식물성 신선편의식품의 미생물 위해성 및 안전관리 방안

Microbial Hazard and Safety Management of Minimally Processed Fresh Products

송하나[1], 김연호[2], 윤기선[2], 이선영[1*]

Hana Song, Yeon-Ho Kim, Ki-Sun Yoon, Sun-Young Lee

[1]중앙대학교 생명공학대학 식품영양학과, [2]경희대학교 생활과학대학 식품영양학과

[1]Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University, 4726, Seodong-daero, Anseong 17546, Republic of Korea
[2]Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University, 26 Kyungheedae-ro, Dongdaemun-gu, Seoul, 02447, Republic of Korea

서론

식물성 신선편의식품은 농 · 임산물을 세척, 박피, 절단 또는 세절 등의 가공공정을 거치거나 단순히 식품 또는 식품첨가물을 가한 것으로서 그대로 섭취할 수 있는 샐러드, 새싹채소, 절단혼합 과일, 착즙주스 등의 식품이다(식품의약품안전처, 2020). 최근 핵가족의 보편화, 소비자들의 편이성추구, 건강한 식생활추구, 1인 가구 증가 등의 사회구조변화와 단순가공 농산물의 장점들과 맞물리면서 식물성 신선편의식품(minimally processed fresh products)의 소비가 증가하고 있으며, 최근 신선편의과일 산업은 바쁜 현대인들이 손쉽게 과일을 섭취할 수 있도록 씻거나 자르지 않고 바로 먹을 수 있도록 소포장된 상품(메론, 수박등 과채류 포함) 등의 소비수요가 증가하고 있어 편의점 업계에서 다양한 컵 과일과 과일도시락 개발이 증가하고 있다(농림축산식품부, 2019). 또한, 착즙주스는 최근 과일주스의 시장이 감소하고 있음에도 불구하고 웰빙(Well-being)을 추구하는 일반 소비자들의 수요가 늘어나면서 농축주스보다 과채소의 신선함을 더 느낄 수 있는 착즙주스의 시장이 꾸준히 증가하고 있다(농림축산식품부, 2017). 식물성 신선편의식품 및 착즙주스 수요가 증가함에 따라 안전성에 대한 우려가 높아지고 있다. 신선편의 제품으로 사용되는 농산물의 경우 유해미생물이 육류 등에 비해 상대적으로 적음에도 불구하고 별도의 가열조리 없이 섭취되고 있어, 이로 인한 식중독이 발생할 수 있다. 2019년 미국 질병관리본부(Centers for Disease Control and Prevention; CDC)가 발표한 연구결과에 의하면 최근 20년간 보고되는 식중독 건의 절반가량이 과일과 견과류, 녹색채소 및 기타 식물성식품에 의해 유발되는 것으로 보고하였다(CDC, 2019). 국외의 경우 미국, 일본에서 상추 등 다양한 샐러드용 채소에서 *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Shigella sonnei* 등의 검출 및 식중독 유발 사례를 보고하였다(Harris et al., 2001).

* Corresponding author: Sun-Young Lee
Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University, Anseong 17546, Republic of Korea.
Tel.: +82-31-670-4587 Fax: +82-31-676-87410 E-mail: nina6026@gmail.com or nina6026@cau.ac.kr

국내의 경우 샐러드에서 *E. coli*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* 등의 검출이 보고되었다(Kim et al., 2004). 국내에서는 신선편의식품에 대한 별도의 미생물 품질 기준이 없었으나, 2008년에 즉석섭취, 편의식품 유형에 신선편의 샐러드 제품이 포함되면서 *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*는 음성이고, *S. aureus*는 100 CFU/g 이하, *Bacillus cereus*는 1,000 CFU/g 이하의 미생물학적 품질 기준이 설정되었다(식품의약품안전처, 2020). 이러한 이유로 신선편의식품은 원료의 생산, 제품의 가공 및 포장, 유통, 보관 후 판매에 이르기까지 단계별로 철저한 위생관리 및 단계별 위해요소 분석을 실시할 필요가 있으나 아직까지 국내에서 이러한 제도나 시스템이 제대로 이루어지지 않고 있다(오태영 외, 2013). 그러므로 본 원고에서는 식물성 신선편의식품에서의 병원성 미생물 오염 및 분포 등을 통해서 신선편의식품 관련 식중독의 위험성을 살펴보고, 이러한 식물성 신선편의식품으로 인한 병원성 미생물의 식중독을 예방하기 위한 저감화 방안에 대하여 소개하고자 한다.

