

국내 신선편이 과일의 미생물 품질 평가

김명지¹ · 최찬익^{1,*}

¹경북대학교 식품외식산업학과

Microbiological quality of fresh cut fruits in Korea

Myung-Ji Kim¹ and Chan-Ick Cheigh^{1,*}

¹Department of Food and Food Service Industry, Kyungpook National University

Abstract This study was performed to evaluate the microbiological quality of fresh cut fruits in Korea. Forty freshly cut fruit samples were assessed for aerobic mesophilic count (AM), aerobic psychrophilic count (AP), total coliform, generic *Escherichia coli*, yeast and mold (YM), *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., and *E. coli* O157:H7. The average value for AM, AP, and YM was 4.51, 5.35, and 4.31 log CFU/g, respectively. The average of the total coliform was 2.42 log CFU/g, and *E. coli* was not detected in all samples. For foodborne pathogen bacteria, *B. cereus* and *S. aureus* were detected in 2.5 and 7.5% samples, respectively, and *Salmonella* spp. and *E. coli* O157:H7 were not detected in all samples. Among the samples, pear generally had the highest contamination level. Therefore, to assure the safety of fresh cut fruits, low temperature and thorough hygiene management should be implemented.

Keywords: fruit, fresh cut, minimally processed food, microbiological quality, foodborne pathogen.

서 론

최근 우리나라의 식품 소비 트렌드는 1인 가구와 맞벌이 가구가 증가하면서 빠른 속도로 변화하고 있다. 편리함과 간편함을 추구하는 소비자들이 늘어나면서 다양한 즉석식품 제품들이 시장에 지속적으로 출시되고 있으며, 그 중 하나인 신선편이 식품도 수요가 높아 해마다 시장규모가 커지고 있다(Jang 등, 2021; Kim 등, 2019). 신선편이 식품이란 농·임산물을 세척한 후 박피, 절단, 세절 등의 가공공정을 거치거나 이에 식품첨가물을 첨가하는 식품을 의미한다. 농촌경제연구원의 연구에 따르면 우리나라 신선편이 농산물의 시장규모는 2006년 4,988억에서 2018년 8,089 억원 규모로 증가하였으며 2020년에는 1조원 이상에 달할 것으로 전망하였다(Kim 등, 2019). 하지만 신선편이 식품의 수요가 늘어나면서 자연스레 이와 관련된 식중독 사고도 빈번히 발생하고 있으며, 여러 연구에서는 식중독을 가장 많이 일으키는 식품군으로 농산물을 보고하였다(Painter 등, 2013; Park 등, 2017). Painter 등(2013)은 1998년부터 2008년까지 미국에서 발생한 식중독 사건 중 신선 농산물이 46% 이상을 차지한다고 보고하였으며, Park 등(2017)은 1998년부터 2016년까지 국내에서 발생한 식품 안전 사고 분석에 관한 연구 결과, 과일과 야채가 19.8%로 가장 높게 나타났고, 총 사건 중 22.7%는 식중독과 같은 생물학적 원인으로 인해 발생한다고 보고하였다.

신선편이 식중독을 일으킬 수 있는 병원성 미생물은 *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, 기생충, 바이러스 등 다양하게 알려져 있으며, 그 중 *Salmonella* spp.와 *E. coli* O157:H7은 특히 신선편이 식중독 발병과 관련된 주요 원인균으로 보고되고 있다(Harris 등, 2003). 미국의 Centers for Disease Control and Prevention (CDC)는 2002년 미국 19개 주에서 일 채 소로 인해 40명이 *E. coli* O157:H7에 감염되었고, 그 중 4명이 용혈성 요독증후군(HUS)에 걸렸다고 보고하였으며(CDC, 2021a), *Salmonella* spp.의 경우, 2017-2019년 동안 지속적으로 신선편이 멜론이나 새싹 채소를 통해 식중독 사고를 유발한 것으로 보고하였다(CDC, 2021b).

신선편이 식품은 제품 특성상 별도의 가열처리를 하지 않기 때문에 생산과정 중 위생관리가 제대로 이루어지지 않을 경우 식중독을 일으킬 수 있어 많은 주의가 필요하다. 특히 최근에는 수확 전의 오염물을 충분히 제거할 수 있는 단계로 여겨졌던 수확 후 세척 공정이 오히려 교차 오염을 일으킬 수 있는 고위험 부분으로 간주 되고 있는 실정이다(Murray 등, 2017). 따라서 최근 국내에서는 식중독과 관련이 높은 새싹채소나 샐러드 등 일부 신선편이 식품의 포장 용기에 섭취 전 세척을 권장하는 문구가 표기되고 있으며, 실제로 일부 소비자들은 신선편이 식품임에도 불구하고 새싹채소와 같은 일부 제품들을 세척 후 섭취하는 것으로 보고되고 있다(Kang 등, 2011). 하지만 신선편이 과일의 경우, 제품의 특성상 추가적인 세척이 어렵고 대부분의 소비자들이 구매 후 바로 섭취하기 때문에 식중독 사고에 더욱 취약할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구는 국내에서 시판되고 있는 다양한 신선편이 과일의 미생물 오염도를 다각도로 평가하고자 하였으며, 이를 통해 국내 판매량이 높거나 또는 식중독 사고 발생 관련성이 높은 신선편이 과일의 미생물 오염도 수준을 판단할 수 있는 근거를 제시하고자 하였다.

