식물성 신선편의식품의 원충류 위해성 및 저감화 처리 기술 연구현황

Risk of Protozoa in Minimally Processed Fresh Products and Current Status of Research on Controlling Treatment to Reduce Protozoa

김지연, 송하나, 한아름, 이채림[1], 윤기선[1], 이선영*
Ji-Yeon Kim, Hana Song, Areum Han, Chae-Lim Lee[1], Ki-Sun Yoon[1], Sun-Young Lee*

중앙대학교생명공학대학식품영양학과, [1]경희대학교생활과학대학식품영양학과

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

서론

식물성 신선편의식품(minimally processed fresh products)은 농 · 임산물을 세척, 박피, 절단 또는 세절 등의 가공공정을 거치거나 이에 단순히 식품 또는 식품첨가물을 가한 것으로서 그대로 섭취할 수 있는 샐러드, 새싹채소, 간편과일 등의 식품을 말한다(농림축산식품부, 2017). 최근 1인 가구 및 맞벌이 가구의 증가와 더불어 건강 및 간편성을 중시하는 식품소비 트렌드가 확산되고 있어 섭취가 용이한 식물성 신선편의식품의 수요가 빠르게 증가하고 있으며, 신선편의식품 시장의 성장은 부가가치 측면에서 농식품산업의 새로운 성장동력이 될 수 있을 뿐 아니라 최종 소비자들이 간편하게 과일과 채소를 섭취할 수 있다는 점에서 국민들의 건강한 식생활에도 기여할 수 있다(한국농촌경제연구원, 2020). 또한, 착즙주스는 일반 환원주스에 비해 고가임에도 불구하고 꾸준한 성장세를 보이고 있으며, 최근에는 서양 채소와 과일이 인기를 끌면서 착즙주스의 소비에도 영향을 미치고 있다(농림축산식품부, 2017). 그러나 식물성 신선편의식품 및 착즙주스 시장의 빠른 성장에 따라 관련 식품의 안전성에 대한 소비자들의 우려가 높아지고 있다. 특히 신선편의 제품으로 사용되는 신선 농산물의 경우 별도의 가열조리 없이 섭취되고 있어 이를 통한 식중독의 발생을 예방할 수 있도록 위생 · 안전성 관리에 대한 개선이 필요할 것으로 사료된다. 식물성 신선편의식품과 관련된 식중독은 주로 병원성 세균, 바이러스, 원충 등에 의해서 발생하는 것으로 보고되고 있다. 이 중 세계적으로 주요하게 발생하고 있는 위장관 원충(intestinal protozoa) 식중독은 원포자충(*Cyclospora cayetanensis*), 작은와포자충(*Cryptosporidium parvum*), 람블편모충(*Giardia lamblia*), 이질아메바(*Entamoeba histolytica*)에 의한 것이 대표적인 것으로 보고되었으며(Rose and Slifko, 1999), 2015년에서 2018년 동안 급성 설사환자에 대하여 원충 검출율을 검사한 결과 그 중에서도 원포자충, 작

* 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

은와포자충, 람블편모충이 주로 검출되는 것으로 보고되었다(질병관리본부, 2019). 유럽 식품과학위원회(EU Scientific Committee on Food; SCF)에 의하면 과채주스에서는 작은와포자충(*Cryptosporidium*)에 의한 식중독 사례가 많은 것으로 보고되었으며(SCF, 2002), 국내에서는 식품매개 원충에 의한 식중독 집단발생은 발생하지 않았으나 감염실태에 대한 조사가 부족하여 발생과 식품오염현황에 대해서는 불분명한 점이 많은 것으로 나타났다(식품의약품안전처, 2016). 원충으로 인한 식중독이 꾸준히 발생되어 사회적인 문제를 야기하고 있으나, 다른 식중독 세균 및 바이러스에 비해 아직까지 많은 연구가 이루어지지 않은 실정이다. 그러므로 본 원고에서는 식물성 신선편의식품에서의 원충류의 오염 및 분포를 통해 신선편의식품의 원충성 식중독 위험성을 살펴보고, 이러한 식물성 신선편의식품으로 인한 원충성 식중독을 예방하기 위한 저감화 방안에 대하여 소개하고자 한다.

본론

1. 신선편의식품의 국내 · 외 원충성 식중독 발생현황

미국에서의 식중독 발생 사례에 의하면 채소 및 과일, 주스와 같은 신선 농산물 제품에서의 원충류에 의한 식중독은 원포자충(*Cyclospora*), 작은와포자충(*Cryptosporidium*), 람블편모충(*Giardia*)에 의해 주로 발생하는 것으로 보고되었으며 샐러드와 녹색채소가 가장 많은 원인식품인 것으로 나타났다(표 1). 그 중에서도 최근 미국에서의 식중독 발생통계에 따르면 기생충에 의한 식중독에서 원포자충과 작은와포자충에 의한 식중독이 대다수이며 특히 작은와포자충에 의한 식중독이 원포자충에 비해 10배 이상 높은 것으로 보고된 바 있다(표 2). 과채주스의 경우 국외에서 보고된 식중독 사례에 의하면 작은와포자충(*Cryptosporidium*)이 주요 원인병원체인 것으로 나타났다(그림 1).

