



토마토의 생산 · 유통단계에서 유해미생물 오염 및 추출물에서 미생물 증식

윤혜정 · 박경훈 · 류경열 · 김병석*
농촌진흥청 국립농업과학원 유해생물팀

Analyses of Microbiological Contamination in Cultivation and Distribution Stage of Tomato and Evaluation of Microbial Growth in Tomato Extract

Hyejeong Yun, Kyeonghun Park, Kyoung-Yul Ryu, and Byung Seok Kim*

Microbial Safety Team, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea

(Received April 16, 2012/Revised March 5, 2013/Accepted May 27, 2013)

ABSTRACT - This study investigated the microbiological contamination of tomato in cultivation and distribution stage. Growth of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* examined in tomato extracts (0.1, 1.0, and 10.0%) and incubation temperatures (5, 15, 25, and 35°C). In cultivation stage of tomato, total aerobic bacteria were 7.77 log CFU/g in gloves of APC (Agricultural Products Processing Center) worker and *Bacillus cereus* were 0.33 log CFU/g at nutrient tank, respectively. And *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., were not detected. After APC stage, total aerobic bacteria were significantly higher compared with before-APC stage. Among of general, pesticide-free and organic produce in tomato were no significant difference in microbial contamination. Coliforms of tomato in small vinyl package were significantly higher when compared to tomato in whole boxes package. There was no significant difference in bacteria count between unwashed tomato and washed tomato using tap water for one minute. The growth of *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes* in tomato extracts were decreased significantly as the concentration increased, and the microbial population was reached the lowest point during storage in 10% tomato extracts concentration for 72h at 5°C. However, the population of *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes* were gradually increased at 7.33~8.51 and 7.73~8.60 log CFU/ml during storage at 15~35°C for 72h, respectively.

Key words: tomato, food safety, microbial population

서 론

최근 경제생활 향상 및 식생활 수준 개선으로 건강에 대한 관심이 높아지고 있다. 가공식품 보다는 신선채소 식품을 선호하고 곡류와 채소 위주의 전통적인 한식 식생활 추세로 흐르고 있어 신선 농산물에 대한 관심과 소비가 증대되고 있다.

토마토는 온대지방에서 주로 재배되는 작물로 학명은 *Lycopersicon esculentum* MILL. 이다. Time지에 세계 10대 건강식품으로 선정되었으며 라이코펜(lycopene)이 세포의 산화를 막아 노화를 억제하고 심혈관계 질환 및 항암 효과가 있는 것으로 알려져 있다¹⁾. 국내에서 재배되고 있

는 토마토 품종은 완숙형 토마토와 cherry형 토마토로 구분되며 주로 생식, 주스 형태로 많이 이용되고 있다. 최근 샐러드 형태로와 이용도 증가하고 있다²⁾. 토마토의 일반성분은 가식부 100 g당 수분 95.2%, 당질 2.9 g, 단백질 0.9 g, 지질 0.1 g, 섬유소 0.4 g, 칼슘 9 mg, 인 19 mg, 철 0.3 mg, 나트륨 5 mg, 칼륨 178 mg, 베타카로틴 542 µg, 비타민 B₁ 0.04 mg, 비타민 B₂ 0.01 mg, 나이아신 0.6 mg, 비타민 C 11 mg으로 알려져 있다³⁾.

최근까지 토마토에 대한 연구는 항암 및 항산화 효과^{4,5)}, 품질특성⁶⁾, 가공특성⁷⁾등에 관한 내용으로 수행되어 왔다. 가공처리하지 않고 직접 섭취하는 비가열 즉석섭취(ready-to-eat) 농산물은 간편하게 먹을 수 있는 장점이 있으나 생산 및 유통 과정 중에 위생조건에 의해 식중독 및 생물학적 위해를 일으킬 가능성이 크다. 신선편이 농산물의 위생 및 안전성에 대한 연구로 유통 중인 채소류의 미생물 오염도 평가⁸⁻¹⁰⁾등이 있다. 이외에도 대부분 유통 중인 농산물에 대한 미생물 오염도 평가에 관한 연구는 활발한

*Correspondence to: Byung Seok Kim, Microbial Safety Team, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-707, Korea
Tel : 82-31-290-0445, Fax : 82-31-290-0407
E-mail : kbs2000@rda.go.kr

반면 생산 농가에서부터 유통단계에 이르는 과정 중 미생물 오염도에 대한 연구는 미비한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 토마토의 생산단계에서 유통단계에 이르는 전 과정에서 미생물 오염도 분포도를 분석하고 유통과정 중 외부 손상으로 인해 과즙 유출시 미생물의 증식능력을 측정하기 위해 다양한 농도의 토마토 추출물, 다양한 배양 온도에서의 *Escherichia coli* O157:H7과 *Listeria monocytogenes*의 성장을 측정하였다.