본론

1. 신선편의 식품의 국 · 내외 식중독 현황

1) 국외 현황

2016년 미국 CDC가 발표한 연구결과에 의하면 상추, 시금치 등 녹색 채소가 가장 많은 식중독의 원인 식품으로 나타났다(표 1). 또한 토마토, 콩나물 및 베리류도 각각 높은 순위를 차지하고 있어 채소 및 과일 등의 신선농산물이 최근 식중독을 일으키는 가장 주요한 원인 식품임을 알 수 있다. 실제로 최근 토마토, 양상추, 시금치, 멜론, 새싹채소 등의 농산물을 통한 대규모 식중독이 미국, 독일 등에서 보고된 바 있다.

신선농산물에 의한 식중독의 주요 원인 병원성 세균은 주로 *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* 였으며 발생식품에는 채소류에서 오이,

표 1. 미국의 주요 식중독 원인 식품(CDC, 2016)

순위	종류	발병횟수(회)	감염자수(명)
1	상추, 시금치	363	13,568
2	달걀	352	11,163
3	참치	268	2,341
4	굴	132	3,409
5	감자	108	3,659
6	치즈	83	2,761
7	아이스크림	74	2,594
8	토마토	31	3,292
9	콩나물	31	2,022
10	베리류	25	3,397

표 2. 국외 단순가공 포장 농산물 식중독 사례

발생년도	식품	원인균	감염자수
2019	Papayas	*Salmonella* Uganda	81
	Pre-Cut Melon	*Salmonella* Carrau	137
2018	Romaine lettuce	*Escherichia coli* O157:H7	62
	Romaine Lettuce	*Escherichia coli* O157:H7	210
	Pre-Cut Melon	*Salmonella* Adelaide	77
	Raw Sprouts	*Salmonella* Montevideo	10
2017	Papayas	*Salmonella* Kiambu, Thompson, Agona, Gaminara	173
2016	Frozen vegetables	*Listeria monocytogenes*	9
	Packaged salads	*Listeria monocytogenes*	19
2015	Tomato	*Salmonella* Newport	115
	Cucumbers	*Salmonella* Poona	907

출처 : 미국 CDC (2019)

토마토, 양상추 등, 과일류에서 망고, 파파야, 칸탈로프(멜론) 등이 있다(표 2, 그림 1).

2) 국내 현황

2016년 식품의약품안전처에서 2006-2015년 기간 동안 국내 식품유형별 식중독 발생 건수를 분석한 결과 신선편의 식품에서는 1건만이 있었지만, 식품유형별 발생가

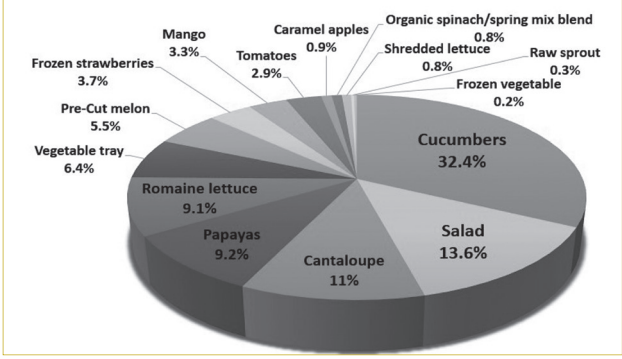

그림 1. 단순가공 포장 농산물 제품별 식중독 사례
(출처: 미국 CDC (2019))

표 3. 국내 식품유형별 식중독 발생가능성 값 및 순위
(출처: 식품의약품안전처 (2016))

순위	식품유형	발생 가능성	순위	식품유형	발생 가능성
1	즉석섭취식품	3.2	11	과채음료	0.039
2	빵류	1.2	12	배추김치	0.038
3	떡류	0.66	13	수산물가공품	0.028
4	즉석조리식품	0.22	14	어묵	0.028
5	냉동식품	0.15	15	기타김치	0.017
6	신선편의식품	0.11	16	액상차	0.012
7	두유류	0.10	17	혼합음료류	0.011
8	두부	0.07	18	묵류	0.010
9	식용얼음 (어업용 포함)	0.052	19	식육함유 가공품	0.0091
10	과채주스	0.042	20	맥주	0.0066

능성 순위는 6위로 집계되었다. 식품유형별 식중독 발생가능성을 계산한 결과 즉석섭취식품이 3.2로 1위, 신선편의식품은 0.11로 6위, 과채주스는 0.042로 10위를 차지하는 것으로 보고되었다(표 3).