국내의 경우 식품의약품안전처의 2002–2020년 기간 동안 원인물질에 따른 식중독 발생 통계자료에 의하면

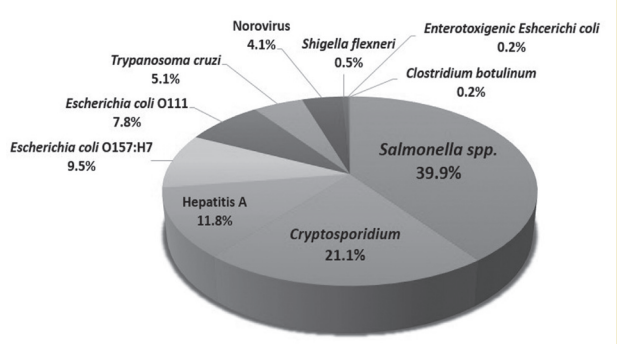

그림 1. 1991–2015년에 보고된 과채주스, 과채음료 제품에서의 식중독 원인병원체

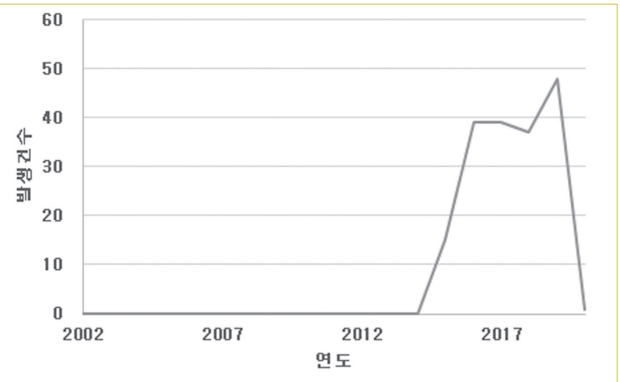

그림 2. 국내 원충에 의한 식중독 사례(2002–2020년)
(출처: 식품안전나라 (2020))

2014년까지 원충류에 의한 식중독 사례가 보고된 바 없으나, 2015년에 처음 15건이 발생한 이후로 총 179건의 원충류에 의한 식중독이 발생한 것으로 나타났다(그림 2). 하지만, 그 원인 원충류에 대한 정확한 보고는 보고되지 않았으며, 2015년 이후에 원충류가 발생하기 시작한 것은 원인체 조사 시작 시기와 관련이 있을 것으로 사료된다. 2006년부터 2015년까지 발생한 국내 식중독 발생 통계자료에 따르면 과채주스(착즙주스) 및 과채음료에 의한 원충성 식중독 사례는 보고된 바가 없다.

2. 신선편의식품의 원충류 오염도

국내 · 외에서 보고된 원충류 오염도 연구결과에 따르면 다양한 나라의 신선농산물에서 원충류가 검출된 것으로

표 1. 미국에서 신선 농산물 제품(채소, 과일, 주스 등)에서의 원충류에 의한 식중독 발생 사례

원인 미생물	원인식품	발생년도	감염자수
Cyclospora	Bagged salad mix	2020	690
	Fresh express Salad Mix Sold at McDonald's	2019	511
	Basil	2019	1,696
	Del Monte Fresh Produce Vegetable Trays	2018	250
	Lettuce and carrot mix	2018	511
	Basil	2018	8
	Romaine lettuce	2014	227
	Berry salad (suspected)	2013	8
	Bagged salad mix	2013	162
	Leafy greens suspected	2013	25
	Basil, pesto	2010	210
	Lettuce (suspected)	2010	266
	Blackberries	2008	45
	Organic basil	2007	29
Cryptosporidium	Salad items	2015	424
	Pre-cut mixed salad leaves	2012	648
	Salad garnish on chanterelle sauce	2010	89
	Possibly peeled carrots	2009	74
	Salad mixture	2008	72
	Unpasteurized apple juice	1996	31
		1993	213
	Unpasteurized apple cider	2013	11
		2011	4
		2004	212
		2003	144
Giardia	Mixed green salad	2016	25
	Chickenparmesan and lettuce-based salads	2007	15
	Fresh fruit and vegetables	2005	50
	Raw sliced vegetables	1990	18
	Lettuce, onions, tomatoes	1989	21
	Lettuce and taco	1988	10
	Fruit salad	1986	10
	Noodle salad	1985	13

출처: Ahmed and Karanis (2018); Ryan et al. (2019); 미국 CDC (2020)

표 2. 미국에서의 원충류에 의한 식중독 발생(2014-2019년)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Cryptosporidium	1,189	1,658	1,816	1,836	–	–
Cyclospora	26	65	55	163	332	755

출처: 미국 CDC (2020)

나타났다. 특히 원포자충(*Cyclospora*)의 경우 딸기주스, 작은와포자충(*Cryptosporidium*)의 경우 블루베리, 람블편모충(*Giardia*)의 경우 상추와 치커리에서 검출률이 가장 높은 것으로 나타났으며, 국가별로는 이집트, 한국과 페루, 브라질에서 각각 높은 검출률이 확인되었다(표 3).