*Corresponding author: Chan-Ick Cheigh, Department of Food and Food Service Industry, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

Tel: +82-54-530-1307

Fax: +82-54-530-1309

E-mail: cic@knu.ac.kr

Received November 17, 2021; revised November 22, 2021;

accepted November 23, 2021

재료 및 방법

실험재료

2020년 3월부터 11월까지 전국 주요 마켓으로부터 총 40건의 신선편이 과일을 구매하여 본 실험에 이용하였다. 시료 목록은 파인에플(*Ananas comosus*), 오렌지(*Citrus sinensis*), 사과(*Malus domestica*), 방울토마토(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), 청포도(*Vitis vinifera*), 배(*Pyrus pyrifolia*), 감(*Diospyros kaki THUNB.*), 멜론(*Cucumis melo*), 키위(*Actinidia deliciosa*)였으며, 제품 구입 후 아이스팩이 담긴 아이스박스에 옮겨 즉시 실험에 사용하였다.

일반미생물의 정량적 분석

모든 미생물 분석은 미국 식품의약국의 Bacteriological analytical manual (FDA BAM, 2020)과 식품공전(MFDS, 2020)을 따랐으며 일부 실험법은 약간의 수정을 거쳐 수행되었다. 각 시료 25 g을 고르게 채취한 후, buffered peptone water (BPW, Difco, Sparks, MD, USA) 225 mL를 가하여 2분간 균질기(Bag Mixer 400CC, Interscience, Saint-Nom-La-Bretche, France)로 균질화하여 균질액을 준비하였다.

중온균, 저온균, 대장균군, 대장균, 효모와 곰팡이의 정량적 분석을 위해 각 시료의 균질액 1 mL를 BPW 9 mL에 10^{-1} - 10^{-6} 단계 희석한 후, 각 배수의 1 mL를 취하여 중온균은 3M aerobic count plates (3M, St. Paul, MN, USA)에 분주한 후 36°C에서 48시간 배양하여 형성된 집락을 확인 및 계산하였다. 대장균군과 대장균은 3M *E. coli*/Coliform count plates (3M)에 분주하여 36°C에서 각각 24시간과 24-48시간 배양한 후 기포를 가진 붉은색 집락을 대장균군 양성으로, 기포를 가진 파란색 집락을 가진 기포를 대장균 양성으로 간주하여 계산하였다. 효모와 곰팡이는 3M Rapid yeast and mold count plates (3M)에 분주하였으며 25°C에서 48-60시간 배양한 후 제조사의 지시에 따라 계수하였다. 저온균의 경우 건조필름배지의 온도 제약으로 인해 plate count agar (PCA, Difco)를 사용하였다. 저온균도 동일하게 PCA배지에 각 희석액을 0.1 mL씩 도말 한 후 6°C에서 5-7일 배양을 하여 균 수 계산을 하였다.

Salmonella spp.의 정성적 분석

Salmonella spp.를 검출하기 위해 중온균, 저온균, 대장균군, 대장균, 효모와 곰팡이 검출에 사용한 BPW 균질액을 36°C에서 24시간 동안 1차 배양하였다. 이후 배양액 0.1 mL를 Rapport Vassiliadis (RV, Difco) 10 mL에 접종한 후 42°C에서 24시간 동안 2차 증균 배양하였다. 증균 배양한 RV를 xylose lysine deoxycholate (XLD, Difco)에 희석 도말하여 36°C에서 24시간 배양하였고, 이후 의심 집락은 TSI배지 (TSI, Difco)에 접종하여 36°C에서 24시간 배양한 후, API 20E kit (BioMerieux, Marcy l'Etoile, France)을 이용하여 최종 확인하였다.

Bacillus cereus의 정량적 분석

*Bacillus cereus*는 분석을 위하여 0.85% 멸균 생리식염수 225 mL와 각 시료 25 g을 균질화하여 실험에 사용하였다. 균질액 1 mL를 0.85% 멸균 생리식염수 9 mL에 10^{-1} - 10^{-5} 단계 희석하고, 각 희석액에서 0.2 mL씩 5장의 MYP (Difco) 배지에 도말한 후 30°C에서 24시간 배양하였다. MYP 배지의 의심집락(lecithinase를 생산하는 혼탁한 환이 있는 분홍색 집락)은 nutrient agar (NA, Difco)에 분리 배양하여 FDA BAM의 확인시험(2020)과 API 50 CH/B kit (BioMerieux)을 이용하여 최종확인 하였다.

Staphylococcus aureus의 정량적 분석

*S. aureus*는 *B. cereus* 분석에 사용하였던 균질액을 동일하게 사용하여 각 단계 희석액을 Baird-Parker agar (BPA, Difco) 배지 3장에 총 1 mL가 되도록 집중, 도말 하여 36°C에서 48시간 배양하였다. BPA 배지의 의심집락 (투명한 띠로 둘러싸인 광택이 있는 검정색 집락)은 brain-heart infusion agar (BHI, Difco)에 희석 도말하고 36°C에서 24시간 동안 배양하여 Coagulase 실험과 API STAPH kit (BioMerieux)으로 최종 확인하였다.