따라서 신선편의 샐러드 및 과일이 포함된 즉석섭취 식품뿐만 아니라 최근 소비가 증가하고 있는 과채 가공품의 안전성 확보에 대한 저감화 처리기술 연구가 매우 필요한 실정이다.

2. 국내 · 외 착즙주스 및 과채음료에 의한 식중독 발생 현황

2006년부터 2015년까지 발생한 국내 식중독 발생 통계자료에서 과채주스(착즙주스) 및 과채음료에 의한 식중독 사례는 보고된 바 없으나 국외에서는 *Salmonella* spp., 원포자충(*Cyclospora cayetanensis*), *E. coli* O157:H7 등으로 인한 식중독 사례가 보고되었다(표 4). 미국 CDC에 의하면 과일과 채소로부터 오염된 미생물로 인해 사람이 감염될 가능성은 매우 크며 대부분 감염과 관련된 것은 세균으로 특히 *Enterobacteriaceae* 계통이 많은데, 과일주스에서는 *Salmonella* spp.와 *E. coli* O157에 의한 식중독이 다수 보고되었다.

3. 신선편의식품의 위해요소 관리 필요성

식물성 신선편의 식품은 식중독을 포함한 미생물이 잘 자랄 수 있는 영양분, 수분활성도, pH를 가지고 있고 적절한 유통 · 보관 온도에서도 미생물이 자랄 수 있는 환경에 노출되어 있다. 이러한 식물성 신선편의식품류는 최소한의 가공처리 후 개봉 후 그대로 섭취되기 때문에 제조 · 공정 단계부터 유통단계까지 미생물의 오염 · 증식이 되지 않도록 생산자들의 위생관리와 제조 공정 중 위해요소 저감화가 매우 중요하다(그림 2). 생산단계에서 분리되는 미생물은 매우 다양하지만 주로 토양에 존재하는 그람 음성균이 신선농산물 표면에 오염을 일으키는 주요 요인으로

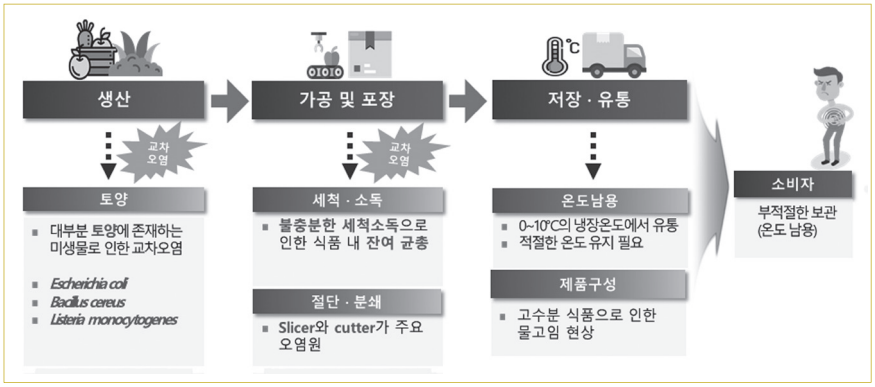

그림 2. 신선편의식품 생산 흐름 중 위해요소

표 4. 국외 착즙주스 및 과채음료에서 식중독 발생현황

대상식품	원인균	발생년도	국가	감염자수
Unpasteurized apple juice	*Escherichia coli* O111, *Cryptosporidium parvum*	2004	USA	212
	Cryptosporidium parvum	2003	USA	144
		1996	USA	31
	Cryptosporidium	1993	USA	213
Unpasteurized apple cider	*Escherichia coli* O157:H7	2014	Canada	3
		2012	USA	3
	Cryptosporidium	2013	USA	11
		2011	USA	4
	Escherichia coli O111	2015	USA	7
	Cryptosporidium parvum, *Escherichia coli* O111	2011	USA	14
Unpasteurized orange juice	*Salmonella* Panama	2008	Netherlands	33
	Salmoenlla Typhimurium, *Salmonella* Saintpaul	2005	USA	152
Fruit juice compote	*Escherichia coli* O157:H7	2010	Canada	37
Mamey juice/shake (frozen pulp)	*Salmonella* Typhimurium	2010	USA	12