표 3. 신선 농산물 제품(채소, 과일 등)에서의 원충류 검출

대상 미생물	조사 식품	검출 건수	국가	참고문헌
Cyclospora	Precut salads and leafy greens	1.7% (9/544)	Canada	Dixon *et al.* (2013)
	Rocket, lettuce, parsley, leek, green onion	21.3% (64/300)	Egypt	Said (2012)
	Fresh strawberry juice	25.7% (9/35)	Egypt	Mossallam (2010)
	Vegetables and raw fruits (avocado, lettuce, cabbage, carrot, tomato, banana and mango)	6.9% (25/360)	Ethiopia	Bekele *et al.* (2017)
	Cabbage, green pepper, onion, tomato, lettuce	5.1% (20/395)	Ghana	Duedu *et al.* (2014)
	Fennel, cucumber, celery, tomato	12.2% (6/49)	Italy	Giangaspero *et al.* (2015)
	Ready to eat-packaged salads	1.3% (8/648)	Italy	Caradonna *et al.* (2017)
	Winter grown cabbage, sprouts, blueberries, amd cherry tomatoes	1.2% (5/404)	Korea	Sim *et al.* (2017)
Cryptosporidium	Coriander leaves, lettuce, radish, tomatoes, cucumber, fenugreek leaves, cabbage, chili, mint leaves, carrot	6%	India	Utaaker *et al.* (2017)
	Ready to eat packaged salad	8.3% (6/72)	Italy	Caradonna *et al.* (2017)
	Bluberry	33.3%	Korea	Hong *et al.* (2014)
	Lettuce	4% (5/125)	Norway	Robertson and Gjerde (2001)
	Blackberry	2%	Costa Rica	Calvo *et al.* (2004)
	Vegetables	14.5% (16/110)	Peru	Ortega *et al.* (1997)
Giardia	Lettuce, kale, chicory and rocket	7.3% (19/260)	Brazil	Rafael *et al.* (2018)
	Vegetables	5% (13/284)	India	Utaaker *et al.* (2017)
	Ready-to-eat salads	0.6% (4/648)	Italy	Caradonna *et al.* (2017)
	Raw leafy vegetables	12.5% (16/128)	Brazil	Tiyo *et al.* (2016)
	Vegetables	3% (8/260)	Sudan, Khartoum state	Mohamed *et al.* (2016)
	Lettuce and wild chicory	18.2% (2/11)	Southern Brazil	Colli *et al.* (2015)
	Fruit and vegetables	7.5% (27/360)	Ethiopia	Tefera *et al.* (2014)
	Leafy vegetables	8.8% (47/530)	Egypt	Eraky *et al.* (2014)
	Packaged leafy greens	1.8% (10/544)	Canada	Dixon *et al.* (2013)
	Vegetables	55% (11/20)	Iran	Hafez *et al.* (2013)

하지만 이는 오염도를 평가한 대상제품 및 연구방법 등에 따라 차이가 클 것으로 사료된다. 이처럼 여러 국가에서 신선편의제품과 관련해서 원충류의 오염이 확인되어 신선편의 채소 및 과일 등 신선편의 제품 관련 안전성 확보를 위한 저감화 기술의 개발 및 안전관리방안의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

3. 주요 원충류의 특징

1) 원포자충(*Cyclospora cayetanensis*)

원포자충은 크기가 8~10마이크로미터인 작은 기생충으로 주로 오염된 물, 채소, 과일 등을 섭취함으로써 감염되며 특히 라즈베리, 바질, 상추 등의 식품과 연관이 큰 것으로 알려져 있다. 비포자 형태의 난포낭이 식품에서 대략 1주일 정도의 잠복기를 거친 후 포자 형태의 난포낭으로 변화되고 이를 섭취하게 되면 소장에서 탈포낭을 거쳐 소장상피세포에 침입하여 증상을 일으킨다. 원포자충에 감염되면 설사, 식욕부진, 복통, 구토 등의 다양한 증상이 나타나며, 작은와포자충과 비슷한 증상을 보인다. 특히 에이즈 환자와 같이 면역체계가 약한 사람들에서 보다 중증의 증상을 보이며 사망에 이르는 경우는 드문 것으로 알려져 있다. 하지만 원포자충의 경우 국내외에서 배양할 수 있는 방법이 확인되지 않아 관련된 실험 수행이 어려운 실정이다.

2) 작은와포자충(*Cryptosporidium parvum*)

작은와포자충은 *Cryptosporidium* 종 가운데 일반적으로 사람을 감염시키는 종으로 오염된 물이나 음식 등을 통해 전파되거나 감염된 자와의 접촉을 통해서도 감염이 가능하며 특히 조리식품, 애플사이다 등의 섭취와 관련이 큰 것으로 알려져 있다. 원포자충과 마찬가지로 포자 형태의 난포낭을 섭취함에 따라 일주일 정도의 잠복기를 거쳐 인체 내에서 분열 · 증식이 진행되며 면역체계가 약화된 사람들에서 주로 감염이 일어난다. 감염이 되면 80% 이상에서 임상증상이 발현되며 보통 1-2주 지속된다. 주요 증상으로는 복통을 동반한 수양성 설사, 식욕부진, 구토 등이 있고 건강한 성인의 경우 대부분 30일 이내에 자연적으로 호전되며 사망에 이르는 경우는 드물다.

