생산지 수집 신선 유기농 농산물 미생물 분포도 분석

박원정 · 류화연 · 임가연 · 이영덕¹ · 박중현*
가천대학교 식품생물공학과, ¹서원대학교 식품공학과

Microbial Prevalence and Quality of Organic Farm Produce from Various Production Sites

Won-Jung Park, Hwa-Yeon Ryu, Ga-Yeon Lim, Young-Duck Lee¹, and Jong-Hyun Park*

Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University

¹Department of Food Science and Engineering, School of Convergence, Bioscience and Technology, Seowon University

Abstract To analyze the presence of microbes in organic farm produce, green chillies, lettuce, tomatoes, apples, pears, and rice were collected at 47 production sites with organic and conventional produce. Total average bacterial counts of 4.07 log CFU/g in organic green chillies, 3.71 log CFU/g in conventional green chillies, and 6.76- 6.90 log CFU/g in the both lettuce were detected. Mean bacterial counts of 4.48 log CFU/g and 2.84 log CFU/g were detected in organic and conventional pear produce, respectively. Differences in bacterial counts in tomatoes, apples, and rice in organic and conventional produce were less pronounced. *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., and *Staphylococcus aureus* were not detected in any produce sample. However, *Bacillus cereus* was detected with average counts of 1.04 log CFU/g in 11/47 (23%) conventional produce samples and 1.97 log CFU/g in 6/47 (13%) organic produce samples. Therefore, organic and conventional produce showed similar microbial prevalence patterns, and comparable safety in terms of pathogen contamination.

Keywords: organic farm produce, bacterial prevalence, *B. cereus*, *E. coli*

서 론

국민 소득의 증가와 더불어 소비자들의 건강에 대한 관심이 점차 높아지게 되면서 식생활 변화에도 상당한 변화를 가져와서 참살이(well-being)를 추구하는 삶에 열망이 높아졌다(1). 이에 따라서 채소, 과일, 생식 등 신선 농식품에 대한 수요가 급증하여 열처리 식품보다 새로운 비열 살균 기술 가공법을 이용한 최소가공 처리된 고품질의 식품 생산이 요구되고 있다(2).

농산물 생산 방식이 과거에는 생산성에 초점이 맞춰져서 이루어졌으나, 국내 소비자들의 소득 증가와 건강에 대한 관심 증대로 인해서 화학 비료와 농약을 사용하지 않거나 아주 적게 사용하는 추세이며, 이에 따라 유기농법과 같은 친환경 농업들이 각광을 받고 있다. 그러나, 이러한 유기농산물의 소비 증가로 인해 최근 다양한 화학적, 물리적, 생물학적 위해 요소가 확인되고 있으며, 또한 이러한 원인들로 인해 인간에게 다양한 질환이 유발되거나 사망에까지 이르고 있어서 커다란 경제적 손실과 인적 손실이 발생되고 있다. 화학적 위해의 경우 과거 관행 농산물의 생산을 위해 사용되었던 농약이 잔류하거나 중금속이 문제로 대두

되어 유기농산물이 보다 가치를 인정받았으나, 최근에는 미생물학적 안전성이 유기농산물에서 크게 대두되고 있다(3). 특히 유기농 신선농산물은 농약이나 화학비료를 사용하지 않으므로 유해 미생물의 증식이 우려되고 가축분 퇴비를 사용하고 있어서 미생물 안전성에 대한 문제가 부각되고 있다(4,5).

최근에 발생한 식중독 사고로는 독일에서는 유기농 채소를 섭취하고 변종 장출혈성대장균(*enterohemorrhagic Escherichia coli*)에 약 3,000명이 감염되어 46명이 사망하였으며(6), 또 최근 미국에서는 리스테리아에 오염된 델론을 먹고 감염되었고, 16명이 사망하는 사례가 보고되었다(7). 시금치, 토마토 식중독 사고 등 채소 및 과일과 같은 신선 농산물은 수확되어 소비되는 과정의 여러 단계에서도 병원성 미생물을 포함한 다양한 미생물에 오염될 수 있다(8). 이와같이 1990년대에 미국에서 발생한 신선채소 등에 의한 식중독 분석결과 모든 식중독 사고 중에서 약 6%나 된다고 보고하였다(9). 1996년 일본의 학교급식에서 무순을 사용하였는데 *E. coli* O157:H7에 감염되어서 많은 환자를 발생시킨 사례와 미국에서도 이 균에 감염된 알팔파 싹채소를 먹고 감염된 사례가 있었다(10). 우리나라에서도 소의 분변에서 병원성 *E. coli* O157:H7이 분리된 바 있고 오염된 토양에 의한 *Salmonella* 또는 *Listeria monocytogenes* 등의 식중독 원인균에 오염될 가능성이 있으므로 생산단계에 있어서 퇴비나 동물의 분변에 의해 오염되지 않도록 주의를 기울여야 한다(11). 특히 이러한 병원성 미생물은 과일과 채소를 씻는 과정에서도 잘 제거되지 않아 식중독사고에 관여되는 것으로 알려져 있다(12).