출처 : 미국 CDC, Aneja et al (2014)

표 5. 신선편의식품과 비가열 음료류의 관리기준 및 기준규격
(출처: 식품의약품안전처, 식품공전 (2020))

식품 종류	관리기준	기준규격
신선편의식품	5℃ 이하에서 보관 및 유통	– 대장균: n=5, c=1, m=10, M=100 – 황색포도상구균: 1 g 당 100 이하 – 살모넬라: n=5, c=0, m=0/25 g – 바실러스 세레우스: 1 g 당 1,000 이하 – 장출혈성 대장균: n=5, c=0, m=0/25 g – 클로스트리디움 퍼프린젠스: 1 g당 100 이하
음료류–과채주스	0–10℃에서 보관 및 유통	– 세균수: n=5, c=1, m=100,000, M=500,000 (비가열 제품) – 대장균: n=5, c=1, m=0, M=10 – 바실러스 세레우스: 1 g 당 1,000 이하

알려져 있으며, 이는 관개용수, 재배 농민들의 위생이 위험요인으로 작용할 수 있다. 가공단계에서는 식품 절단 시 잘려진 표면에 미생물의 오염과 증식이 쉽게 일어나기 때문에 절단 후 오염된 미생물을 효과적으로 제거할 수 있는 처리기술 개발이 필요하다. 또한, 저장 및 유통단계에서 식품의 저장 온도는 미생물 생육에 중요한 영향을 미치는 요인이며 냉장온도인 10℃ 이하의 온도에서 저장 유통되고 있으나 유통기한 동안 오염된 미생물을 증식할 수 있으므로 냉장 유통 과정에서도 미생물의 생육을 억제할 수 있는 효과적인 처리기술의 개발도 필요하다.

국내에서는 2007년까지 채소 · 샐러드 등과 같은 신선편의식품을 단순 농산물로 분류하여 별도의 미생물 품질 기준이 없었으나 2008년에 이르러 즉석섭취, 편의식품 유형에 신선편의 샐러드 제품이 포함되면서 다음 표 5와 같이 미생물학적 품질 기준 · 규격에 맞춰 위생관리를 강화하고 있다.

4. 신선편의 식품에 적용 가능한 저감화 처리 기술

1) 화학적 처리기술

신선편의식품 및 착즙주스의 경우 최소한의 공정으로 이루어지는 식품이며, 미생물 저감화를 위한 처리가 제한됨에 따라 여러 물리 · 화학적 허들테크닉을 활용하여 미생물학적 안전성을 확보해야 한다. 현재 신선편의식품 및 착즙주스 모두 공통적으로 세척과정이 들어가는데, 이 때 세척수를 사용하여 1차적으로 미생물을 저감화 시킬 수 있으며, 일반적으로 차아염소산나트륨을 사용하여 살균소독 하고 있다. 다음 표 6은 신선편의식품 및 착즙주스의 미생물 저감화를 위한 화학적 방법을 보여주고 있다.

대부분 채소 · 과일류의 신선편의식품 세척방법은 침지세척 방법 또는 분무세척 방법이다. 병원성 미생물은 식품 및 기계 내부 틈새에 오염되어 식중독 발병을 일으키는데, 틈새부분은 액체형태의 살균소독제가 닿기 어려운 부분이므로 세척과정만으로는 병원성 미생물을 제거하기 어렵다. 이 외에도 오존처리법 및 이산화염소가스법 등이 활용되고 있으나 이 또한 표면에 존재하는 미생물을 효과적으로 살균소독 하는데 제한적으로 알려져 있다. 이렇게 잔존하는 병원성 미생물은 보관, 유통과정에 증식하여 식품안전성을 저해하는 요인이 될 수 있으며, 따라서 신선편의식품의 전처리 시 미생물을 억제할 수 있는 효과적인 기술개발이 필요하다.