재료 및 방법

실험 재료

미생물 분석실험에 사용한 토마토는 경기도 수원시와 충남 금산에 위치한 농가에서 5월부터 10월까지 재배되는 토마토(품종명; 꼬꼬)를 수확부위 및 착색정도에 따라 수확하여 실시하였다. 토마토는 점적관수 시설을 구비하고 재배하였으며 검은색비닐로 멀칭처리 하여 과실과 토양의 직접적인 접촉을 방지하였다. 시료는 수확, 선별 후 5 kg box에 보관하였으며 각 시험군별로 3 box씩을 시험구로 하여 각 시험구별로 토마토를 random sampling하여 분석하였다. 유통 토마토는 대형마트에서 구입한 완숙토마토를 실험에 사용하였고 생산방식에 따른 오염도를 분석하기 위하여 유기농 무농약 및 관행재배 시료를 분석하였다. 그리고 토마토 수확이후에 미생물의 중복오염 여부를 조사하기 위하여 APC (Agricultural Products Processing Center) 시설 처리시 과실과 작업자 장갑의 오염도를 분석하였고 포장조건에 따른 미생물 오염도 변화를 조사하였다.

추출물 제조

실험에 사용한 토마토는 상처가 없고 외부 오염물질이 없는 외관이 건전한 시료를 육안으로 선별하여 분쇄기 (SFM-353NK, SHINIL Co. Ltd., Korea)로 3분 동안 분쇄 후 4,000 rpm에서 15분 동안 원심분리(Vs-5500, Vision Scientific, Co., Seoul, Korea)를 실시하였다. 상층액을 회수하여 0.45 µm filter paper (ADVENTEC, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Japan)를 이용하여 여과 후 미생물 접종실험에 사용하였다.

미생물학적 오염분석

시료의 미생물 검사는 일반 호기성 세균, 대장균 및 대장균군, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* 및 *Salmonella* spp. 에 대해 식품공전에 따라 실시하였다¹¹⁾. 즉, 시료 20 g에 멸균된 식염수(0.85%, NaCl) 180 mL를 첨가하여 Bag mixer (Model 400, Interscience, France)를 사용하여 120초 동안 혼합하여 균질화한 후 10진 희석법으로 희석하여 각각의 배지에 도말하였다. 일반 호기성 세균과 대장균 및 대장균군의 측정에는 각각 3M Petrifilm Aerobic Count Plate

(Petrifilm EC, 3M Corporate Headquarters; St. Paul, MN, USA), 3M Petrifilm E. coli/Coliform Count Plate (Petrifilm EC, 3M Corporate Headquarters; St. Paul, MN, USA)를 사용하였다. *B. cereus*와 *S. aureus* 검출을 위한 배지는 각각 Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar (MYP, Oxoid Ltd, Cambrigede, UK), Baird Parker Agar (BPA, Oxoid Ltd)를 사용하였으며 *Salmonella* spp. 의 검출은 XLD (Difco Laboratories, Sparks, MD, USA)를 사용하였다. 일반 호기성 세균, 대장균 및 대장균군, *S. aureus* 및 *Salmonella* spp. 은 37°C에서 24시간 배양하였으며 *B. cereus*은 30°C에서 24시간 배양하여 형성된 colony 수를 계수하여 1 g당 colony forming unit (CFU/g)으로 나타내었다.

세척에 의한 미생물 감소효과 측정을 위해 시료를 흐르는 수돗물에 2회 30초 동안 세척하였으며, 세척하지 않은 시료균을 대조군으로 사용하여 세척에 의한 미생물 변화를 조사하였다.