3) 람블편모충(*Giardia lamblia*)

람블편모충은 우리나라는 물론 유럽과 미국에서도 병원성 장내 기생원충 중에서 가장 많은 빈도로 발견되고 있으며 오염된 음식이나 물을 통한 수인성 경로를 통해 전파된다. 따라서 전 세계적으로 흔하지만 위생이 불량한 지역에서 특히 유병률이 높고 여행자 설사의 흔한 원인으로 알려져 있다. 람블편모충은 영양형과 포낭형의 두 가지 형태로 이루어지며 포낭형태로 인체에 감염되어 주로 장의 점막에 흡착하여 점막 상피세포에서 기계적인 손상을 일으킴으로써 증상이 발현된다. 대부분이 무증상이며 증상의 정도도 다양하다. 증상으로는 설사, 복통, 복부 팽만감, 소화불량 등이 나타나고 대부분 저절로 회복되지만 2-6주간 증상이 지속될 수 있다. 특히 소아에게서 지방변 증후군이 유발되어 식욕부진, 지방변 설사, 체중감소 등이 두드러지게 나타나지만 사망하는 경우는 드물다.

4. 원충류 제어를 위한 저감화 처리 기술 효과

1) 원포자충(*Cyclospora cayetanensis*)

신선편의식품 대부분은 가열처리 없이 제품화하고 또한 개봉 후 그대로 섭취하는 특성을 가지고 있어 오염된 식품이나 물에 대해 저감화 공정을 거치지 않을 경우 식중독이 발생할 우려가 크다. 하지만 신선도 등의 문제로 저감화를 위한 처리가 제한됨에 따라 여러 물리 · 화학적 허들테크닉을 활용하는 것이 매우 중요하다. 원포자충의 경우 국내외에서 표준균주의 확보 및 배양이 어려워 관련된 연구가 많지 않은 실정이나 그 중에서도 화학적 처리에 비해 주로 물리적 저감화 처리에 관한 연구가 진행되고 있다. 다음 표 4는 신선편의식품 및 착즙주스의 원포자충 저감화를 위한 물리적, 화학적 개발 현황을 보여주고 있다. 신선편의식품 및 착즙주스의 원포자충 저감화를 위한 물리적 처리방법에는 UV, 초고압처리, 열처리 등이 있다. 예를 들어, 라즈베리와 바질에 UV 261 mW/cm^2 또는 high pressure processing (HPP) 550 MPa를 각각 2분간 처리했을 시 모두 분변에서의 난포낭 배출이 감소하였고(Kniel et al., 2007), 바질에 냉동(−20°C 60분, −70°C 30분) 또는 열처리(50°C 4시간, 70°C 15분)한 결과 모든 난포낭의 포자화가 완전히 억제된 것을 확인하였

표 4. 신선편의식품 및 착즙주스의 원포자충에 대한 물리적, 화학적 저감화 처리기술

처리방법	처리기술	처리조건	처리시간	대상 식품	측정 방법	저감화 결과	참고문헌
Physical treatments	Ultraviolet (UV)	254 nm (261 mW/cm^2)	2 min	Rasberry and Basil	Animal infectivity	Reduction of oocyst shedding	Kniel *et al.* (2007)
	High pressure processing (HPP)	550 MPa at 40℃	2 min			Reduction of oocyst shedding	
	Microwave	650 W at 97℃	30 sec	Distilled water	Animal infectivity	Reduction of oocyst shedding	Ortega and Liao (2006)
	Freezing	−20℃	60 min	Basil	Visualization of sporulated oocyst by microscopy	50% inhibition	Sathyanarayanan and Ortega (2006)
		−70℃	30 min			No sporulation of oocyst	
	Heat	50℃	4 h			No sporulation of oocyst	
		70℃	15 min			No sporulation of oocyst	
Chemical treatments	MgO NPs	10 mg/ml	72 h	PBS	Visualization of sporulated oocyst by microscopy	〉 90% mortality rate	Hussein *et al.* (2018)
		12.5 mg/ml	48 h				
		15 mg/ml	24 h				

다(Sathyanarayanan and Ortega, 2006). 또한, 신선편의식품 및 착즙주스의 원포자충 저감화를 위한 화학적 처리방법으로 MgO nanoparticles (NPs) 10 mg/ml, 12.5 mg/ml, 15 mg/ml 수준으로 각각 72시간, 48시간, 24시간 처리했을 시 모두 90% 이상 감소되는 것을 확인하였다(Hussein et al., 2018).

2) 작은와포자충(*Cryptosporidium parvum*)