표 6. 신선편의식품 및 착즙주스에 대한 화학적 저감화 처리기술

방법	설명
침지(Dipping) 세척	살균소독제에 식품을 침지하는 방법. 유기산, 이산화황, 염소계 살균소독제(차아염소산) 등이 사용됨
분무(Spray)세척	제품표면에 물을 분사하여 세척하는 방법. 고압의 적은 양의 물로 세척하는 방법
오존 처리법	유기물을 분해하여 살균, 탈취, 생화학적 산소요구량 및 화학적 산소 요구량을 낮춤
이산화염소 가스법	이산화염소는 강력한 산화 작용에 의해 세균의 세포막을 파괴함으로써 세균의 사멸을 유도

2) 물리적 처리기술

신선편의식품 및 착즙주스의 미생물 저감화를 위한 물리적 방법에는 크게 Irradiation, Illumination, 초고압처리나 고전압 펄스 전기장과 같은 비열처리, 소독방법의 대안으로 사용되는 초음파처리법 등이 있다(표 7). 현재 식품 산업에서는 살균소독제를 사용하지 않고 미생물을 살균하는 효과를 가지고 있는 물리적 비가열 처리기술에 대한 연구가 증가하고 있다.

Irradiation은 가열하지 않는 식품의 위해 미생물을 감소시키는데 효과적인 방법이며 외국에서 최대 1.0 kGy의 수준으로 과일과 야채에 사용할 수 있도록 FDA에 의해서 승인되었다. 초고압처리(HPP)는 열처리 방법을 대체할 수 있는 식품보존방법으로 오래전부터 연구되어 왔다. 침투성이 있는 제품의 형태에 영향을 미치기 때문에 야채의 사용에 문제점이 있으나 주스 등 액체 식품의 살균을 위한 목적으로 사용될 수 있다. 초음파기술은 단독적으로 처리했을 때 위해 미생물을 제어하는데 효과적이지 않으므로 초음파 처리는 일반적으로 고압이나 열, 살균 소독제 등과 결합되어 사용되고 있다. 또한, 최근에는 UV, LED, UV-LED 등 Illumination 처리기술이 다수 연구되고 있다. LED는 고가의 레이저를 대체하기 위한 기술이며 냉장온도(4℃)에서 포장된 치즈에 460-470 nm 처리 시 25℃에서보다 감소효과가 우수한 것으로 확인되었다(Hyun and Lee, 2020). UV-C는 곰팡이와 미생물에 대한 살균효과가 있는 200-280 nm 영역의 자외선 파장으로 최근 식중독균을 죽이는데도 뛰어난 효과가 있는 것으로 보고되었다(Kim et al., 2009; Seong et al., 2017). 그러나 현재 식품 생산 업체에 적용할 수 있는 최적화된 비가열 살균법은 많지 않은 실정으로 대부분의 식품생산 업체는 가열살균처리 방법을 사용하고 있다. 따라서 가열살균처리 방법을 적용하기 힘든 과일 · 채소류의 경우 미생물을 효과적으로 제어할 수 있는 방법이 부족하다. 그러므로 이러한 문제점을 해결할 수 있는 물리적, 화학적 또는 두 방법을 조합하는 등의 살균 · 소독방법의 최적화 방안이 모색되어야 한다.