토마토 추출액의 미생물 생육억제 효과

실험에 사용한 균주는 *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 43889과 *Listeria monocytogenes* ATCC 19115는 KCCM (Korean Culture Center of Microorganisms)에서 분양받아서 사용하였다. 각 표준균주는 구입 후 tryptic soy broth (Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에서 37°C 조건으로 stationary phase까지 진탕배양(200 rpm)한 다음 원심분리기(Vs-5500, Vision Scientific, Co., Seoul, Korea)에서 3회 원심분리(3,000 rpm for 10 min at 4°C)하여 이를 접종균으로 준비하였으며 이때의 균주 농도는 약 10⁵ CFU/g이었다. 추출물 농도에 따른 균주의 생육억제 정도를 측정하기 위해 접종균주를 토마토 추출물(0.1, 1.0, 10.0%)에 접종하여 25°C 조건에서 72시간 동안 배양하였고, 배양온도에 의한 영향을 측정하기 위해 토마토 추출물 10% 용액에 균주를 접종한 후 다양한 온도 조건(5, 15, 25, 35°C)에서 72시간 동안 배양하면서 성장을 측정하였다.

통계분석

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SAS software¹²⁾에서 프로그램된 general linear model procedure를 수행하고 분산분석 후 유의적인 차이가 보일 때 평균값 간 차이를 Duncan의 다중검정법을 사용하여 평가하였다(p < 0.05)¹³⁾.

결과 및 고찰

생산단계에서 미생물 오염도 조사

토마토 생산농가에서 수확단계별 토마토의 미생물 오염도를 조사하여 Table 1에 나타내었다. 재배 및 수확시 가장 접촉빈도가 많은 양액과 작업자의 장갑을 조사하였는

Table 1. Distribution of microbial population (Log CFU/g) of tomato farms

Stage	Sample	Total aerobic bacteria	<i>E. coli</i>	Coliform	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i> spp.
Cultivation	Nutrient water	4.44c ¹⁾	ND ²⁾	0.56a	0.33	ND	ND
	Gloves ⁴⁾	4.85b	ND	NDb	ND	ND	ND
	Gloves ⁵⁾	7.77a	ND	NDb	0.33	ND	ND
Product	APC before	1.24e	ND	NDb	ND	ND	ND
	APC after	2.45d	ND	NDb	ND	ND	ND
SEM ³⁾		0.094	-	0.101	0.211	-	-

Values are means of triplicate experiments (n = 9).

¹⁾Values with different letters (a-e) within the same column differ significantly (P < 0.05).

²⁾ND : Viable cell was not detected with detection limit at < 10¹.

³⁾Standard errors of the mean (n = 45).

⁴⁾Gloves are used in harvest for product.

⁵⁾Gloves are used in APC (Agricultural Products Processing Center) worker

Table 2. Comparison of microbial population (Log CFU/g) in tomato of different cultivation types

Sample	Total aerobic bacteria	<i>E. coli</i>	Coliform	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i> spp.
Conventional produce	3.05a ¹⁾	ND ²⁾	ND	0.18	ND	ND
Organic produce	1.63b	ND	ND	ND	ND	ND
Pesticide-free produce	2.18b	ND	ND	ND	ND	ND
SEM ³⁾	0.283	-	-	0.117	-	-

Values are means of triplicate experiments (n = 9).

¹⁾Values with different letters (a-b) within the same column differ significantly (P < 0.05).

²⁾ND : Viable cell was not detected with detection limit at < 10¹.

³⁾Standard errors of the mean (n = 9).

데 APC작업자의 장갑에서 총 호기성 세균이 7.77 log CFU/g 수준으로 가장 높게 나타났으며, 배양 양액과 수확시 작업자 장갑에서는 4.44~4.85 log CFU/g수준으로 다소 높게 나타났다. 수확된 제품이 APC 시설을 경유하여 포장되는 단계에서 APC 전·후 단계의 토마토 표면의 오염도는 APC 작업전 1.24 log CFU/g 이었으나 APC 작업 후 2.45 log CFU/g로 대략 1 log CFU/g 증가된 것으로 나타났다. 배양 양액에서 대장균과 *B. cereus*가 각각 0.56, 0.33 log CFU/g 검출되었으며, APC 작업자의 장갑에서도 *B. cereus*가 0.33 log CFU/g 검출되었다.