다양한 종류의 병원성 미생물이 식중독을 야기할 수 있지만 이중 *Shigella*, *Salmonella*, *E. coli* O157:H7, *Campylobacter* spp.,

*Corresponding author: Jong-Hyun Park, Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University, Seongnam, Gyeonggi 461-701, Korea
Tel: 82-31-750-5523
Fax: 82-31-750-5501
E-mail: p5062@gachon.ac.kr
Received December 4, 2013; revised January 24, 2014;
accepted January 24, 2014

L. monocytogenes, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, 바이러스 등이 과일과 채소와 같은 신선 농산물에 오염되어 식중독 사고로 국민 건강상의 문제에 상관성이 있는 것으로 보고되고 있다(13).

우리나라는 채소, 셀러드 등과 같은 신선편이식품을 단순 농산물로 분류하여, 별도의 미생물 품질 기준이 없었으나, 2008년에 즉석섭취 편이식품 유형이 만들어지면서 *Salmonella*, 장출혈성 대장균 등은 음성이고, *E. coli*는 10 CFU/g 이하, *Cl. perfringens*, *S. aureus*은 100 CFU/g 이하, *B. cereus*는 1,000 CFU/g 이하의 미생물학적 품질 기준이 설정되었다(14). 신선편이 농산물과 유기농산물의 경우 아직까지 별도의 기준은 없지만 재배 과정에서 농약과 화학비료를 사용하지 않기 때문에 위해 미생물의 오염도가 증가할 것으로 우려되고 있다. 농산물은 수출이나 수입의 양이 대단히 많기 때문에 농산물 위생과 식중독 관리 방안에 대한 체계를 수립하고 개선방안을 시행하려는 노력이 지속적으로 필요할 것이다.

현재 유기 농산물 또는 신선편의 식품에 대한 식중독 세균에 대한 연구가 진행되어 왔으나, 대부분 단편적으로 수행되어 왔다(15). 그리고 많은 연구가 농산물보다는 식품에서 오염되어 있는 병원성 세균에 대한 검출이 주로 수행되어 왔다. 그러나 식품 재료의 많은 부분이 농산물 재료로 사용되기 때문에 식품에 병원성 세균을 일차적으로 방지하기 위해서는 우선적으로 농산물에 대한 병원성 세균의 오염 정도에 대한 보다 광범위한 연구 조사가 이루어질 필요가 있을 것이다. 아울러 유기 농산물과 관행 농산물간의 병원성 세균의 오염 정도를 비교 분석도 필요할 것으로 판단된다. 그러므로 본 연구에서는 유기농 생산현장에서 재배 중인 신선편이 유기농산물을 수집하여 관행농산물과 비교하여 미생물학적인 안전성을 비교 분석하고자 하였다.

재료 및 방법

유기농/관행농 신선 농산물의 시료 선정 및 채취

신선편이식품 재료로 사용되는 대상 농작물로 국내에서 제일 많이 생산되는 조미채소로 풋고추를, 그 다음으로 많이 생산되는 엽채류로는 상추를, 그 다음의 과채류로는 토마토를 선정하였다. 과실류로는 사과와 배를 선정하였고 우리의 주식인 쌀을 시료로 선정하였다. 2013년 7월과 11월 사이에 전국의 신선 유기농 생산지와 인근 관행 농산물 생산지 현지에서 직접 시료를 수집하였다. 채취된 시료는 냉장상태로 보관하여 실험실로 운반한 후 24시간 이내에 세균 오염분석을 실시하였다. 수집한 시료는 고추, 상추, 토마토를 유기농과 관행농 생산 3지역에서 3회씩 9시료씩 직접 현지에서 채취하였다. 사과와 배는 유기농과 관행농 5지역에서 5시료씩, 쌀은 유기농과 관행 생산물 각각 10지역에서 생산된 시료 10개씩을 수집하여 총 94개의 유기농 농산물과 관행농 농산물을 현장에서 2회씩 수집하였다. 농촌진흥청의 도움을 받아 생산형태의 유기농 농가에 사전 연락하고 시료를 채취하였고 관행농 농산물은 유기농 채취장소 인근에서 시료를 채취하였다.

일반미생물과 젖산균 분리 및 동정

분석 대상 미생물로는 일반세균, 대장균군, 대장균과 부패세균으로 작용할 수 있는 젖산균을 분석하였고, 병원성 미생물로는 *B. cereus*, *Cl. perfringens*, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella*, *S. aureus*를 분리 및 동정하였다. 미생물의 분리 및 동정은 식품공전에 제시되어 있는 방법(13)을 기본적으로 PCR 등의 방법을 보완하여 실시하였다.