표 7. 신선편의식품 및 착즙주스에 대한 물리적 저감화 처리기술

방법		설명
Irradiation	방사선 조사(Irradiation)	방사능 물질에서 나오는 에너지를 식품에 쪼이는 것. 식품별 조사 처리기준이 각각 다르며 인체에 유해한 수준 이하로 사용
	전자선 조사 (Electron beam)	전자가속기에서 발생시킨 전자선을 컨베이어 벨트에 의해 이송되는 물체에 조사하는 기술
Illumination	UV (Ultra violet) 조사	UV-C (200 nm – 280 nm)가 살균작용을 일으키며 파장이 짧아 투과력은 약하지만 강력한 에너지를 가지고 있어 화학반응을 촉진하고 유기물을 산화시키는 기술
	UV 광펄스 (High-intensity pulsed light)	자외선(ultraviolet)영역부터 근적외선(near infrared)영역까지 넓은 범위의 빛을 짧은 시간 조사하여 식품의 표면이나 액상식품을 살균하는 기술
	LED (Light emitting diode) 조사	화합물 반도체 기술로써 스스로 빛을 발생하는 다이오드로 405 nm 청색 LED를 이용시 세균 자체에 효과적인 살균효과가 입증됨
	UV-LED (Ultra violet-Light emitting diode)	UV-LED로 고효율화, 고출력화가 발전되면서 수은형 램프를 LED로 빠르게 대체되어 살균하는 기술
비열처리	고전압 펄스 전기장 (High voltage pulsed electric fields, PEF)	고전압에 의한 식품저장방법으로 고전압에 의한 미생물의 세포막을 파괴하여 사멸함
	초고압처리 (High pressure processing)	열처리를 하지 않고 100-1000 MPa의 압력을 이용하여 압력 매체로 물이나 오일을 이용해 압력을 순간적으로 전달시키는 비가열 처리 기술
	플라즈마 (Plasma)처리법	비열 플라즈마 식품 미생물 저감화 기술은 온도가 높지 않게 형성된 플라즈마를 이용하여 식품에 오염된 미생물을 저해시키는 기술
살균소독기술	초음파(Ultrasound) 처리법	고주파가 식품 표면에 오염된 미생물의 제거 및 효소의 불활성을 유도시키며 다른 기술과 병행하여 사용

3) 화학적 · 물리적 병용처리기술

신선편의식품은 살균소독의 처리 후에도 신선도를 유지하는 것이 매우 중요하다. 따라서 최근에는 강하지 않은 여러 가지 살균처리의 기술을 결합하여 처리하는 병용처리기술이 신선편의식품의 살균 처리에 있어서 큰 관심을 받고 있다. 아래 표 8은 신선편의식품 및 착즙주스의 미생물 저감화를 위한 물리 · 화학적 병용처리방법의 국내외 개발 현황을 보여주고 있다.

병용처리기술은 한 개의 저해요인이 아니라 여러 가지의 저해요인이 작용할 수 있도록 다양한 조건을 혼합하여 위해요인으로부터 안전한 식품을 만들 수 있다. 예를 들어, 샐러리와 체리에 ClO_2 50 ppm과 UV-C 10 kJ/m^2를 병용 처리했을 시 *E. coli* O157:H7의 경우 각각 2.8, 3.0 log CFU/g의 감소를 보였고(Song et al., 2012), 치콘에 50 ppm Aqueous chlorine dioxide와 UV-C 5 kJ/m^2를 병용 처리한 결과 호기성 세균 수의 경우 2.92 log CFU/g 이하의 감소를 나타냈다(Kang et al., 2012). 염소계소독계의 경우 연구에 의해 낮은 살균력에 대해 보고되고 있지만 UV-C 등과 같은 물리적 처리기술을 병용처리하면서 저감화 효과를 높일 수 있었다. 또한, 당근에 ozone (8.2 g/m^3)과 high pressure processing (HPP; 250, 350, 450 MPa) 모두 5분 처리 시, *E. coli* O157:H7 균이 완전히 불활성화되는 것을 확인하였으며, HPP의 경우 일반세균, 곰팡이, 효모, 대장균군, *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. 모두 각각 5.8, 5.7, 6.3, 4.7, 5.7 log CFU/ml의 큰 감소 효과를 확인하였다(Evrendilek and Ozdemir, 2019). 이러한 병용처리 기술은 식품의 영양성분 변화를 최소화하고 저장성을 높일 수 있는 기술로써 신선도가 매우 중요한 신선편이 제품의 살균에 적합하며, 이에 관련 식품에 오염된 미생물을 화학적 처리와 물리적 처리를