토마토 재배시 사용되는 양액의 경우 영양공급원으로 이용되고 있어 충분한 영양성분으로 인해 총 호기성 세균을 비롯한 미생물의 증식이 가능한 것으로 판단된다. Kim et al.¹⁴⁾은 국내 농산물 및 식품 중 *B. cereus* 오염도를 조사한 결과 들깨잎에서 48.6% 검출되었다. 농산물 중 *B. cereus* 오염도가 높은 이유는 농산물이 토양과 접촉이 가능하며 이에 따라 토양에서 검출되는 *B. cereus*, *Clostridium* spp.에 오염되기 쉽기 때문이다¹⁵⁾.

농가에서 토마토 수확시 이용되는 장갑과 APC 작업장에서 장갑은 작업자가 면장갑을 착용 후 사용횟수를 정확히 추정할 수 없는 경우가 많으며 반복 작업을 수행함으로써 총 호기성 세균의 오염도가 높게 나온 것으로 미루어 볼 수 있다. 특히 APC 작업 중 처리 전에 비해 작업자의 접촉이 가해진 처리 후 농산물에서 총 호기성 세균이 높

아진 점도 작업자의 장갑에 의한 접촉 오염인 것으로 생각된다. 따라서 생산 및 APC 작업 전 과정에서 작업자의 장갑에 대한 위생관리와 식품 안전에 대한 인식을 강화시켜야 할 필요성이 있다. 장갑은 작업단위로 구분하여 사용하고 정기적인 위생적인 처리가 반드시 필요하다.

유통단계에서 미생물 오염도 분포

대형마트에서 유통되고 있는 토마토는 재배방식에 따라 관행, 유기농, 무농약으로 구분하여 토마토의 미생물 오염 분포를 조사하였다(Table 2). 모든 토마토 시료에서 총 호기성 세균은 1.62~3.05 log CFU/g 수준이었으며 관행재배의 시료에서 3.05 log CFU/g으로 유기농, 무농약 시료에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 다만 관행재배 토마토 시료에서 *B. cereus*가 0.18 log CFU/g 검출되었다. 일반적으로 유기농, 무농약 제품의 구분은 농약으로부터 안전성을 고려하여 설정한 것으로 유해 미생물의 오염지표와는 차이가 있다. 본 실험결과에서 관행, 유기농, 무농약 토마토의 미생물 오염도에서 유의적 차이가 나타나지 않은 것은 재배지 특성이 뚜렷한 차이가 없기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 경향은 Ponce¹⁶⁾의 연구에서와 유사한 경향을 나타내었으며 관행 재배지와 유기농 재배지의 근대에서 미생물 분포도의 차이가 없었다. 시료군에 따른 미생물 오염도는 재배 농가의 위생상태, 수확 및 포장 단계에서의 작업자에 의한 교차오염, 유통과정에서의 보관 온도, 관리상

Table 3. Comparison of microbial population in tomato of different package type after washing by water

Packaging	Washing	Total aerobic bacteria	<i>E. coli</i>	Coliform	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella</i> spp.
Box	Before	3.29c ¹⁾	ND ²⁾	1.53b	ND	ND	ND
	After	3.19c	ND	0.82c	ND	ND	ND
Vinyl bag	Before	3.77a	ND	2.83a	ND	ND	ND
	After	3.52b	ND	NDd	ND	ND	ND
SEM ³⁾		0.077	-	0.229	-	-	-

Values are means of triplicate experiments (n = 9).

¹⁾Values with different letters (a-d) within the same column differ significantly (P < 0.05).

²⁾ND : Viable cell was not detected with detection limit at < 10¹.

³⁾Standard errors of the mean (n = 12).

태에 의한 차이인 것으로 판단된다.

Kim et al.¹⁷⁾의 연구에서 유통중인 관행 샐러드와 유기농 샐러드에서 총 호기성 세균은 각각 61.1, 60.0%로 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. 또한 16.7%, 23.3%로 시료간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 채소샐러드의 경우 호기성 세균은 4.8 log CFU/g로 나타났으며, Kubheka¹⁸⁾의 연구에서 5.9 log CFU/g 검출된 경우도 있다.