이를 간단히 요약하면 일반세균은 plate count agar 배지(PCA agar, Difco, Detroit, MI, USA)에서 배양하여 집락을 확인하였다. 대장균군은 식품공전의 Petri-film (3M, St. Paul, MN, USA)과 표 준평판법을 사용하여 분석하였다. 대장균군은 Petri-film에서 붉은 색과 기포를 형성한 집락을 계수하였고, 대장균은 청색 및 청록색의 집락수를 계수하였다. 병원성 세균 중 대장균은 eosin methylene blue agar (EMB agar, Difco)에서 배양하였다. 녹색의 금속성 광택을 띄는 집락을 선택하여 tryptic soy agar (TSA, Difco)에 도말 한 후 집락을 선정하여 Gram (-), catalase (+), IMViC 검사로 확인하였다. 젖산균 군수의 측정방법은 식품공전의 일반 세균 수 측정방법에 준하여 시험하되 배지는 bromocresol purple (BCP) 첨가 de Man, Rogosa, Sharpe agar (MRS agar, Difco)를 사용하여 배양한 후 발생한 황색의 집락을 젖산균의 집락으로 계수하였다. 정량분석은 젖산균 시료를 펄슨수로 희석하고, MRS 한천 배지에서 배양 후 집락수를 계수하였다.

병원성 세균 분리 및 동정

*B. cereus*는 mannitol egg yolk polymyxin agar (MYP agar, Difco)에 검액을 도말한 후 배양하였다. Eosin pink opaque halo 을 띄는 집락을 계수, 선택하여 Gram (+), catalase (+), β -hemolysis를 확인한 후 동정을 위해 사용된 polymerase chain reaction (PCR) primer는 *B. cereus*의 *hbl A* gene을 대상으로 한 Hbl A1 (5'-GCT AAT GTA GTT TCA CCT GTA GCA AC-3'), *Hbl A2* (5'-AAT CAT GCC ACT GCG TGG ACA TAT AA-3')이며 873 bp의 amplicon을 확인하였다(14). *Cl. perfringens* 분리 배양은 검액을 cooked meat medium (Difco)의 배지에 접종하여 혐기배양하였다. 카나마이신을 가한 난황 첨가 tryptose sulfite cycloserine agar (TSC agar, Difco)에 증균배양액을 접종하여 혐기배양 한 결과, 분리배지상에서 유황색으로 주변에 혼탁한 백색환이 있는 집락과 불투명한 환을 가지는 황회색 집락은 확인시험을 실시하였다. *E. coli* O157:H7은 대장균으로 분리된 것을 대상으로 PCR로 확인하였으며, *stx1* gene 목표로 하는 vt1a (5'-GAA GAG TCC GTG GGA TTA GC-3')와 vt1b (5'-AGC GAT GCA GCT ATT TTA TT-3')를 이용하여 PCR을 수행하여 *E. coli* O157:H7임을 확인하였다(15). *L. monocytogenes*의 분리 배양은 *Listeria* 증균 배지에 검액을 넣어 배양 후 Oxford 한천배지에 접종하여 의심 집락이 확인되면 이를 tryptic soy agar(Oxoid)에 접종하여 추가 배양하였다. 확인시험은 그람염색, CAMP test, β -hemolysis, catalase, motility 등의 생화학적 분석으로 *L. monocytogenes*를 동정하였다. *S. aureus*는 전처리된 검액을 Baird-Parker agar (Oxoid)에 도말한 후 배양하였으며, Baird-Parker agar에서 불투명환을 가진 검은색 콜로니를 분리하였다. Gram (+), catalase (+)을 확인한 후 coagulase test를 실시하여 24시간 내에 응고가 일어나면 양성으로 판정하였다. *Salmonella*는 전처리된 검액을 buffered peptone water (Difco)에 증균 배양한 후, Rappaport-Vassiliadis R10 배지(Difco)에서 24시간 증균 배양 후, 검액을 xylose lysine deoxycholate agar (XLD agar, Difco)에 도말하여 37°C, 24시간 배양하였다. 배양한 콜로니 중 검정색 집락을 선택하여 Gram (-), catalase (+), oxidase (-), TSI (+)로 확인된 균주를 *Salmonella*로 동정하였다.

결과 및 고찰

유기농/관행농 농산물의 일반세균수

수집한 농산물 각각에 대한 일반세균수는 Table 1과 같다. 채소류인 상추에서는 일반세균수가 풋고추, 토마토보다 많은 세균

Table 1. Total aerobic count in the organic and conventional produces

(logCFU/g)

Produce	Farming type	Sample test No.	Mean	Minimum	Maximum
Green chilli	Organic	18	4.07±1.94	2.20	7.08
	Conventional	18	3.17±2.10	1.00	7.13
Lettuce	Organic	18	6.76±0.69	6.30	7.90
	Conventional	18	6.90±1.36	5.70	9.01
Tomato	Organic	18	2.08±0.99	1.26	4.30
	Conventional	18	2.92±1.37	1.18	4.60
Apple	Organic	10	0.70±0.52	0.00	1.23
	Conventional	10	0.82±0.27	0.48	1.23
Pear	Organic	10	4.48±1.83	2.11	6.53
	Conventional	10	2.84±1.37	1.30	4.32
Rice	Organic	20	2.91±1.52	1.00	5.70
	Conventional	20	2.98±1.35	1.30	5.04

의 분포를 보여 주었는데 이는 재배 시 토양과의 거리에 기인하는 것으로 보인다. 반면에 토마토, 사과, 배, 쌀 등은 비교적 낮은 미생물 오염도를 보여 주었다.