작은와포자충은 식품 중에서도 과채주스에서 주로 문제가 되는 것으로 알려져 있어 대부분 다양한 과일주스에

표 5. 신선편의식품 및 착즙주스의 작은와포자충에 대한 물리적, 화학적, 병용처리 저감화 기술

처리방법	처리기술	처리조건	처리 시간	대상 식품	측정 방법	저감화 결과	참고문헌
Physical treatments	Pulsed-UV light	278 mJ/cm^2, 20 cm	60 sec	Deionized water	qPCR	4.9 log reduction in viabiliyty, 6 log reduction in infectivity	Lee *et al.* (2008)
	Microwave Heating	650 W 96.9℃	30 sec	Distilled water	Animal infectivity	Inhibition of infection	Ortega and Liao (2006)
	Low- and medium-pressure ultraviolet (UV) lamps	Low-pressure (12 W) at UV 3 mJ/cm^2	–	Oocyst in buffer	Focus detection method (FDM), MPN method	〉3.4 log reduction	Zimmer *et al.* (2003)
		Medium-pressure (1 kW) at UV 3 mJ/cm^2	–			〉3.2 log reduction	
	Ultraviolet (UV) irradiation	14.32 mJ/cm^2	1.2-1.9 sec	Apple cider	Animal infectivity, PCR	5 log reduction	Hanes *et al.* (2002)
	Flash pasteurization (HTST)	70 or 71.7℃	10 or 20 sec	Cider (apple juice)	Cell infectivity	〉4.9 log reduction	Deng and Cliver (2001)
	High hydrostatic pressure	80,000 psi	30 sec	Apple juice	Cell infectivity	99% inactivation	Slifko *et al.* (2000)
				Orange juice			
Chemical treatments	Ozone	21.3 mg/L*min, 19.95 mg/L*min	–	Water	In vitro excystation, DAPI/PI staining	2 log (99%) reduction	Kim *et al.* (2006)
	Organic acid	5% malic acid	–	Apple cider	Cell infectivity	〉80% inhibition	Kniel *et al.* (2003)
		5% citric acid		Orange juice		〉70% inhibition	
		5% tartaric acid		Purple grape juice		〉70% inhibition	
	Hydrogen peroxide	0.03%	≥2 h	Apple cider	In vitro excystation	0.56 log reduction	Kniel *et al.* (2003)
				Orange juice		0.53 log reduction	
				Purple grape juice		0.6 log reduction	
				White grape juice		0.54 log reduction	
	Hydrogen peroxide	0.03%	≥2 h	Apple cider	Cell infectivity	≥5.9 log reduction	Kniel *et al.* (2003)
		0.025%, 0.03%	≥6 h, ≥2 h	Orange juice			
				Purple grape juice			
				White grape juice			
Combination treatments	TiO_2 and low-pressure ultraviolet (UV)	1 mg/L of TiO_2 and UV 254 nm (30 mJ/cm^2)	–	BDF water	qPCR	4 log inactivation	Ryu *et al.* (2008)

표 6. 신선편의식품 및 착즙주스의 람블편모충에 대한 물리적, 화학적, 병용처리 저감화 기술

처리방법	처리기술	처리조건	처리시간	대상 식품	측정 방법	저감화 결과	참고문헌
Physical treatments	Ultraviolet (UV) irradiation	253.7 nm (20 or 50 J/M^2)	–	Water	Animal infectivity	>4 log reduction	Linden *et al.* (2002)
	Ultraviolet (UV) irradiation	254 nm (40 mJ/cm^2)	–	Deionized water	Animal infectivity	3 log inactivation	Campbell and Wallis (2002)
	Ultraviolet (UV) irradiation	254 nm (50 mJ/cm^2)	–	Waste water	Animal infectivity	96% inhibition	Li *et al.* (2009)
	Ozone	0.03–0.15 mg/L	5.5–1.06 min	Water	Microscopic counting method	99% inactivation	Wickramanayake *et al.* (1984)
	Cobalt-60 irradiation	10 kGy	–	Modified Keister's medium	Nomarski interference contrast (NIC) microscopy	Immediately 100% inhibition	Lenaghan and Sundermann (2003)
Chemical treatments	Pathogen Box (MMV)	16 μM	24 h	Trophozoites	Luciferine stain assay	≥95% inhibition in 15 compounds	Hennessey *et al.* (2018)
Combination treatments	UV lamp coated by TiO2	3 times coated TiO_2 (3wt%) and UV 375 nm (24 W/M^2)	60 min	Distilled water	Optimal microscope	>0.9 sterilization ratio	Lee *et al.* (2004)

서의 저감화를 위한 연구가 이루어지고 있다. 다음 표 5는 신선편의식품 및 착즙주스에서의 작은와포자충 저감화를 위한 물리적, 화학적, 병용처리 방법을 보여주고 있다. 신선편의식품의 작은와포자충 살균 처리 중 물리적 방법으로 애플사이다에 UV 14.32 mJ/cm^2와 순간살균(HTST; 70, 71.7°C)을 각각 1.2–1.9초, 10–20초 처리했을 시 모두 난포낭이 약 5 log 감소하는 것으로 나타났다(Hanes et al., 2002; Deng and Cliver, 2001). 작은와포자충의 저감화를 위해 활용되는 화학적 처리기술에는 오존, 유기산, 과산화수소 등이 있다. 일부 유기산은 난포낭을 억제하는데 효과적인 방법이며, 사과주스, 오렌지주스, 포도주스에 5% 사과산, 시트르산, 타르타르산을 각각 처리하였을 시 모두 감염력이 70% 이상 억제되는 것을 확인하였다(Kniel et al., 2003). 과산화수소는 난포낭 벽의 투과성을 높여 작은와포자충의 난포낭을 억제하는데 효과가 있는 방법으로 0.03%로 사과주스, 오렌지주스, 포도주스, 백포도주스에 2시간 처리했을 시 감염력이 5.9 log 이상 감소되는 것으로 보고되었다(Kniel et al., 2003). 특히 신선편의식품의 경우 위해요소를 확실히 제어하면서도 고품질을 유지하는 것이 중요하므로 최근에는 고품질과 안전성 확보를 위해 여러 가지 처리방법을 조합해서 활용하는 기술에 대한 연구가 증가하고 있다. 예를 들어, 1 mg/L의 TiO_2와 254 nm (30 mJ/cm^2) low-pressure UV를 BDF water에 처리했을 시, 작은와포자충의 난포낭에서 4 log의 감소 효과를 확인하였다(Ryu et al., 2008).