세척방법에 의한 미생물 오염도

토마토의 포장단위가 다른 시료를 구입하여 초기 유해 미생물 오염도를 파악하고 세척 후의 미생물 오염도 변화를 관찰하였다(Table 3). 총 호기성 세균은 박스 포장과 봉지 포장 시료 모두 세척 전 각각 3.29, 3.77 log CFU/g, 세척 후 3.19, 3.52 log CFU/g로 나타났다. 대장균군은 박스

포장, 봉지 포장 시료에서 세척전 1.53, 2.83 log CFU/g에서 세척후 0.82 log CFU/g, 불검출로 나타났다. *E. coli*, *B. cereus*, *S. aureus*, *Salmonella* spp.는 검출되지 않았다. 반면 Kim 등¹⁷⁾의 연구에서 멸균 생리수와 채소 세척용 세제(1.5 g/L)를 이용하여 샐러드의 세척효과를 비교한 결과 채소 세척액 사용이 멸균 생리수 사용 보다 효과적으로 나타났으며 이때 멸균 식염수 5회, 세척액 1회 사용시 95.5%의 세균 저감 효과가 나타났다고 보고하였다. 토마토는 표면이 매끄럽고 왁스층으로 구성되어 있어 일반적인 세척 방법으로 미생물 저감화가 어려웠으며, 각각의 농산물 특성을 고려한 세척 방법의 제안이 필요한 실정이다.

토마토 추출물의 미생물 증식

토마토 추출물에서 *E. coli* O157:H7와 *L. monocytogenes*

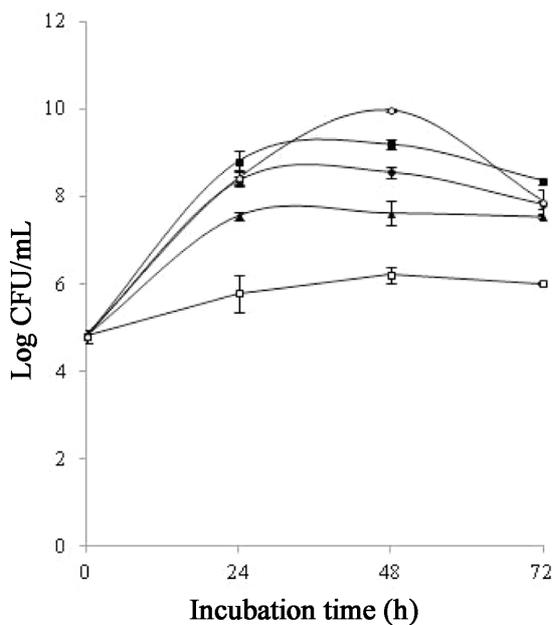


Fig. 1. Fluctuation curve (log CFU/ml) of *E. coli* O157:H7 in various tomato extract concentration(%) during storage at 25°C for 72h., ■ : Tomato extract 10.0%, ● : Tomato extract 1.0%, ▲ : Tomato extract 0.1%, □ : Minimal broth, ○ : Tryptic soy broth.

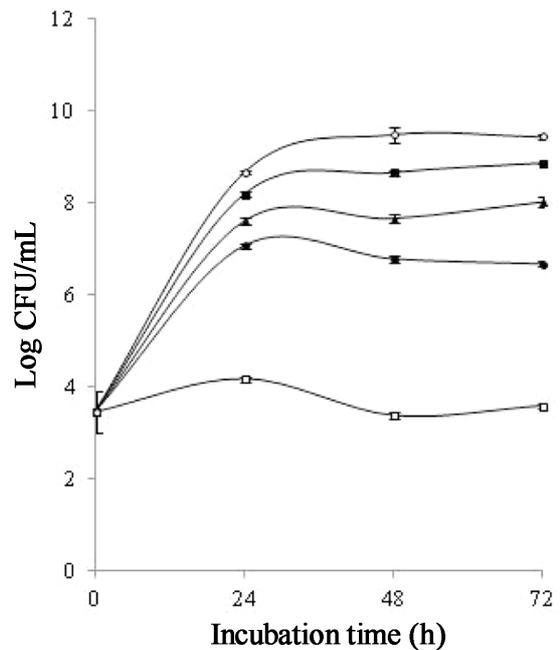


Fig. 2. Fluctuation curve (log CFU/ml) of *L. monocytogenes* in various tomato extract concentration(%) during storage at 25°C for 72h., ■ : Tomato extract 10.0%, ● : Tomato extract 1.0%, ▲ : Tomato extract 0.1%, □ : Minimal broth, ○ : Tryptic soy broth.

