전략 Workshop, 경상대학교 농식품안전성 연구센터, 1-15, 2004.
  12. Sveum, W. H., Moberg, L.J., Rude, R. A. and Frank, J. F. : Microbiological monitoring of the food processing environment. 3rd ed. American Public Health Association, Washington D.C., USA. pp. 51-74, 1992.
  13. Anonymous : Guidelines for effectiveness testing of surgical hand scrub (glove juice test). *Fed. Regist.*, **43**, 1242-1243, 1978.
  14. Korea Food and Drug Administration : Korean Food code. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. pp.75-105, 2002.
  15. Kang, Y. J. : Measurement and characteristics of biological aerosols in dairy processing plant environment. PhD. Dissertation. Animal and Dairy Science Dept., Univ. of Georgia, Athens, GA, USA, 1989.
  16. Padhye, N. V. and Doyle, M. P. : Rapid procedure for detecting enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in food. *Appl. Environ. Microbiol.*, **57**, 2696-2698, 1991.
  17. AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl. 17th ed. Association of Official Analytical Communities, Arlington, VA, USA, 2000.
  18. 조재영, 이은웅 : 재배학범론, 향문사, 서울, 195-200, 2000.
  19. Cho, S. J., Park, C. J. and Oem, D. I. : Soil science, Hyangmunsa Co., Seoul, Korea, pp. 109-128, 1996.
  20. Kaneko, K. I., Hideki, H., Yoshimitsu, O., Junko, K., Masahiko, K., Koki, T., Yasuo, S. and Masuo, O. : Bacterial contamination of ready-to-eat foods and fresh products in retail shops and food factories. *J. Food Prot.*, **62**, 644-649, 1999.
  21. Norman, N. N. and Wang, L. L. : Studies on the use of sewage effluent for irrigation of truck crops. *J. Milk Food Technol.*, **24**, 44-47, 1961.
  22. Ansuya, R., Elizabeth, A. B., Robert, R. G., Donna, L. S. and Marvin, P. P. : Food Safety Begins on the Farm(Good Agricultural Practice for Fresh fruits and vegetables), 2001.
  23. Kang, S. M. : Crops physiology, Hyangmunsa Co., Seoul, Korea. pp. 77-127, 1996.
  24. 김세리 : 생딸기 주스의 HACCP 구축을 위한 미생물학적 위해평가. 경상대학교 대학원 석사학위 청구논문, 2005.
  25. FDA : Guidance for industry, Guide to minimize microbial food safety hazard for fresh fruits and vegetables. Available From: <http://csan.fda.gov>. Accessed Oct. 26, 1998.
  26. CDC : Outbreaks of *Salmonella* infections associated with eating Roma tomatoes-United states and Canada, 2004. Available from: <http://www.cdc.gov>. Accessed April 8, 2005.
  27. Bisbini, P., Leoni, E. and Nanetti, A. : An outbreak of *Salmonella* harbor associated with roast rabbit in a restaurant. *European J. Epidemiol.*, **16**, 613-618, 2000.
  28. Martin, M. C., Fueyo, J. M., Gonzalez-Hevia, M. A. and Mendoza, M. C. : Genetic procedures for identification of enterotoxigenic stains of *Staphylococcus aureus* from three food poisoning outbreaks. *International Journal of Food Microbiology* **94**, 279-286, 2004.
  29. Harris, L. J., Beuchat, L. R., Kajs, T. M., Ward, T. E. and Taylor, C. H. : Efficacy and Reproducibility of a Produce Wash in Killing *Salmonella* on the Surface of Tomatoes Assessed with a Proposed Standard Method for Produces Sanitizer. *J. Food Prot.*, **64**, 1447-1485, 2001.
  30. Mukherjee, A., Dorinda, S., Elizabeth, D. and Francisco, D. G. : Preharvest evaluation of coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella*, and *Escherichia coli* O157:H7 in organic and conventional produce grown by Minnesota farmers. *J. Food Prot.*, **67**, 894-900,

- 2004.
32. Hatakka, M., Bjorkoth, K. J., Asplund, K., Maki-Petays, N. and Korkeala, H. J. : Genotypes and enterotoxicity of *Staphylococcus aureus* isolated from the hands and nasal cavities of flight-catering employees. *J. Food Prot.*, **63**, 1487-1491, 2000.
  32. 정경석, 이희주 : 인천시내 일부 종합병원 종사자와 대학생의 비강내 *Staphylococcus aureus*의 보균상태 및 항균제에 대한 감수성. *한국환경보건학회지*, **19**, 71-76, 1993.
  33. Inikura, Y., Ikejima, S., Hirata, I., Arai, T., Kusunoki, K., Jin, M. and Ohta, K. : The incidence of *Staphylococcus aureus* in food handler, and coagulase type and enterotoxin producibility of the isolates. Tokyo Metropolitan Res. Lab. Public Health Annual Rep. **38**, 145-149, 1987.
  34. 장재선, 고종명, 김용희 : *Staphylococcus aureus*와 *Bacillus cereus*에 대한 유산과 과산화수소의 증식억제 효과. *한국환경보건학회지*, **31**, 115-119, 2005.
  35. Jung, H. J., Cho, J. I., Park, S. H., Ha, S. D., Lee, K. H., Kim, C. H., Song, E. S., Chung, D. H., Kim, M. G., Kim, K. Y. and Kim, K. S. : Genotypic and phenotypic characteristics of *Staphylococcus aureus* isolates from lettuces and raw milk. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **37**, 134-141, 2005.
  36. Bell, W. A. and Marquis, R. E. : Adaptation of *Streptococcus mutans* and *Enterococcus hirae* to acid stress in continuous culture. *Appl. Environ. Microbiol.*, **57**, 1134-1138, 1991.