Escherichia coli O157:H7의 검출

E. coli O157:H7를 검출하기 위해 시료 25 g에 novobiocin (Oxoid, Basingstoke, Hampshire, UK) 20 mg/L를 첨가한 tryptone soya broth (TSB, Oxoid) 225 mL를 균질화하여 36°C에서 24시간 증균 배양하였고, 증균 배양액은 Tellurite Cefixime (TC-SMAC, Oxoid)이 첨가된 sorbitol MacConkey agar (Oxoid)에 희석 도말하여 36°C에서 24시간 동안 배양하였다. TC-SMAC에 나타난 의심 집락은 nutrient agar (NA, Difco)에 희석 도말하여 36°C에서 24시간 배양하고 추가 확인시험과 API 20E kit (BioMerieux)을 이용하여 최종 확인하였다.

결과 및 고찰

신선편이 과일에 대한 일반 미생물 오염 분석

신선편이 과일에 대한 미생물 오염도를 평가하기 위해 다양한 종류의 시료를 구매하여 본 실험을 수행하였다. 신선편이 과일의 중온균 오염도 수준은 범위가 평균이 각각 1.00-5.81 log CFU/g과 4.51 log CFU/g으로 나타났다(Table 1). 중온균의 오염도가 가장 높았던 시료는 평균 5.51 log CFU/g으로 관찰된 배였으며, 키위의 오염도는 평균 1.72 log CFU/g으로 가장 낮았다. 배의 경우, 모든 시료가 5-6 log CFU/g 수준으로 비교적 높게 나타났지만, 다른 시료의 67.5%는 3 log CFU/g 이하로 나타나 신선편이 과일의 중온균 오염도는 비교적 낮은 것으로 확인되었다. 이와 유사한 결과들이 여러 논문에서 보고된 바 있는데, Abadias 등(2008)은 300건의 신선편이 농산물을 분석한 결과, 과일의 오염도 수준이 평균 3.8 log CFU/g으로 가장 낮게 나타났으며 평균 6-7 log CFU/g의 신선편이 채소와 비교하여 과일의 오염도 수준이 현저히 낮게 나타났음을 보고하였다. 또한 Seow 등(2012)은 신선편이 과일의 오염도 평균을 3.4-4.0 log CFU/g으로 보고하였고, Hong 등(2012)은 187건의 채소 및 과일류의 오염도를 조사한 결과, 과일류가 평균 5.3 log CFU/g으로 가장 낮게 나타났지만 본 연구의 결과 보다는 높은 수치를 제시하였다.

신선편이 식품은 냉장된 상태로 소비자들이 구입하기 때문에 저온균의 오염도 수준이 매우 중요하다. 본 연구의 저온균 범위는 No detection (ND)-6.61 log CFU/g 이었고 평균은 5.35 log CFU/g으로 나타났다(Table 2). 중온균과 마찬가지로 저온균도 배의 평균 수준이 6.44 log CFU/g으로 가장 높았으며, 키위는 모든 시료에서 저온균이 검출되지 않았다. 본 연구의 저온균과 중온균은 비슷한 수준으로 검출되었지만, 저온균의 오염도가 범위의 평균에서 1 log 정도 더 높게 관찰되었다. Abadias 등(2008)의 연구에서는 신선편이 과일의 중온균과 저온균 평균이 각각 3.8 log CFU/g과 3.6 log CFU/g으로 나타났고, Hong 등(2012)의 연구에서는 신선 과일의 중온균과 저온균 평균이 각각 5.3 log CFU/g과 4.4 log CFU/g로 나타났다. 한편, 이들 연구에서도 중온균과 저온균의 오염도 수준은 비슷했지만 저온균이 더 낮게 나타나 본 연구와는 다른 결과를 보였는데, 이러한 결과는 본 연구에서 저

Table 1. Total viable counts of aerobic mesophilic in fresh-cut fruits sold in Korea

Sample species	Numbers detected in each range (%)					Range ¹⁾	Mean ²⁾
	<10 ²	10 ² -10 ³	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁵	10 ⁵ -10 ⁶		
Pineapple (n=6)	1 (16.7)	3 (50)	2 (33.3)			1.90-3.91	3.24
Orange (n=4)	1 (25)	3 (75)				1.30-2.50	2.15
Apple (n=5)	1 (20)	1 (20)		1 (20)	2 (40)	2.21-5.11	4.74
Cherry tomato (n=6)	2 (33.3)	1 (16.7)	3 (50)			1.00-3.39	2.96
Green grape (n=7)	5 (71.4)	1 (14.3)		1 (14.3)		1.00-4.33	3.50
Pear (n=3)					3 (100)	5.03-5.81	5.51
Persimmon (n=2)		2 (100)				2.04-2.11	2.08
Melon (n=3)		2 (66.7)	1 (33.3)			2.91-3.04	2.94
Kiwi (n=4)	3 (75)	1 (25)				1.30-1.60	1.72
Total (%)	13 (32.5)	14 (35)	6 (15)	2 (5)	5 (12.5)	1.00-5.81	4.51

¹⁾Range in log CFU/g of product.