의 성장은 Figs. 1, 2에 나타내었다. *E. coli* O157:H7는 토마토 추출물 함량이 증가할수록 빠르게 증가하는 경향을 나타내었으며 특히 배양 24시간 후 급격히 증가한 후 밀도를 유지하거나 서서히 감소하였다. 그러나 영양배지인 tryptic soy broth에서 미생물은 배양 48시간째 급격히 증가한 후 감소하였으며 최소영양배지(MB)에서는 4.8~6.0 log CFU/g로 일정 수준을 유지하였다. *L. monocytogenes*는 추출물 함량과 배양시간 경과에 따라 서서히 증가하였다. 특히 *L. monocytogenes*는 배양 24시간째 급격히 증가하였으며 미생물 증가율은 tryptic soy broth, 추출물 10%, 추출물 1%, 추출물 0.1%, minimal broth 순으로 높게 나타

났다. 토마토 추출물 함량이 높을수록 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 단위 시간당 미생물 성장이 증가하였다. 이 결과로 미루어 실온에서 유통중인 토마토에 외부 상처로 인해 추출액이 발생할 경우 외부 오염원인 여러 유해 미생물의 증식이 급격히 이루어질 수 있을 것이다. *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 증식이 가장 높게 나타난 토마토 추출물 함량 10%, 온도조건을 5, 15, 25, 35°C로 설정하여 이들 미생물을 증식능력을 Table 4, 5에 나타내었다. *E. coli* O157:H7은 5°C에서 배양시간 경과에 따라 유의적으로 증가하였으나 급격한 증식은 이루어지지 않았다. 배양온도가 15~35°C로 증가함에 따라 24시간째

Table 4. Changes of the survival (log CFU/ml) of *E. coli* O157:H7 in tomato extract concentration at 10% by various incubation temperature (°C) during storage for 72h

Sample	Incubation temperature (°C)	Incubation time (h)				SEM ²⁾
		0	24	48	72	
Tomato extract 10%	5	5.13c ¹⁾	5.29b	5.27b	5.38a	0.029
	15	5.13d	7.68c	8.24b	8.51a	0.036
	25	5.13c	8.86a	8.64b	8.47b	0.053
	35	5.13d	8.87a	8.47b	7.33c	0.034
Minimal broth	5	5.13a	4.83b	4.34c	4.43d	0.212
	15	5.13a	4.88b	4.76c	4.52d	0.018
	25	5.13c	4.88d	5.37b	5.63a	0.039
	35	5.13b	5.04b	5.66a	5.62a	0.047
Tryptic soy broth	5	5.13c	5.53a	5.21b	5.54a	0.025
	15	5.13c	6.62b	8.29a	8.35a	0.020
	25	5.13d	7.93c	8.24b	8.41a	0.026
	35	5.13d	8.11b	8.39a	6.50c	0.040

Values are means of triplicate experiments (n = 9).

¹⁾Values with different letters (a-d) within the same row differ significantly (P < 0.05).

²⁾Standard errors of the mean (n = 12).

Table 5. Changes of the survival (log CFU/ml) of *L. monocytogenes* in tomato extract concentration at 10% by various incubation temperature (°C) during storage for 72h

Sample	Incubation temperature (°C)	Incubation time (h)				SEM ²⁾
		0	24	48	72	
Tomato extract 10%	5	4.58ab ¹⁾	4.45b	4.74a	4.61ab	0.054
	15	4.58d	4.80c	7.10b	7.73a	0.058
	25	4.58c	7.33b	8.06a	8.26a	0.060
	35	4.58c	7.53b	7.97b	8.60a	0.188
Minimal broth	5	4.58a	4.31b	3.41c	4.37b	0.060
	15	4.58a	4.35b	3.24c	4.32b	0.057
	25	4.58a	4.16b	3.39c	5.59c	0.062
	35	4.58a	4.28a	3.84b	3.57b	0.101
Tryptic soy broth	5	4.58b	5.11a	5.05a	5.00b	0.072
	15	4.58d	5.25c	7.29b	8.39a	0.061
	25	4.58c	7.71b	8.22a	8.23a	0.062
	35	4.58d	7.62b	8.04a	6.50c	0.064

Values are means of triplicate experiments (n = 9).