풋고추의 경우 유기농 생산의 경우 평균 4.07 log CFU/g이 검출된 반면에 관행농은 평균 3.71 log CFU/g이 검출되어 차이가 거의 없게 나타났다. 상추는 유기농이 6.76 log CFU/g과 관행농은 6.90 log CFU/g이었으며 유기농과 관행농에서 차이가 거의 없음을 알게 되었다. 일반적으로 유통중인 유기농 상추는 평균 6.2 log CFU/g으로 보고되었는데 이와 유사한 미생물 분포를 보여 주고 있고(16) 또한 Bae 등(17)은 상추에 대하여 평균 6.6-7.7 log CFU/g 이라고 보고하였으며 외국의 경우도 5-7 log CFU/g의 수준으로 보고되어 있다(18). 따라서 시장에서 유통 중인 유기농 상추, 관행농 상추가 유사한 미생물 분포를 보여 주었으며 국내외에서 유통중인 상추와도 미생물 분포에 거의 차이가 없음을 알았다. 토마토는 유기농에서 2.08 log CFU/g과 관행농에서 2.92 log CFU/g로 나타났으며 관행농에서 약간 더 많은 세균 오염도를 보여 주었다. 이는 관행농 생산물에서 약간 균수가 더 많은 것으로 보였지만 일반적으로 유기농 채소류 미생물 오염도의 4-6 log CFU/g 수준과 비교하면 매우 적은 것으로 보인다(19). 그리고 이러한 분포도는 유통중인 유기농 토마토의 평균 5.6 log CFU/g 보다도 매우 적은 미생물 분포를 보여 주고 있다(16). 이는 시장에서 저장, 유통중에 균수의 증식이나 오염이 가능하지 않을까 사료된다.

사과는 유기농에서 0.70 log CFU/g과 관행농에서 0.82 log CFU/g으로 나타났으며 유기농과 관행농 생산물에서 차이가 없었으며 배는 유기농에서 4.48 log CFU/g이고 관행농이 2.84 log CFU/g으로 유기농이 관행농보다 유의미적으로 높은 오염도를 보여 주었다. 쌀은 유기농에서 2.91 log CFU/g정도로 분포되어 있고 관행농은 2.98 log CFU/g으로 나타나 유기농과 관행농에서 유사한 미생물 분포를 보여 주었다. 이는 쌀에는 4.31 CFU/g의 일반세균이 분포하고 있다는 보고(20)에 비하면 비교적 낮은 수준의 세균수 분포를 보여 주고 있는 것으로 보인다.

따라서 고추, 상추, 토마토, 배, 사과, 쌀 작물의 유기농 생산물과 관행 생산물의 경우 일반 총세균수는 재배형태에 따른 세균수의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 다만, 유기농 배에서만 유기농이 관행농보다 일반 총세균수가 약간 높게 나타난 것으로 분석되었지만 외국의 미생물 오염도인 3-9.7 log CFU/g 보다도 매우 낮게 검출되었고 일반적으로 식품 안전에서 문제가 되는 6

log CFU/g 보다 낮게 검출된 것으로 나타났다(21). Solberg 등(22)과 Beuchat 등(23)은 즉석섭취 편익식품의 총세균 기준이 6 log CFU/g 이하, 대장균군은 3 log MPN/g 이하, 대장균은 검출되지 않아야 한다고 제안하였다.

그러므로 일반세균수로는 유기농산물이 관행농산물과 비슷한 수준을 보여 주고 있고 생산지역 현장에서 채취한 시료는 유통 중인 시료보다 미생물 오염도가 낮은 것으로 보인다. 또한 그 미생물 오염도가 높지 않아 유기농산물은 미생물 오염 측면에서는 안전한 것으로 사료된다.