3) 람블편모충(*Giardia lamblia*)

람블편모충의 저감화를 위한 방법에는 크게 물리적, 화학적, 병용처리 방법이 있다(표 6). 람블편모충은 주로 지하수 오염으로 인한 집단발생과 크게 연관이 있어 물에서의 람블편모충 저감화 처리 실험이 주로 이루어지고 있으나, 신선 채소에서도 검출이 되고 있어 이에 관한 연구도 필요할 것으로 사료된다. UV는 하수에서 주로 검출되는 람블편모충을 제어하기 위한 효과적인 물리적 처리 방법이며 254 nm (50 mJ/cm^2) UV를 하수에 처리했을 시, 람블편모충의 96%가 불활성화 되는 것으로 확인되었다(Li et al., 2009). 그 외에도 감마선조사를 10 kGy의 수준으로 처리 시 람블편모충이 즉시 완전히 불활성화되는 것으로 보고되었다(Lenaghan and Sundermann, 2003). Pathogen Box (MMV)는 400개의 약물과 유사한 여러 물질들이 혼합된 것으로 병원균을 억제하는 것으로 알려져 있으며, 람블편모충에 16 μM 수준으로 24시간 처리 시 15개의 물질에서 95% 이상의 큰 감소 효과를 나타냈다(Hennessey et al., 2018). 람블편모충의 경우 염소에 높은 저항성을 가지는 것으로 확인되어 단일처리에 쉽게 적응하거나 극복하지 못하도록 장애조건을 여러 가지로 제공하여 신선편의식품의 안전성을 확보하는 것이 중요하다. 따라서 물리적, 화학적 방법을 조합하는 병용처리기술 개발에 대한 관심이 크게 늘고 있다. 예를 들어, 증류수의 람블편모충에 TiO_2 (3wt%)로 3번 코팅된 UV (24 W/M^2)에 60분간 처리 시 90% 이상 저해되는 것을 확인하였다(Lee et al., 2004). 따라서 람블편모충이 극복하기 어려운 치명적인 조건이 되도록 관련된 오염 식품에 물리적 처리와 화학적 처리를 병용처리하여 식품의 안전성을 확보하고 품질을 확보할 수 있는 기술의 개발이 필요하다.

결론

건강에 대한 관심이 높아지고, 편리성을 추구하는 트렌드가 확산됨에 따라 신선편의식품에 대한 소비자의 관심이 높아지고 있는 데 반해, 조리하지 않고 그대로 섭취하기 때문에 원충류을 포함한 식중독이 증가되고 있어 소비자들의 불안이 초래되고 있다. 따라서 증가 추세에 있는 원충성 식중독 발생을 억제하기 위한 많은 연구가 필요하나 아직까지 식중독 발생과 관련한 보고가 부족한 실정이며 또한 이의 예방을 위한 위생적이고 안전한 식품을 공급하기 위한 관리방안 또한 개발이 필요하다. 물리적, 화학적 처리기술이 원충류 저감화를 위해 주로 사용되고 있으나 생존에 불리한 환경에 적응해가는 문제가 발생하고 있어 이에 쉽게 적응하지 못하도록 물리적, 화학적 처리를 병용하는 기술의 개발이 필요할 것으로 보인다. 특히 신선도가 중요한 품질유지로 고려되는 신선편의식품에 대한 효과적인 병용처리기술의 개발 및 적용은 고품질의 제품 제공과 안전성 향상에 도움을 주어 소비자들의 위생안전성 및 신선도에 대한 우려를 크게 일축하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2020년도 식품의약품안전처 연구개발비(20162MFDS014)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. Ahmed, S.A., Karanis, P. (2018). An overview of methods/techniques for the detection of *Cryptosporidium* in food samples. Parasitology Research, 117(3), 629-653.

2. Bekele, F., Tefera, T., Biresaw, G., Yohannes, T. (2017). Parasitic contamination of raw vegetables and fruits collected from selected local markets in Arba Minch town, Southern Ethiopia. Infectious Diseases of Poverty, 6(1), 19.

3. Calvo, M., Carazo, M., Arias, M. L., Chaves, C., Monge, R., & Chinchilla, M. (2004). Prevalence of *Cyclospora* sp., *Cryptosporidium* sp, microsporidia and fecal coliform determination in fresh fruit and vegetables consumed

in Costa Rica. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 54(4), 428.

4. Campbell, A.T., Wallis, P. (2002). The effect of UV irradiation on human-derived *Giardia lamblia* cysts. Water Research, 36(4), 963-969.

5. Caradonna, T., Marangi, M., Del Chierico, F., Ferrari, N., Reddel, S., Bracaglia, G., Normanno, G., Putignani, L., Giangaspero, A. (2017). Detection and prevalence of protozoan parasites in ready-to-eat packaged salads on sale in Italy. Food Microbiology, 67, 67-75.

6. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2019. Foodborne Diseases Active Surveillance Network (FoodNet). https://wwwn.cdc.gov/foodnetfast

7. Colli, C.M., Bezagio, R.C., Nishi, L., Bignotto, T.S., Ferreira, É.C., Falavigna-Guilherme, A.L., Gomes, M.L. (2015). Identical assemblage of *Giardia duodenalis* in humans, animals and vegetables in an urban area in southern Brazil indicates a relationship among them. PLoS One, 10(3), e0118065.