¹⁾Values with different letters (a-d) within the same row differ significantly (P < 0.05).

²⁾Standard errors of the mean (n = 12).

급격히 증가하여 72시간에 7.33~8.51 log CFU/g로 초기보다 3 log CFU/g 증가하였다. 반면 minimal broth는 배양시간이 경과함에 따라 유의적인 차이는 있었으나 5, 15°C 조건에서는 감소하는 경향을 나타내었으며, 25, 35°C에서는 증가하는 경향을 나타내었다. Tryptic soy broth에서는 5°C 제외한 배양조건에서 6.50~8.41 log CFU/g로 토마토 추출물에서와 같이 3 log CFU/g 증가하였다.

L. monocytogenes 성장은 5°C 조건에서 가장 낮았고, 15, 25, 35°C에서 7.73~8.60 log CFU/g로 증식하였다. Minimal broth에서는 모든 배양온도에서 배양시간이 경과함에 따라 증식이 감소하는 경향을 나타내었고, tryptic soy broth에서는 5°C를 제외한 온도조건에서 6.50~8.39 log CFU/g 수준으로 증가하였다.

선행연구 중 Kim 등¹⁹⁾의 유기산 및 초음파 병용처리된 전해수를 이용한 들깨잎 중 *S. Typhimurium*, *S. aureus*, *B. cereus*의 저감효과에 관한 연구에서 들깨잎 표면에 각 표준균주 배양액의 농도를 10⁸ CFU/ml이 되도록 실시한 바 있다. 본 연구에서는 토마토 추출물에 대해 표준균주의 배양액의 농도를 10⁵ CFU/ml로 하여 이를 토마토 추출액에 접종하여 다양한 유통 및 보관온도 조건에서의 유해미생물 증식을 평가하였다.

토마토 추출물 10%의 조건에서 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes* 모두 15°C 이상의 조건에서 초기 수준보다 2~4 log CFU/g 이상 증가하는 경향을 나타내어 토마토의 적절한 유통 및 보관온도는 15°C 이하로 유지하는 것이 유해 미생물의 오염을 최소화 할 수 있을 것이라고 판단된다. 이는 토마토가 유통 및 보관기간 중에 유해미생물이 증식이 가능한 조건이 일정 시간 동안 유지된다면 이는 위험을 유발 할수 있는 밀도에 도달하게 된다. 따라서 유해미생물 증식의 주요 요인에 따라 오염정도에 따른 위험성 예측이 가능한 유해미생물 성장예측모델 개발 및 적용연구도 지속적으로 보완 되어야 한다.

요 약

본 연구에서는 토마토의 생산 및 유통단계에서의 유해 미생물 오염도 정도를 파악하고 유통과정 중 외부 손상으로 인해 과즙 유출시 미생물의 증식능력을 측정하기 위해 *E. coli* O157:H7와 *L. monocytogenes*의 성장을 토마토 추출물 함량(0.1, 1.0, 10%) 및 다양한 배양온도(5, 15, 25, 35°C)에서 측정하였다. 수확단계에서는 APC 작업 종사자의 장갑에서 총 호기성 세균이 7.77 log로 가장 높게 나타났고, 배양 양액에서 대장균과 *B. cereus*가 각각 0.33 log 검출되었다. 수확 후 처리과정으로 APC 과정을 거친 토마토에서 총 호기성 세균이 유의적으로 높게 나타났다. 그 외에 *S. aureus*, *Salmonella* spp. 는 검출되지 않았다. 재배방법에 따른 일반, 유기농, 무기농 토마토에서의 미생

물 분포도의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 포장 방법 중 봉지 포장제품이 박스 포장제품에 비해 대장균군이 유의적으로 높게 나타났으며 세척에 의한 미생물 저감화 효과는 나타나지 않았다. 토마토 추출물 함량이 높을수록 *E. coli* O157:H7와 *L. monocytogenes*의 성장이 높게 나타났으며, 토마토 추출물 10%인 경우 5°C 조건에서 가장 낮았고, 15, 25, 35°C에서 72시간 배양시 각각 7.33~8.51, 7.73~8.60 log CFU/g으로 증식하였다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업인 GAP 실천농가의 관리기준 이행실태 조사 및 제도개선 연구(과제번호: PJ006356)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