유기농/관행농 농산물의 대장균군

유기농산물과 관행농산물의 생산형태에 의한 대장균군의 오염 정도를 Table 2와 같이 분석하였다. 고추의 경우 유기농에서 2.09 log CFU/g이 검출된 반면에 관행농은 2.36 log CFU/g이 검출되어 관행농과 유기농에서 균수의 차이가 거의 없었다. 상추는 유기농에서 3.51 log CFU/g과 관행농은 3.92 log CFU/g이었으며 유기농보다 관행농이 약간 더 많은 세균 오염도를 보여 주었다. 토마토는 유기농이 0.46 log CFU/g과 관행농이 0.48 log CFU/g로 나타났으며 관행농과 유기농에서 거의 비슷한 세균 오염도를 보여 주었다. 사과는 유기농과 관행농에서 대장균군이 검출되지 않았다. 배는 유기농이 0.67 log CFU/g이고 관행농이 0.67 log CFU/g이었으며 유기농과 관행농에서 같은 수준의 오염도를 보여 주었다. 쌀의 경우는 토마토, 사과, 배의 경우와 같이 낮은 대장균군 오염 현황을 보여 주었다. 기존의 보고된 오염 현황을 보면 근대, 당근, 상추, 양파등의 채소류와 유통중인 쌀에서 3.0 log CFU/g 이상의 대장균군이 검출되었다(20,24). Bae 등(25)의 연구에서도 양파에서 평균 2.84 log CFU/g 수준의 대장균군이 검출되었으며, 커팅된 채소류에서는 평균 4.8 log CFU/g의 대장균군이 검출되어 미생물 오염수준이 높게 나타난 경향을 보여 주었다.

그러므로 대장균군의 오염도는 관행농에서 약간의 더 많은 대장균군 세균이 오염되어 있는 것으로 나타났으나 그 차이는 크지 않은 것으로 보인다. 아울러 현장에서 직접 수집한 농산물이 유통중인 농산물보다 더 적은 대장균군 미생물 오염도를 보여 주었다.

유기농/관행농 농산물의 병원성미생물 검출

병원성 세균의 지시 세균으로 활용되고 있는 *E. coli*와 식중독 세균들인 *B. cereus*, *Cl. perfringens*, *E. coli* O157:H7, *L. mono-*

Table 2. Coliform bacteria count in the organic and conventional produce

(logCFU/g)

Produce	Farming type	Sample test No.	Mean	Minimum	Maximum
Green chilli	Organic	18	2.09±1.75	0.00	5.35
	Conventional	18	2.36±2.41	0.00	5.35
Lettuce	Organic	18	3.51±2.25	0.00	5.78
	Conventional	18	3.92±2.51	0.00	7.26
Tomato	Organic	18	0.46±0.92	0.00	2.18
	Conventional	18	0.48±0.74	0.00	1.70
Apple	Organic	10	0.00	0.00	0.00
	Conventional	10	0.00	0.00	0.00
Pear	Organic	10	0.67±1.50	0.00	3.35
	Conventional	10	0.67±1.50	0.00	3.35
Rice	Organic	20	0.16±0.17	0.00	1.56
	Conventional	20	0.06±0.20	0.00	0.63

Table 3. Detection of food-borne pathogens from organic and conventional produce

Produce	Farming type	Food-borne pathogens (detected/tested samples)						
		<i>E. coli</i>	<i>B. cereus</i>	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Cl. perfringens</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>Salmonella</i>	<i>S. aureus</i>
Green chilli	Organic	0/18	0/18	ND	ND	ND	ND	ND
	Conventional	2/18	2/18	ND	ND	ND	ND	ND
Lettuce	Organic	2/18	4/18	ND	ND	ND	ND	ND
	Conventional	0/18	5/18	ND	ND	ND	ND	ND
Tomato	Organic	0/18	0/18	ND	ND	ND	ND	ND
	Conventional	0/18	0/18	ND	ND	ND	ND	ND
Apple	Organic	0/10	0/10	ND	ND	ND	ND	ND
	Conventional	0/10	2/10	ND	ND	ND	ND	ND
Pear	Organic	0/10	2/10	ND	ND	ND	ND	ND
	Conventional	1/10	2/10	ND	ND	ND	ND	ND
Rice	Organic	0/20	0/20	ND	ND	ND	ND	ND
	Conventional	0/20	0/20	ND	ND	ND	ND	ND

ND: not detected

cytogenes, *Salmonella*, *S. aureus*의 검출을 실시하였다.

대장균의 경우는 관행농 풋고추에서 2건, 배의 관행농에서 1건으로 총 3건(6%)이 검출되었고 상추의 유기농에서 2건(4%)이 1.7 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 또한 병원성 세균인 *B. cereus*는 고추의 관행농에서 2건, 상추의 경우는 유기농과 관행농 생산물에서 각각 모두 4건, 5건이 검출되었다. 흥미롭게도 일반세균이 적었던 사과와 배의 경우 관행농에서 2건, 배에서는 유기농과 관행농 모두에서 각각 2건씩 검출되었다. 따라서 유기농에서 6건(13%), 관행농에서 11건(23%)이 검출되었고 이중 식품공전 신선편이식품 규격을 상회하는 검출은 유기농 상추에서 3.90 log CFU/g로 검출된 것이었다. 그리고 유기농 상추에서 관행농 상추보다도 약 1 log CFU/g이 높게 검출되어 신선편이식품으로의 생산을 위해서는 보다 더 정밀한 연구가 이루어져야 하겠다.