²⁾Counts are given in terms of log CFU/g of product.

Table 2. Total viable counts of aerobic psychrophilic in fresh-cut fruits sold in Korea

Sample species	Numbers detected in each range (%)							Range ²⁾	Mean ³⁾
	ND ¹⁾	<10 ²	10 ² -10 ³	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁵	10 ⁵ -10 ⁶	>10 ⁶		
Pineapple (n=6)	2 (33.3)		1 (16.7)	2 (33.3)	1 (16.7)			ND-4.29	3.69
Orange (n=4)	1 (25)		2 (50)	1 (25)				ND-3.51	3.02
Apple (n=5)			2 (40)		1 (20)	2 (40)		2.00-5.43	4.96
Cherry tomato (n=6)	1 (16.7)	1 (16.7)		1 (16.7)	3 (50)			ND-4.60	4.23
Green grape (n=7)	5 (71.4)			1 (14.3)		1 (14.3)		ND-5.26	4.42
Pear (n=3)						2 (66.7)	1 (33.3)	5.06-6.61	6.44
Persimmon (n=2)			2 (100)					2.20-2.30	2.26
Melon (n=3)		1 (33.3)	1 (33.3)	1 (33.3)				1.90-3.08	2.80
Kiwi (n=4)	4 (100)							ND	ND
Total (%)	13 (32.5)	2 (5)	8 (20)	6 (15)	5 (12.5)	5 (12.5)	1 (2.5)	ND- 6.61	5.35

¹⁾ND (No detection).

²⁾Range in log CFU/g of product.

³⁾Counts are given in terms of log CFU/g of product.

온균이 검출되지 않은 시료가 총 32.5% 였으나, 몇몇 시료의 오염도 수준이 상대적으로 높게 검출되면서 전체적인 평균이 높게 반영된 것으로 판단된다. Hong 등(2012)은 저온균이 저온에서 매우 느리게 성장하기 때문에 소비자들이 섭취 후 감염을 일으키는 경우는 매우 드물다고 보고하였다. 실제로 Xie 등(2021)은 낮은 저장 온도가 잎채소의 호흡을 억제해 품질을 더 잘 유지시킨다고 보고하였으나, 본 연구의 결과에 따르면 신선편이 과일의 저온균 수준이 평균 5.35 log CFU/g으로 낮은 수준이 아니었기 때문에 주의가 필요할 것으로 판단된다. 또한 본 연구의 결과는 세균의 오염이 가공 과정에서부터 이미 시작되었을 가능성을 제시하고 있으므로 소비자에 의한 신선편이 과일의 구매 시 빠른 섭취 또는 냉장보관의 필요성을 설명하고 있다.

대장균군은 시료 40건 중 30%에서 검출되었으며 검출 범위는 ND-3.62 log CFU/g, 평균은 2.42 log CFU/g으로 관찰되었다 (Table 3). 국내 신선편이 식품의 대장균 규격은 1g 당 10 이하로 명시되어있는데, 본 실험의 모든 시료에서는 대장균이 불검출되어 기준에 적합하였다. 배의 경우 모든 시료에서 대장균군이 검출되었으나 오렌지, 감, 멜론은 대장균군이 모든 시료에서 불

검출 되었다. Jang 등(2021)은 국내 신선편이 과일 100건의 대장균군 평균을 1.54±1.01 log 10 CFU/g 그리고 대장균은 불검출 되었다고 보고하였다. 또한 Graça 등(2015)은 68개의 신선편이 사과의 오염도 조사 결과, 100%의 시료에서 대장균군이 범위 1.8-7.6 log CFU/g으로 매우 광범위하게 검출되었지만 대장균은 검출되지 않아 유럽 연합의 기준 규격을 초과하지 않았다고 보고하였다. 반면, 신선편이 식품의 대장균 오염도를 검사한 Zhang 등(2020)에 따르면 4,691건의 신선편이 과일 중 4건(0.09%)에서 110-350 CFU/g의 수준으로 대장균이 검출되었고, 그 시료들은 3건의 캔털루프와 1건의 믹스 멜론을 포함한다고 보고하였다. Song 등(2017)의 연구는 390건의 신선편이 식품에서 대장균군과 대장균이 각각 1.03±2.46와 -1.03±1.04 log CFU/g 검출되었고, 그 중 34건은 대장균 기준을 초과하였다고 보고하였다. 대장균은 낮은 수치로 검출되더라도 분변오염의 지표세균으로 사용되기 때문에 철저한 위생관리가 필수적이며, 대장균군은 그 자체로써 식중독을 유발할 가능성은 낮지만 대장균군의 검출이 병원성 *Shigella* 또는 *Salmonella* 등의 존재 가능성을 의미하고 있기 때문에 주의가 필요하다(Jo 등, 2011).