- Rao, A.V.: Lycopene, tomatoes, and the prevention of coronary heart disease. *Exp. Biol. Med.*, **227**, 908-913 (2002).
- Kim, K.S. and Chae, Y.K.: The effects of addition of oligosaccharide on the quality characteristics of tomato jam. *Korean J. Soc. Food Sci.*, **13**, 348-355 (1997).
- Seo, B.H.: A study of preparing gruel and quality characteristics of tomato gruel. Masters Diss., Sejong Univ., Seoul., Abstr. 1-2. (2006).
- Edward, G., Eric, B.R., Yan, L., Meir, J.S. and Walter, C.W.: A prospective study of tomato products, lycopene and prostate cancer risk. *J. National Cancer Institute*, **94**, 391-398 (2002).
- Pannala, A.S., Rice-Evans, C., Sampson, J. and Sing, H.S.: Interaction of peroxynitrite with carotenoid and tocopherols within low density lipoprotein. *FEBS letters*, **423**, 297-301 (1998).
- Gram, E.H., Peter, A. and Timothy, J.D.: Assessing the color of tomato fruit during ripening. *J. Sci. Food Agric.*, **34**, 286-292 (1983).
- Mendel, F., Fitch, T.E. and Yokoyama, W.H.: Lowering of plasma LDL cholesterol in hamsters by the tomato glycoalkaloid tomatine. *Food Chem. Toxicol.*, **38**, 549-553 (2000).
- Shim, S.B., Ham, S.N., Kwoun, P.S., Lee, S.O., Kim, S.H., Lee, G.W. and Bang, O.K.: Monitoring contamination of vegetable salad and study in reduction for food poisoning. *Anneal Rpt. KFDA.*, **7**, 364-365 (2003).
- Choi, J.H., S.Y. Park, J.H. Yeon, M.J. Lee, D.H. Chung, K.H. Lee, M.G. Kim, D. H. Lee, K.S. Kim, and S.D. Ha.: Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. *J. Fd. Hyg. Safety*, **20**, 43-47 (2002).
- Jung, S.H., Hur, M.J., Ju, J.H., Kim, K.A., Oh, S.S., Go, J.M., Kim, Y.H. and Im, J.S.: Microbiological evaluation of raw vegetables. *J. Fd. Hyg. Safety*, **21**, 250-257 (2006).
- KFDA.: Food Standard Code. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea (2005).

12. Statistical Analysis Systems Institute, SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. (1995).
13. Lee, H.J., Sul, M.S., Park, J.M., Kim, J.H., Song, B.S., Lee, J.W. and Byun, M.W.: Evaluation of the sensory quality characteristics during storage and mutagenicity of gamma-irradiated *sujeonggwa* powder (korean traditional cinnamon beverage). *Korean J. Food Preserv.*, **14**, 408-413 (2007)
14. Kim, S.H., Kim, J.S., Choi, J.P. and Park, J.H.: Prevalence and frequency of food-borne pathogens on unprocessed agricultural and marine products. *Kor. J. Food sci. Technol.*, **38**, 594-598 (2006).
15. Brackett, R.E. and Splittsoesser, D.F.: Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4th ed. American Public Health Association, Washington, D.C. p. 515-552 (2001).
16. Ponce, A.G., Roura, S.I., del Valle, C.E. and Fritz, R.: Characterization of native microbial populations on Swiss chard (*Beta vulgaris*, type cicla) cultivated by organic methods. *Food Sci. Technol.*, **36**, 183-188 (2003).
17. Kim, J.S., Bang, O.K. and Chang, H.C.: Examination of microbiological contamination of ready-to-eat vegetables salad. *J. Fd. Hyg. Safety*, **19**, 60-65 (2004).
18. Kubheka L.C., Mosupy, F.M. and Holy, A.V.: Microbiological survey of street-vended salad and gravy in Johannesburg city, South Africa. *Food Cont.*, **12**, 127-131 (2001).
19. Kim, S.R., Oh, K.W., Lee, M.H., Jung, C.S., Lee, S.H., Park, S.J., Park, J.H., Ryu, K.Y., Kim, B.S., Kim, D.H., Yun, J.C. and Chung, D.H.: Effect of electrolyzed water combined with ultrasound and organic acids to reduce *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* on perilla leaves. *J. Fd. Hyg. Safety*, **27**, 264-270 (2012).