이들 시료에서 다른 *Cl. perfringens*, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella*, *S. aureus* 등의 병원성 세균들은 검출되지 않았다(Table 3). 국내에서 유기농 상추, 깻잎, 고추 등에서 *L. monocytogenes*, *Salmonella*, *E. coli* O157:H7, *S. aureus*, *C. sakazakii*, *V. parahaemolyticus* 등이 검출되지 않았다고 한 본 결과와 같았다(17,19-20). 외국에서는 유기농 상추가 관행농보다 대

장균 검출이 많고 *Salmonella* 등은 검출되지 않았다고 보고하였다(18,26). 그러나 유기농 상추에서 관행농 상추보다 대장균이 더 적게 검출되거나 유의한 통계적인 차이를 발견할 수 없다는 보고도 있다(27,28). 그러나 병원성 세균인 *B. cereus*의 경우 국내의 채소류에서 폭넓게 오염되어 있는데 최대로 5.5 log CFU/g까지 검출되고 있다고 보고되어 있다(24,29). 외국에서도 양념이 첨가된 즉석조리식품에서 2% 이상이 5 log CFU/g 수준의 *B. cereus*와 *Bacillus* spp.가 검출되어 미생물적 품질이 나빴고 이들이 첨가된 즉석섭취 편이식품에서도 4 log CFU/g의 높은 수준으로 *B. cereus*가 검출되었음을 보고하였다(30).

자연상태에 광범위하게 분포되어있는 *B. cereus*는 135°C에서 4시간의 가열에도 견디는 내열성 포자를 형성하는 그람양성 간균으로 원재료 생산과 유통과정에서 끊임없는 오염관리가 필요하다(31). 이러한 *B. cereus*는 토양미생물로 농산물에 오염될 가능성이 매우 높고 실제적으로 그 오염분포도가 높은 것으로 나타났다. 다만, 본 연구에서의 유기농산물 오염도에서도 거의 다 식품공전의 편이식품 규격기준을 초과하고 있지 않는 오염도를 보여 주고 있다.

본 연구결과 *B. cereus*는 다른 보고와 같이 유기농, 관행농에

Table 4. Counts of *E. coli* and *B. cereus* from the detected samples of organic and conventional produce

Bacteria	Farming type	Count of each pathogens (log CFU/g)			
		Green chilli	Lettuce	Apple	Pear
<i>E. coli</i>	Organic	0	1.48, 1.48	0	0
	Conventional	1.3, 3.0	0	0	3.0
<i>B. cereus</i>	Organic	0	2.08, 3.90, 2.04, 2.32	0	1.00, 0.48
	Conventional	0.6, 1.3	1.30, 1.30, 1.30, 2.00, 1.60	0.48, 0.30	1.00, 0.30

Table 5. Lactic acid bacteria count in the organic and conventional produce

(logCFU/g)

Produce	Farming type	Sample test No.	Mean	Minimum	Maximum
Green chilli	Organic	18	1.18±1.70	0.00	0.05
	Conventional	18	1.78±2.26	0.00	0.06
Lettuce	Organic	18	4.54±1.31	2.75	7.48
	Conventional	18	3.07±2.03	0.00	0.05
Tomato	Organic	18	0.09±0.18	0.00	0.48
	Conventional	18	1.32±1.69	0.00	3.78
Apple	Organic	10	0.00	0.00	0.00
	Conventional	10	0.00	0.00	0.00
Pear	Organic	10	1.56±2.35	0.00	5.30
	Conventional	10	0.55±0.55	0.00	1.18
Rice	Organic	20	0.64±0.96	0.00	0.48
	Conventional	20	0.81±0.74	0.00	1.85

서 비교적 높은 빈도로 검출되고 있었고 비교적 낮은 오염도를 보여 주고 있었으나 관행농에서 약간 더 많이 분포하고 있었다. 그러나 *E. coli*는 유기농, 관행농 다 같이 유사하게 검출되어 차이가 없음을 알았다. *B. cereus*는 식품공전상의 기준이 신선편이 식품에서 1,000 CFU/g 이하를 보여 유기농 상추 1시료를 제외하면 모두 기준에 적합한 것으로 나타났으나 *E. coli* 4건은 신선편이 식품 기준이 10 CFU/g을 모두 초과하고 있었다. 따라서 이들 농산물이 세척 소독 과정에서 이 세균들이 저감화되어 유통되지 않는다면 식품공전의 규격기준을 초과할 수도 있을 것으로 보인다. 이들 농산물을 세척 소독 등으로 신선편이 식품으로 유통하기 위한 가공과정에서 *E. coli*와 *B. cereus*는 관리 대상 세균이 될 수 있을 것으로 판단된다.

그러므로 본 연구결과로 보았을 때 유기농산물과 관행농산물에서의 세균의 오염정도는 차이가 거의 없고 병원성 미생물의 오염수준도 꽤 낮아 안전성이 높은 것으로 판단된다.