Table 3. Total viable counts of total coliforms and generic *Escherichia coli* in fresh-cut fruits sold in Korea

Sample species	Numbers detected in each range (%)						<i>E. coli</i> (CFU/g) ⁴⁾
	Coliform					Mean ³⁾	
	ND ¹⁾	<10 ²	10 ² -10 ³	10 ³ -10 ⁴	Range ²⁾		
Pineapple (n=6)	4 (66.7)		1 (16.7)	1 (16.7)	ND-3.62	2.85	ND
Orange (n=4)	4 (100)				ND	ND	ND
Apple (n=5)	2 (40)		3 (60)		ND-2.88	2.58	ND
Cherry tomato (n=6)	4 (66.7)	1 (16.7)	1 (16.7)		ND-2.46	1.70	ND
Green grape (n=7)	6 (85.7)		1 (14.3)		ND-2.71	1.86	ND
Pear (n=3)			3 (100)		2.49-2.90	2.74	ND
Persimmon (n=2)	2 (100)				ND	ND	ND
Melon (n=3)	3 (100)				ND	ND	ND
Kiwi (n=4)	3 (75)			1 (25)	ND-3.25	2.65	ND
Total (%)	28 (70)	1 (2.5)	9 (22.5)	2 (5)	ND-3.62	2.42	ND

¹⁾ND (No detection).²⁾Range in log CFU/g of product.³⁾Counts are given in terms of log CFU/g of product.⁴⁾Number of detected *E. coli* (Mean).**Table 4.** Total viable counts of yeasts and molds in fresh-cut and fruits sold in Korea

Sample species	Numbers detected in each range (%)							Mean
	ND ¹⁾	<10 ²	10 ² -10 ³	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁵	>10 ⁵	Range ²⁾	
Pineapple (n=6)			2 (33.3)	3 (50)	1 (16.7)		2.08-4.11	3.46
Orange (n=4)	2 (50)		2 (50)				ND-2.70	2.34
Apple (n=5)	1 (20)		1 (20)	2 (40)	1 (20)		ND-4.81	4.16
Cherry tomato (n=6)	1 (16.7)		3 (50)	2 (33.3)			ND-3.95	3.40
Green grape (n=7)	4 (57.1)	1 (14.3)	1 (14.3)			1 (14.3)	ND-5.22	4.37
Pear (n=3)					1 (33.3)	2 (66.7)	4.64-5.51	5.23
Persimmon (n=2)		1 (50)	1 (50)				1.85-2.30	2.13
Melon (n=3)			2 (66.7)	1 (33.3)			2.00-3.08	2.70
Kiwi (n=4)	1 (25)		2 (50)	1 (25)			ND-3.15	2.79
Total (%)	9 (22.5)	2 (5)	14 (35)	9 (22.5)	3 (7.5)	3 (7.5)	ND-5.51	4.31

¹⁾ND (No detection).²⁾Range in log CFU/g of product.³⁾Counts are given in terms of log CFU/g of product.

효모와 곰팡이 오염도를 분석한 결과, 범위와 평균이 각각 ND-5.51과 4.31 log CFU/g으로 관찰되었다(Table 4). 배와 청포도의 평균이 각각 5.23과 4.37 log CFU/g으로 가장 높게 나타났으며, 감이 2.13 log CFU/g으로 가장 낮게 나타났다. Tournas 등(2006)의 연구에서는 과일 샐러드의 97%에서 <2.0-9.72 log CFU/g의 효모가 검출되었는데, 가공되지 않은 과일의 효모는 대부분 3.0 log 이하로 나타나기 때문에 연구 결과의 높은 수치는 가공이나 판매 과정에서의 혼입을 의미한다고 보고하였다. Abadias 등(2008)의 연구에서는 신선편이 과일의 효모의 범위가 1.7-4.9 log CFU/g으로 나타났고, Graça 등(2017)의 연구에서는 160개의 과일에서 효모와 곰팡이가 2.3-10.4 log CFU/g의 수준으로 검출되었다. 또한 Seow 등(2012)은 사과, 망고, 오렌지에서 효모와 곰팡이의 평균이 각각 1.5, 1.2, 1.1 log CFU/g으로 나타나 연구마다 과일의 효모와 곰팡이 수준은 매우 광범위하게 검출된다는 것을 알 수 있었다. 과일은 당분과 영양분이 높기 때문에 미생물이 증식하는

데 유리하며, 효모와 곰팡이의 경우 낮은 pH에서도 잘 자라기 때문에 세균에 비해 과일의 부패와 관련이 높다(Tournas와 Katsoudas, 2005). Tournas 등(2006)은 효모와 곰팡이가 온전한 과일에서는 증식하기 어렵지만 손질되어 단면이 노출되었을 때는 급증하기 좋은 환경이 제공된다고 보고하였다. 더불어 신선편이 과일에서 발견되는 일부 곰팡이는 냉장 온도에서도 성장이 가능함에 따라 효모와 곰팡이에 의한 오염을 방지하기 위해선 철저한 위생 관리가 필요할 것으로 사료된다.