표 8. 신선편의식품 및 착즙주스에 대한 살균소독 병용처리기술

	식품	처리기술	처리 결과	참고 문헌
Effects of aqueous chlorine dioxide and UV-C irradiation on decontamination and growth of microbes during chilled storage of celeray and cherries	Celeray, cherries	Aqueous chlorine dioxide, UV-C irradiation	ClO_2 50 ppm과 UV-C 10 kJ/m^2를 병합 처리시 *E. coli* O157:H7의 2.8 log CFU/g 이상의 감소 확인	(Song et al., 2012)
Predictive modeling of *Bacillus cereus* on carrot treated with slightly acidic electrolyzed water and ultrasonication at various storage temperatures	Carrot	Slightly acidic electrolyzed water (SAEW), ultrasonication	SAEW에 3분 침지와 ultrasonication 400 W/L를 동시 처리시 *B. cereus* 감소 3.1 log CFU/g 수준 확인	(Kim and Oh, 2014)
Effect of various forms of non-thermal treatment of the quality and safety in carrots	Carrot	Ozone, ultrasonication, alkaline ionized water, high pressure processing (HPP)	Ozone (8.2 g/m^3), HPP (250, 350, 450 MPa) 모두 5분 처리시, *E. coli* O157:H7 균이 완전히 불활성화됨	(Evrendilek and Ozdemir, 2019)
Antibacterial properties of combined non-thermal treatments based on bioactive edible coating, ozonation, and gamma irradiation on ready-to-eat frozen green peppers: evaluation of their freshness and sensory qualities	Pre-cut green pepper	Bioactive edible coating (Spray formulation), ozonation, gamma irradiation	Edible coating, ozonation (10 ppm, 5 min), gamma irradiation (0.5 kGy , dose rate of 16.74 kGy/h) 시너지 효과로 처리 시, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Listeria innocua*의 4 log CFU/g의 감소 확인	(Maherani et al., 2019)
Identification of equivalent processing conditions for pasteurization of strawberry juice by high pressure, ultrasound, and pulsed electric fields processing	Strawberry juice	HPP, ultrasound (US), PEF	HPP 300 MPa에서 1분 처리, US 55℃에서 3분 처리, PEF 35 kV/cm에서 25μs 처리하여 내산성 *E. coli*의 6 log CFU/mL 감소효과 확인	(Yildiz et al., 2019)
Pulsed electric field inactivation of *E. coli* O157:H7 and non-pathogenic surrogate *E. coli* in strawberry juice as influenced by sodium benzoate, potassium sorbate, and citric acid	Strawberry juice	PEF with sodium benzoate (SB) or potassium sorbate (PS) or citric acid (CA)	750 ppm SB, 350 ppm PS, 2.7% CA 첨가하여 55 ℃에서 PEF 18.6 kV/cm, 150 μs 처리시, *E. coli* O157:H7의 6.95 log CFU/ml 감소 효과 확인	(Gurtler et al., 2011)
Inactivation of *Listeria innocua* and *Escherichia coli* in carrot juice by combining high pressure processing, nisin, and mild thermal treatments	Carrot juice	HPP with mild thermal treatment, nisin	25 ppm nisin을 첨가하여 20℃, 500 MPa에서 2분 처리 시, *L. innocua*와 *E. coli*의 7 log CFU/mL 감소 확인	(Pokhrel et al., 2019)

병용처리 하여 효과적으로 저해하는 기술의 개발이 필요하다.

결론

신선편의식품은 소비자의 건강에 대한 관심과 편이성에 대한 요구로 그 수요가 크게 증가하고 있으나 별도의 가열

조리 없이 제조되기 때문에 제조 · 가공 공정 중 미생물의 오염 · 증식이 발생하여 식중독을 일으킬 수 있다. 따라서 이러한 신선편의식품에 오염된 미생물을 효과적으로 제어하고 관리할 수 있는 처리기술 및 관리방안의 개발이 필요하다. 하지만 아직까지 절단과일과 채소, 착즙주스와 같은 신선편이 간편 제품의 경우 원재료를 세척, 살균소독하는 과정과 냉장온도로 유통하는 과정이 미생물을 저감화 하는데 사용되는 거의 유일한 방법으로 사용되고 있다. 화학적, 물리적 처리의 병용처리기술은 제품의 품질의 변화를 최소화 하면서 미생물을 효과적으로 저감화 할 수 있는 잠재적 기술이다. 따라서 신선편이 간편 제품에 오염된 미생물을 효과적으로 저감화 하기 위해서 이러한 화학적, 물리적 처리의 병용처리를 활용한 효과적인 살균소독 처리기술의 개발이 필요할 것으로 보인다. 특히 관련 제품은 주로 냉장온도에서 유통 · 보관되므로 냉장온도에서도 혹은 포장 후에도 효과적으로 미생물 생육을 억제하거나 표면 미생물을 저감화 할 수 있는 기술의 적용이 필요하다. 이러한 단순가공 신선편이 제품에 대한 효과적인 살균처리 기술의 개발은 관련 식품의 품질과 안전성을 높이고, 유통기한을 연장하여 관련 제품의 확대 및 산업 활성화에 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2016. Annual summaries of foodborne outbreaks, United States, http://www.cdc.gov/foodsafety/fdoss/data/annual-summaries/index.html Accessed Feb. 13, 2020.