8. Deng, M.Q., Cliver D.O, (2001). Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in cider by flash pasteurization. Journal of Food Protection 64(4), 523-527.

9. Dixon, B., Parrington, L., Cook, A., Pollari, F., Farber, J. (2013). Detection of *Cyclospora*, *Cryptosporidium* and *Giardia* in ready-to-eat packaged leafy greens in Ontario, Canada. Journal of Food Protection 76, 307-313.

10. Duedu, K.O., Yarnie, E.A., Tetteh-Quarcoo, P.B., Attah, S.K., Donkor, E.S., Ayeh-Kumi, P.F. (2014). A comparative survey of the prevalence of human parasites found in fresh vegetables sold in supermarkets and open-aired markets in Accra, Ghana. BMC research notes, 7(1), 1-6.

11. Eraky, M.A., Rashed, S.M., Nasr, M.E.S., El-Hamshary, A.M.S., Salah El-Ghannam, A. (2014). Parasitic contamination of commonly consumed fresh leafy vegetables in Benha, Egypt. Journal of Parasitology Research, 2014.

12. 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

13. Giangaspero, A., Marangi, M., Koehler, A.V., Papini, R., Normanno, G., Lacasella, V., Lonigro, A., Gasser, R.B. (2015). Molecular detection of *Cyclospora* in water, soil, vegetables and humans in southern Italy signals a need for improved monitoring by health authorities. International Journal of Food Microbiology, 211, 95-100.

14. Hafez, A.A., Asadolahi, E., Havasian, M., Panahi, J., Davoudian, A., Lotfikar, M., Khosravi, A. (2013). Study on the parasitic and microbial contamination of vegetables, and the effect of washing procedures on their elimination in Ilam city. Journal of Paramedical Sciences 4(4), 37-41.

15. Hanes, D.E., Worobo, R.W., Orlandi, P.A., Burr, D.H., Miliotis, M.D., Robl, M.G., Bier J.W., Arrowood M.J., Churey J.J., Jackson, G.J. (2002). Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in fresh apple cider by UV irradiation. Applied and Environmental Microbiology, 68(8), 4168-4172.

16. Hennessey, K.M., Rogiers, I.C., Shih, H.W., Hulverson, M.A., Choi, R., McCloskey, M.C., Whitman, G.R., Barrett, L.K., Merritt, E.A., Paredez, A.R., Ojo, K.K. (2018). Screening of the Pathogen Box for inhibitors with dual efficacy against *Giardia lamblia* and *Cryptosporidium parvum*. PLoS neglected tropical diseases, 12(8), e0006673.

17. Hong, S., Kim, K., Yoon, S., Park, W.Y., Sim, S., Yu, J.R. (2014). Detection of *Cryptosporidium parvum* in environmental soil and vegetables. Journal of Korean Medical Science, 29(10), 1367-1371.

18. Hussein, E.M., Ahmed, S.A., Mokhtar, A.B., Elzagawy, S.M., Yahi, S.H., Hussein, A.B., El-Tantawey, F. (2018). Antiprotozoal activity of magnesium oxide (MgO) nanoparticles against *Cyclospora cayetanensis* oocysts. Parasitology International 67, 666-674

19. Kim, Y.H., Lee, C.H., Lee, S.H. (2007). Inactivation effect of *Cryptosporidium* by ozone and UV. Journal of Korean Society of Environmental Engineers, 29(1), 31-39.

20. Kniel, K.E., Sumner, S.S., Lindsay, D.S., Hackney, C.R., Pierson, M.D., Zajac, A.M., Golden D.A., Fayer, R. (2003). Effect of organic acids and hydrogen peroxide on *Cryptosporidium parvum* viability in fruit juices. Journal of Food Protection, 66(9), 1650-1657

21. Kniel, K.E., Shearer, A.E.H., Cascarino, J.L., Wilkins, G.C., Jenkins, M.C. (2007). High hydrostatic pressure

and UV light treatment of produce contaminated with *Eimeria acervulina* as a *Cyclospora cayetanensis* surrogate. Journal of Food Protection, 70(12), 2837-2842.

22. Lee, J.H., Kang, M., Choung, S.J., Ogino, K., Miyata, S., Kim, M.S., Park, J.Y., Kim, J.B. (2004). The preparation of TiO2 nanometer photocatalyst film by a hydrothermal method and its sterilization performance for *Giardia lamblia*. Water Research, 38(3), 713-719.

23. Lee, S.U., Joung, M., Yang, D.J., Park, S.H., Huh, S., Park, W.Y., Yu, J.R. (2008). Pulsed-UV light inactivation of *Cryptosporidium parvum*. Parasitology Research, 102(6), 1293-1299.

24. Lenaghan, S., Sundermann, C. (2003). Effect of varying cobalt-60 doses on survival and growth of *Giardia lamblia* trophozoites. The Journal of Eukaryotic Microbiology, 50(6), 701-701.

25. Li, D., Craik, S.A., Smith, D.W., Belosevic, M. (2009). Infectivity of *Giardia lamblia* cysts obtained from wastewater treated with ultraviolet light. Water Research, 43(12), 3037-3046.