신선편이 과일에 대한 식중독 세균 오염 분석

신선편이 과일 9종의 식중독 균 검출 결과는 Table 5와 같다. *B. cereus*는 배에서 총 1건(2.5%)이 검출되었고 *S. aureus*는 방울 토마토와 배에서 각각 2건과 1건이 검출되어 총 3건(7.5%)이 검출되었다. *E. coli* O157:H7와 *Salmonella* spp.의 경우 모든 시료에서 검출되지 않았다.

Table 5. Incidence of foodborne pathogens detected in fresh-cut fruits

Criterion	Number of detection (Detection rate, %)			
	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>E. coli</i> O157:H7
Pineapple (n=6)	ND ¹⁾	ND	ND	ND
Orange (n=4)	ND	ND	ND	ND
Apple (n=5)	ND	ND	ND	ND
Cherry tomato (n=6)	ND	2 (33.3)	ND	ND
Green grape (n=7)	ND	ND	ND	ND
Pear (n=3)	1 (33.3)	1 (33.3)	ND	ND
Persimmon (n=2)	ND	ND	ND	ND
Melon (n=3)	ND	ND	ND	ND
Kiwi (n=4)	ND	ND	ND	ND
Total (%)	1 (2.5)	3 (7.5)	0	0

¹⁾ND (No detection).

신선편이 식품의 *Bacillus cereus* 국내 기준 규격은 3 log CFU/g 이하로 규정하고 있다. *B. cereus*는 배 1건에서만 검출되었지만 3.18 log CFU/g 수준의 균이 검출되면서 기준 규격에 부적합하였다. Shim 등(2015)의 연구는 *B. cereus*가 배를 제외한 과실류에서 모두 불검출 되면서 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 해당 연구는 대형마트에서 구입한 배 2건(33.3%)에서 평균 0.4 log CFU/g 수준으로 본 연구보다 낮게 검출되었지만 신선편이 상태가 아니었기 때문에 오염도 수준이 낮게 나타난 것으로 판단되었다. Jo 등(2011)은 과일 샐러드에서 *B. cereus*가 불검출 되었지만, 신선편이 샐러드의 14.5%가 3 log를 초과하면서 기준에 부적합하였고, 그 중 37.5%의 새싹채소 샐러드가 기준을 초과하면서 주의가 필요하다고 보고하였다. Tango 등(2018)의 연구는 360건의 신선 농산물에서 *Bacillus cereus*가 50.3%의 수준으로 높게 검출되었는데, *B. cereus*가 신선 농산물과 관련해서 식중독을 많이 일으키지 않는 균이라 하여도 검출 정도가 높으면 식품 안전에 문제가 될 수 있다고 보고하였다. *B. cereus*는 다른 식중독 균에 비해서 신선 농산물 산업에서 문제로 보고 있지는 않지만 토양이나 하수와 같이 자연계에 널리 분포하고 있는 독소형 세균으로 식중독을 일으킬 수 있기 때문에 주의가 필요하다(Oh 등, 2018).

*Staphylococcus aureus*은 자연환경에 대한 내성이 강해 자연계에 널리 분포하며, 사람의 피부에 상재하여 식품과 사람에 오염될 가능성이 높고 enterotoxin을 생성하면서 식중독을 일으키는 것으로 알려져 있다(Cho 등, 2011). Table 5에서와 같이, 방울 토마토와 배에서 각각 2건(1.70, 2.30 log CFU/g)과 1건(2.34 log CFU/g)이 검출되었으며, 식품공전의 기준(≤2 log CFU/g) 규격에 부적합한 시료는 2건으로 확인되었다. Johannessen 등(2002)은 173건의 딸기를 분석한 결과, 15%의 시료에서 *Staphylococcus* spp.가 분리되었으며, 2건의 시료에서 비독소형 *S. aureus*가 확인되었다고 보고하였다. Kim 등(2011)은 샐러드류 31건과 신선편이 식품류 60건에 대한 *S. aureus* 오염도 분석을 통해 각각 평균이 0.93±0.48 및 1.65±0.57 log CFU/g으로 모든 시료가 기준에 적합하였다고 했으며, *S. aureus*가 계절의 영향 보다 개인 및 환경 위생에 매우 큰 영향을 받을 수 있어 식품의 위생 관리가 매우 중요하다고 보고하였다.

본 실험에 사용된 신선편이 과일에서 *E. coli* O157:H7과 *Salmonella* spp.는 모든 실험시료에서 불검출 되었다. 이와 관련된 대부분의 다른 연구에서도 *E. coli* O157:H7은 검출되지 않았