유기농/관행농 농산물의 젖산균미생물 검출

유기농산물과 관행농산물의 젖산균의 분포를 분석하였다. 이는 유기농 생산방식이 부패세균인 젖산균의 분포에 미치는 영향을 파악하기 위하여 실시하였다. 유기농과 관행농 농산물의 젖산균의 분포도도 일반세균수와 같이 서로 차이를 보이지 않고 있으나 엽채류인 상추의 경우는 유기농 상추가 4.54 log CFU/g이며 관행농은 3.07 log CFU/g으로 유기농에서 보다 더 많이 분포하는 것이 흥미롭게 분석되었다. 외국의 경우는 비교적 적게 약 2 log CFU/g으로 검출되었고(18) 국내의 경우 관중에 통성혐기성균인 젖산균의 증식이 상추 신선편이 식품의 관능검사를 나쁘게 할 수 있는 것으로 보고되었다(32). 젖산균은 채소류의 정상균총이며 채소를 부패시키면서 에탄올, 유기산, 에스테르화합물, CO₂ 등의 이취의 원인으로 알려져 있다(33).

유기 농산물에 존재하는 젖산균들은 결국 유기농산물의 저장 및 유통 동안에 부패 또는 품질 하락을 유발할 가능성이 높을 것으로 판단되며 따라서 유기 농산물에 있는 젖산균에 오염정도를 분석하여 이들에 대한 효과적인 제어 수단을 강구할 필요가 있을 것이다.

요 약

신선편이식품 소재인 유기농산물의 미생물 분포와 품질을 평가하기 위해서 풋고추, 상추, 토마토, 사과, 배, 쌀 등의 농산물을 47개 지역에서 관행농 농산물과 동시에 현장에서 시료를 수집하였다. 일반 세균수로는 유기농 고추가 평균 4.07 log CFU/g, 관행농 고추는 3.71 log CFU/g 검출되었고 상추는 유기농, 관행농에서 6.76-6.90 log CFU/g로 분석되었다. 토마토와 사과는 2종류 시료에서 각각 2.08-2.92 log CFU/g, 0.70-0.82 log CFU/g로 검출되었다. 쌀도 유기농과 관행농 시료에서 2.92-2.98 log CFU/g 범위의 세균분포를 보여주었으나 유기농 배에서는 4.48 log CFU/g, 관행농 배는 2.84 log CFU/g의 분포도를 보여 주었다. 분석시료에 따라 미생물의 분포에 많은 차이를 보여 주었으며 유기농과 관행농산물의 미생물분포는 거의 차이가 없었다. 병원성 세균인 *Cl. perfringens*, *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *Salmonella*, *S. aureus*은 전혀 검출되지 않았다. 그러나 유기농산물 2개(4%)와 관행농산물 3개(6%)에서 *E. coli*가 1.7 log CFU/g으로 검출되었고 *B. cereus*는 유기농 6개(13%)가 1.97 log CFU/g수준으로, 관행농 11개(23%)에서 1.04 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 그러므로 유기농산물과 관행농산물에서의 일반세균과 병원성 세균의 오염정도는 차이가 거의 없고 이들 병원성 미생물의 오염수준도 비교적 낮아 안전한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 지원(PJ00982902)에 의해 이루어진 것임.