26. Linden, K.G., Shin, G.A., Faubert, G., Cairns, W., Sobsey, M.D. (2002). UV disinfection of *Giardia lamblia* cysts in water. Environmental Science & Technology, 36(11), 2519-2522.

27. Mohamed, M.A., Siddig, E.E., Elaagip, A.H., Edris, A.M.M., Nasr, A.A. (2016). Parasitic contamination of fresh vegetables sold at central markets in Khartoum state, Sudan. Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials, 15(1), 17.

28. Mossallam, S.F. (2010). Detection of some intestinal protozoa in commercial fresh juices. Journal of the Egyptian Society of Parasitology, 40(1), 135-149.

29. Ortega, Y.R., Liao, J. (2006). Microwave inactivation of *Cyclospora cayetanensis* sporulation and viability of *Cryptosporidium parvum* oocysts. Journal of Food Protection, 69(8), 1957-1960.

30. Ortega, Y.R., Roxas, C.R., Gilman, R.H., Miller, N.J., Cabrera, L., Taquiri, C., Sterling, C.R. (1997). Isolation of *Cryptosporidium parvum* and *Cyclospora cayetanensis* from vegetables collected in markets of an endemic region in Peru. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 57(6), 683-686.

31. Rafael, K., Marchioro, A.A., Colli, C.M., Tiyo, B.T., Evangelista, F.F., Bezagio, R.C., Falavigna-Guilherme, A.L. (2017). Genotyping of *Giardia duodenalis* in vegetables cultivated with organic and chemical fertilizer from street markets and community vegetable gardens in a region of Southern Brazil. Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 111(12), 540-545.

32. Rose, J.B., Slifko, T.R. (1999). *Giardia*, *Cryptosporidium*, and *Cyclospora* and their impact on foods: a review. Journal of Food Protection, 62(9), 1059-1070.

33. Robertson, L.J., Gjerde, B. (2001). Occurrence of parasites on fruits and vegetables in norway. Journal of Food Protection, 64(11), 1793-1798.

34. Ryan, U., Hijjawi, N., Feng, Y., Xiao, L. (2019). *Giardia*: an under-reported foodborne parasite. International Journal for Parasitology, 49(1), 1-11.

35. Ryu, H., Gerrity, D., Crittenden, J.C., Abbaszadegan, M. (2008). Photocatalytic inactivation of *Cryptosporidium parvum* with TiO2 and low-pressure ultraviolet irradiation. Water Research, 42(6-7), 1523-1530.

36. Said, D.E.S. (2012). Detection of parasites in commonly consumed raw vegetables. Alexandria Journal of Medicine, 48(4), 345-352.

37. Sathyanarayanan, L., Ortega, Y. (2006). Effects of temperature and different food matrices on *Cyclospora cayetanensis* oocyst sporulation. Journal of Parasitology, 92(2), 218-222.

38. Sim, S., Won, J., Kim, J.W., Kim, K., Park, W.Y., Yu, J.R. (2017). Simultaneous molecular detection of *Cryptosporidium* and *Cyclospora* from raw vegetables in Korea. The Korean Journal of Parasitology, 55(2), 137.

39. Slifko, T.R., Raghubeer, E., Rose, J.B. (2000). Effect of high hydrostatic pressure on *Cryptosporidium parvum* infectivity. Journal of Food Protection, 63(9), 1262-1267.

40. Tefera, T., Biruksew, A., Mekonnen, Z., Eshetu, T. (2014). Parasitic contamination of fruits and vegetables collected from selected local markets of Jimma Town, Southwest Ethiopia. International Scholarly Research Notices, 2014.

41. Tiyo, R., de SOUZA, C.Z., Piovesani, A.F.A., Tiyo, B.T., Colli, C.M., Marchioro, A.A., Gomes, M.L., Falavigna-Guilherme, A.L. (2016). Predominance of *Giardia duodenalis* assemblage AII in fresh leafy vegetables from a market in southern Brazil. Journal of Food Protection, 79(6), 1036-1039.

42. Utaaker, K.S., Kumar, A., Joshi, H., Chaudhary, S., Robertson, L.J. (2017). Checking the detail in retail: occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* on vegetables sold across different counters in Chandigarh, India. International Journal of Food Microbiology, 263, 1-8.

43. Wickramanayake, G.B., Rubin, A.J., Sproul, O.J. (1984). Inactivation of *Giardia lamblia* cysts with ozone. Applied and Environmental Microbiology, 48(3), 671-672.

44. Zimmer, J.L., Slawson, R.M., Huck, P.M. (2003). Inactivation and potential repair of *Cryptosporidium parvum* following low-and medium-pressure ultraviolet irradiation. Water Research, 37(14), 3517-3523.

45. 농림축산식품부, 2017. 2017 가공식품 세분시장 현황. http://www.mafra.go.kr

46. 식품안전나라, 2020. 식중독 통계. https://www.foodsafetykorea.go.kr

47. 식품의약품안전처, 2016. 식중독 원충의 검사법 개선연구. http://www.nifds.go.kr

48. 질병관리본부, 2019. 장관감염 원충 표본감시 현황, 2015-2018. https://www.cdc.go.kr

49. 한국농촌경제연구원, 2020. 신선편이 과일 · 채소 시장 변화와 대응과제. http://www.krei.re.kr