2. European Commission: Risk profile on the microbiological contamination of fruits and vegetables eaten raw, pp.1-45. https://ec.europa.eu/info/departments/health-and-food-safety_en Accessed Feb. 08, 2020

3. Evrendilek, G.A., Ozdemir, P. (2019). Effect of various forms of non-thermal treatment of the quality and safety in carrots. LWT-Food Science and Technology 105, 344-354.

4. Gurtler, J.B., Bailey, R.B., Geveke, D.J., Zhang, H.Q. (2011). Pulsed electric field inactivation of *E. coli* O157:H7 and non-pathogenic surrogate *E. coli* in strawberry juice as influenced by sodium benzoate, potassium sorbate, and citric acid. Food Control 22, 1689-1694.

5. Harris, L.J., Beuchat, L.R., Kajs, T.J., Ward, T.H., Taylor, C.H. (2001). Efficacy and reproducibility of a produce wash in killing *Samonella* on the surface of tomatoes assessed with a proposed standard method for produce sanitizers. Journal of Food Protection 64, 1477-1482.

6. Hyun, J.E., Lee, S.Y. (2020). Antibacterial effect and mechanisms of action of 460-470 nm light-emitting diode against *Listeria monocytogenes* and *Pseudomonas fluorescens* on the surface of packaged sliced cheese. Food Microbiology 86, 103314.

7. Kim, J.Y., Kim, E.K., Shin, C.L., Song, K.B. (2009). Effect of UV-C irradiation on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on washed carrot during storage. The Korean Society of Food Preservation 16, 636-643.

8. Kim, S.Y., Oh, D.H. (2014). Predictive modeling of *Bacillus cereus* on carrot treated with slightly acidic electrolyzed water and ultrasonication at various storage temperatures. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 43, 1296-1303.

9. Maherani, B., Harich, M., Salmieri, S., Lacroix, M. (2019). Antibacterial properties of combined non-thermal treatments based on bioactive edible coating, ozonation, and gamma irradiation on ready-to-eat frozen green peppers: evaluation of their freshness and sensory qualities. European Food Research and Technology 245, 1095-1111.

10. Pokhrel, P.R., Toniazzo, T., Boulet, C., Oner, M.E., Sablani, S.S., Tang, J., Barbosa-Canovas, G.V. (2019). Inactivation of *Listeria innocua* and *Escherichia coli* in carrot juice by combining high pressure processing, nisin, and mild thermal treatments. Innovative Food Science and Emerging Technologies 54, 93-102.

11. Seong, J.Y., Park, J.M., Kwon, K.H., Oh, S.W. (2017). Combined effect of cold plasma and UV-C against *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on fresh-cut lettuce. Journal of Food Hygiene and Safety 32, 64-69.

12. Song, H.J., Chun, H.H., Jo, W.S., Song, K.B. (2012). Effects of aqueous chlorine dioxide and UV-C irradiation on decontamination and growth of microbes during chilled storage of celery and cherries. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 41, 402-407.

13. Yildiz, S. Pokhrel, P.R., Unluturk, S., Barbosa-Canovas, G.V. (2019). Identification of equivalent processing conditions for pasteurization of strawberry juice by high pressure, ultrasound, and pulsed electric fields processing. Innovative Food Science&Emerging Technologies 57, 102195.

14. 농림축산식품부, 2017. 2018 가공식품 세분시장 현황. http://www.mafra.go.kr Accessed Jan. 30, 2020.

15. 농림축산식품부. 2019. 2019 가공식품 세분시장 현황. http://www.mafra.go.kr Accessed Jan. 30, 2020.

16. 식품의약품안전처. 2020. 식품유형별 기준규격 제5. 식품별 기준 및 규격. https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/03_02.jsp?idx=63# Accessed Jan. 31, 2020.

17. Oh, T.Y., Kim, H.J. (2013). Microbiological safety of fresh-cut vegetables and salads. The Korean Society of Food Hygiene and Safety 8, 18-27.