으며, *Salmonella* spp.는 검출되더라도 매우 낮은 수준으로 보고되었다. Zhang 등(2020)의 연구에서는 10,070건의 신선편이 식품의 오염도 조사 결과, 모든 시료에서 *E. coli* O157:H7과 *Salmonella* spp.가 검출되지 않았고, Seow 등(2012)의 연구도 125건의 신선편이 농산물에서 *E. coli* O157:H7과 *Salmonella* spp.가 검출되지 않았다고 보고한 바 있다. Roth 등(2018)의 연구에서는 401건의 신선 농산물에서 *E. coli* O157:H7이 검출되진 않았지만 2건이 *Salmonella* 양성으로 나타났으며, Bae 등(2011)의 연구에서는 전체 100건의 시료에서 *E. coli* O157:H7은 검출되지 않았지만 부추 시료 1건에서 *Salmonella*를 확인한 것으로 보고하였다. 이와 같이 여러 연구에서 *E. coli* O157:H7과 *Salmonella* spp.의 검출 정도는 낮았지만, Olmez(2016)는 최근 신선편이 식품과 연관된 식중독 사건들에서 *E. coli* O157:H7과 *Salmonella*가 주된 원인균으로 작용하고 있으며 이와 관련된 식중독 사고들이 계속 증가하고 있다고 보고하였다. *E. coli* O157:H7과 *Salmonella* spp.의 증식 속도를 낮추기 위해서는 저온 저장이 무엇보다 중요한데, Pentead와 Leitão(2004)는 *Salmonella* Enteritidis의 성장에 좋은 기질이 되는 멜론, 수박, 파파야 등의 저산성 과일에서도 낮은 저장 온도(10°C)는 *S. Enteritidis*의 성장을 상당히 늦출 수 있다고 보고하였다. 또한 Wang 등(2018)은 딸기를 대상으로 저장 온도에 따른 *S. Typhimurium*의 생존율을 연구하였는데, 균체수가 급증한 실온에 비해서 냉장 온도에서의 보관은 이들 병원균의 성장을 효과적으로 감소시킬 수 있었다고 보고하였다. 또한, *E. coli* O157:H7의 성장에 대한 저온 저장 효과를 연구한 Abadias 등(2012)은 꽃상추, 당근, 파인애플, 멜론을 대상으로 이들 병원균의 성장을 관찰한 결과, 5°C의 저온에서는 모든 시료의 *E. coli* O157:H7이 더 이상 증식하지 않았으며, 가공 과정을 시작으로 섭취할 때까지 엄격한 온도 관리가 중요하다고 보고하였다.

요 약

우리나라는 1인 가구와 맞벌이 가구가 증가하면서 신선편이 식품의 수요가 늘어나고 있지만 신선편이 과일의 오염도에 대한 자료는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 시판되고 있는 신선편이 과일 9종에 대한 중온균, 저온균, 대장균군, 대장균, 호포와 곰팡이, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. 그리고 *E. coli* O157:H7의 오염도를 평가하였다.

중온균, 저온균, 효모와 곰팡이의 평균은 각각 4.51, 5.35, 4.31 log CFU/g으로 유사한 결과를 보였다. 대장균군의 평균은 2.42 log CFU/g으로 관찰되었고 대장균은 모든 시료에서 검출되지 않았다. 식중독 세균의 경우 *B. cereus*와 *S. aureus*는 각각 2.5%와 7.5%의 시료에서 검출되었으며 *Salmonella* spp.와 *E. coli* O157:H7은 모든 시료에서 불검출 되었다. 시료들 가운데 배의 오염도가 전반적으로 가장 높았으며, 배 1건은 식품공전의 *B. cereus* 기준 규격을 초과하는 것으로 관찰되었다. 또한 2건의 방울토마토도 *S. aureus*가 검출되면서 엄격한 위생 관리가 필요한 것으로 확인되었다. 본 연구에서 평가한 대부분의 미생물들은 저온에서 증식이 억제된다는 것을 확인할 수 있었으므로 신선편이 식품에 대한 소비자들의 안전한 섭취를 위해서는 철저한 저온 관리 및 위생 관리가 필요한 것으로 사료된다.

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2020R1F1A1077257).