References

- Ahn YS, Shin DH. Antimicrobial effects of organic acids and ethanol on several foodborne microorganism. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 1315-1323 (1999)
- Jung SH, Hur MJ, Ju JH, Kim KA, Oh SS, Go JM, Kim YH, Im JS. Microbiological evaluation of raw vegetables. J. Fd. Hyg. Safety 21:250-257 (2006)
- Kang TM, Cho SK, Park JY, Song KB, Chung MS, Park JH. Analysis of microbial contamination of sprouts and fresh cut salads in a market. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 490-494 (2011)
- Stephenson J. New approaches for detecting and curtailing food-borne microbial infections. J. Am. Med. Assoc. 277:1337-1339 (1997)
- Lammerding AM. An overview of microbial food safety risk assessment. J. Food Protect. 60: 1420-1425 (1997)
- Frank C, Werber D, Cramer JP, Askar M, Faber M, Heiden M, Bernard H, Fruth A, Prager R, Spode A, Wadl M, Zoufaly A, Jordan S, Kemper MJ, Follin P, Müller L, King LA, Rosner B, Buchholz U, Stark K, Krause G. Epidemic profile of shiga-toxin-producing *Escherichia coli* O104:H4 outbreak in Germany. New Engl. J. Med. 365: 1771-1780 (2011)
- Lomonaco S, Verghese B, Gerner-Smidt P, Tarr C, Gladney L, Joseph L, Katz L, Turnsek M, Frace M, Chen Y, Brown E, Meinersmann R, Berrang M, Knabel S. Novel epidemic clones of *Listeria monocytogenes*, United States. Emerg. Infect. Dis. 19: 147-150 (2013)
- Adams M, Hartley A, Cox L. Factors affection the efficacy if washing procedure used in the production of prepared salads. Food Microbiol. 6: 69-77 (1989)
- Sivapalasingam S, Friedman RC, Cohen L, Tauxe RV. Fresh produce: A growing cause of outbreak of foodborne illness in the United States, 1973 through 1997. J. Food Protect. 67: 2342-2353 (2004)
- Soriano JM, Rico HM, Molto JC, Manes MJ. Incidence of microbial flora in lettuce, meat and Spanish potato omelett from restaurant. Food Microbiol. 18: 159-163 (2001)
- Beuchat LR. *Listeria monocytogenes* incidence on vegetable. Food Control 7: 223-228 (1996)
- Burnett SL, Beuchat LR. Human pathogens associated with raw produce and unpasteurized juices, and difficulties in decontamination. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 27: 104-110 (2001)
- Ministry of Food and Drug Safety. Food poisoning outbreak DB. Available from: <http://www.fse.foodnara.go.kr>. Accessed Nov. 28, 2013.
- Mäntynen V, Lindstöm K. A Rapid PCR-based DNA test for enterotoxigenic *Bacillus cereus*. Appl. Environ. Microbiol. 64: 1634-1694 (1998)
- Muller EE, Ehlers MM, Grabow WOK. The occurrence of *E.coli* O157:H7 in South African water sources intended for direct and indirect human consumption. Water Res. 35: 3085-3088 (2001)
- Jung KS, Roh EJ, Ryu KR, Kim WI, Park KH, Lee DH, Kim KH, Yun JC, Heu SG. Monitoring of pathogenic bacteria in organic vegetables from Korean market. Korean J. Soil Sci. Fert. 45: 560-564 (2012)
- Bae YM, Hong YJ, Kang DH, Heu SG, Lee SY. Microbial and pathogenic contamination of ready-to-eat fresh vegetables in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 43:161-168 (2011)
- Oliveira, M, Usall J, Vinas I, Anguera M, Gatiús F, Abadías M. Microbiological quality of fresh lettuce from organic and conventional production. Food Microbiol. 27: 679-684 (2010)
- Cho JI, Bahk GJ, Kim KS, Ha SD. Microbial assessment of wild cabbage and its control. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 162-167 (2004)
- Kim SH, Kim JS, Choi JP, Park JH. Prevalence and frequency of food-borne pathogens on unprocessed agricultural and marine products. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 594-598 (2006)
- Nguz K, Shindano J, Samapundo S, Huyghebaert A. Microbiological evaluation of fresh-cut organic vegetables produced in Zambia. Food Control 16: 623-628 (2005)
- Sorberg M, Miskimin DK, Kramer R, Riha WE, Franke WC, Buchanan RL, O'Leary V, Berkowitz K. Assurance of microbiological safety in a university feeding system. J. Milk Food Technol. 39: 200-205 (1976)
- Beuchat LR, Harris LJ, Ward TE, Kajs TM. Development of a proposed standard method for assessing the efficacy of fresh produce sanitizer. J. Food Protect. 64: 1103-1109 (2001)
- Cho SK, Park JH. Microbial contamination analysis for drinking water, foodstuff, and cooked food for foodservice operation. Korean J. Food Sci. Technol. 44: 478-483 (2012)
- Bae HJ. Analysis of contamination of bacteria from raw materials, utensils and worker's hands to prepared foods in foodservice operations. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 35: 655-660 (2006)
- Mukherjee A, Speh D, Dyck E, Diez-Gonzalez F. Preharvest evaluation of coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella*, and *Escherichia coli* O157:H7 in organic and conventional produce grown by Minnesota farmers. J. Food Protect. 67: 894-900 (2004)
- Loncarevic S, Johannessen GS, Rørvik LM. Bacteriological quality of organically grown leaf lettuce in Norway. Lett. Appl. Microbiol. 41: 186-189 (2005)
- Bohaychuk VM, Bradbury RW, Dimock R, Fehr M, Gensler GE, King RK, Rieve R, Romero BP. A microbiological survey of selected Alberta-grown fresh produce from farmers' markets in Alberta, Canada. J. Food Protect. 72: 415-420 (2009)
- Shin WS, Hong WS, Lee KE. Assessment of microbiological quality for raw materials and cooked foods in elementary school food establishment. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 379-389 (2008)
- Littel CL, Omotoye R, Mitchell RT. The microbiological quality of ready-to-eat foods with added spices. Int. J. Environ. Heal. R. 13: 31-42 (2003)
- Jang JH, Lee NA, Woo GJ, Park JH. Prevalence of *Bacillus cereus* group in rice and distribution of enterotoxin genes. Food Sci. Biotechnol. 15: 232-237 (2006)
- Choi SK, Kwon HS, Park JH. Microbe and quality changes of ready-to-eat lettuce during storage at different temperatures. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 1867-1872 (2010)
- Fleet GH. Spoilage yeasts. Crit. Rev. Biotechnol. 12:1-44 (1992)