References

- Abadias M, Alegre I, Oliveira M, Altisent R, Viñas I. Growth potential of *Escherichia coli* O157: H7 on fresh-cut fruits (melon and pineapple) and vegetables (carrot and escarole) stored under different conditions. *Food Control* 27: 37-44 (2012)
- Abadias M, Usall J, Anguera M, Solsona C, Viñas I. Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments. *Int. J. Food Microbiol.* 123: 121-129 (2008)
- 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)
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Outbreak of *E. coli* infections linked to leafy greens. Available from: <https://www.cdc.gov/ecoli/2020/o157h7-10-20b/index.html>. Accessed Sep.15, 2021a.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Reports of selected *Salmonella* outbreak investigations. Available from: <https://www.cdc.gov/salmonella/outbreaks.html>. Accessed Sep.15, 2021b.
- Cho YS, Lee JY, Lee MK, Shin DB, Kim DH, Park KM. Prevalence and characterization of *Staphylococcus aureus* pathogenic factors isolated from various foods in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 648-654 (2011)
- Food and Drug Administration (FDA). Bacteriological analytical manual [online] (8th ed.). Available from: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam>. Accessed April 1, 2020.
- Graça A, Esteves E, Nunes C, Abadias M, Quintas C. Microbiological quality and safety of minimally processed fruits in the marketplace of southern Portugal. *Food Control* 73: 775-783 (2017)
- Graça A, Santo D, Esteves E, Nunes C, Abadias M, Quintas C. Evaluation of microbial quality and yeast diversity in fresh-cut apple. *Food Microbiol.* 51: 179-185 (2015)
- Harris L, Farber J, Beuchat L, Parish M, Suslow T, Garrett E, Busta F. Outbreaks associated with fresh produce: incidence, growth, and survival of pathogens in fresh and fresh-cut produce. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2: 78-141 (2003)
- Hong CK, Seo YH, Choi CM, Hwang IS, Kim MS. Microbial quality of fresh vegetables and fruits in Seoul, Korea. *J. Food Hyg. Saf.* 27: 24-29 (2012)
- Jang AR, Han A, Lee S, Jo S, Song H, Kim D, Lee SY. Evaluation of microbiological quality and safety of fresh-cut fruit products at retail levels in Korea. *Food Sci. Biotechnol.* 1-9 (2021)
- Jo MJ, Jeong AR, Kim HJ, Lee NR, Oh SW, Kim YJ, Chun HS, Koo MS. Microbiological quality of fresh-cut produce and organic vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 91-97 (2011)
- Johannessen GS, Loncarevic S, Kruse H. Bacteriological analysis of fresh produce in Norway. *Int. J. Food Microbiol.* 77: 199-204 (2002)
- 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)
- Kim S, Lee KI, Heo SY, Lee W. Research on fresh-cut fruit products and vegetables. *Korea Rural Econ. Inst. (KREI) Res. Rep.* 1-307 (2019)
- Kim HY, Oh SW, Chung SY, Choi SH, Lee JW, Yang JY, Seo EC, Kim YH, Park HO, Yang CY. An investigation of microbial contamination of ready-to-eat products in Seoul, Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 39-44 (2011)
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). Available from: http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_02.jsp?idx=263. Accessed April 1, 2020.
- Murray K, Wu F, Shi J, Jun Xue S, Warriner K. Challenges in the microbiological food safety of fresh produce: Limitations of post-harvest washing and the need for alternative interventions. *Food Qual. Saf.* 1: 289-301 (2017)
- Oh SY, Nam KW, Yoon DH. Analysis of pathogenic microorganism's contamination on organic leafy vegetables at greenhouse in Korea. *J. Food Hyg. Saf.* 33: 31-37 (2018)
- Olmez H. Foodborne pathogenic bacteria in fresh-cut vegetables and fruits. pp. 151-166. In: *Food hygiene and toxicology in ready-to-eat foods*. Kotzekidou P (ed). Academic Press, San Diego, CA, USA (2016)
- Painter JA, Hoekstra RM, Ayers T, Tauxe RV, Braden CR, Angulo FJ, Griffin PM. Attribution of foodborne illnesses, hospitalizations, and deaths to food commodities by using outbreak data, United States, 1998-2008. *Emerg. Infect. Dis.* 19: 407 (2013)
- Park MS, Kim HN, Bahk GJ. The analysis of food safety incidents in South Korea, 1998-2016. *Food Control* 81: 196-199 (2017)
- Penteado AL, Leitão MF. Growth of *Salmonella* Enteritidis in melon, watermelon and papaya pulp stored at different times and temperatures. *Food Control* 15: 369-373 (2004)
- Roth L, Simonne A, House L, Ahn S. Microbiological analysis of fresh produce sold at Florida farmers' markets. *Food Control* 92: 444-449 (2018)
- Seow J, Agoston R, Phua L, Yuk HG. Microbiological quality of fresh vegetables and fruits sold in Singapore. *Food control* 25: 39-44 (2012)
- Shim W, Park S, Choi Y, Jeong M, Lee C, Kim J, Ryu J, Chung D. Monitoring of microbial contamination of fruits and vegetables on the markets in Gyeongnam area. *J. Agric Life Sci.* 49: 97-106 (2015)
- Song BR, Kim SH, Kim JK, Han JA, Kwak HS, Chung KT, Heo EJ. Establishment of microbial criteria by investigation of microbial contamination in ready-to-eat foods. *J. Food Hyg. Saf.* 32: 348-354 (2017)
- Tango CN, Wei S, Khan I, Hussain MS, Kounkeu PFN, Park Jh, Kim Sh, Oh DH. Microbiological quality and safety of fresh fruits and vegetables at retail levels in Korea. *J. Food Sci.* 83: 386-392 (2018)
- Tournas V, Heeres J, Burgess L. Moulds and yeasts in fruit salads and fruit juices. *Food Microbiol.* 23: 684-688 (2006)
- Tournas V, Katsoudas E. Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits. *Int. J. Food Microbiol.* 105: 11-17 (2005)
- Wang W, Zhou Y, Xiao X, Yang G, Wang Q, Wei W, Liu Y, Yang H. Behavior of *Salmonella* Typhimurium on fresh strawberries under different storage temperatures and wash treatments. *Front. microbiol.* 9: 2091 (2018)
- Xie Y, Brecht JK, Abraham CE, Bornhorst ER, Luo Y, Monge AL, Vorst K, Brown W. Improving temperature management and retaining quality of fresh-cut leafy greens by retrofitting open refrigerated retail display cases with doors. *J. Food Eng.* 292: 110271 (2021)
- Zhang H, Yamamoto E, Murphy J, Locas A. Microbiological safety of ready-to-eat fresh-cut fruits and vegetables sold on the Canadian retail market. *Int. J. Food Microbiol.* 335: 108855 (2020)