pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 37, No. 2, pp. 87~96 (2022)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.2.87

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

즉석섭취 신선편의 절단 과일 및 채소의 원충류 및 병원성 식중독균의 미생물학적 품질 실태 연구

전지혜 · 노준혜 · 이채림 · 김근향 · 이정연 · 윤기선*
경희대학교 식품영양학과

Microbial Qualities of Parasites and Foodborne Pathogens in Ready to Eat (RTE) Fresh-cut Produces at the On/Offline Markets

Ji Hye Jeon, Jun Hye Roh, Chae Lim Lee, Geun Hyang Kim, Jeong Yeon Lee, Ki Sun Yoon*
Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University, Seoul, Korea

(Received March 11, 2022/Revised April 18, 2022/Accepted April 19, 2022)

ABSTRACT - Recently, the purchase of fresh-cut produce and meal kits has increased. Ready-to-eat (RTE) fresh-cut products have potentially hazard of cross-contamination of various microorganisms in the processes of peeling, slicing, dicing, and shredding. There are frequent cases of protozoa food poisoning, such as *Cyclospora* and *Cryptosporidium,* caused by fresh-cut products. The objective of the study is to investigate the microbiological qualities of various types of RTE fresh-cut products in the domestic on/offline markets. RTE fresh-cut fruits cup (n=100), fresh-cut vegetables (n=50), and vegetables in meal kits (Vietnamese spring rolls and white radish rolls kits, n=50) were seasonally analyzed. The contamination levels of hygienic indicator organisms, yeast and mold (YM), and foodborne pathogens (*Bacillus cereus, Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Salmonella spp.,* and *Escherichia coli* O157:H7) were monitored. Overall, the lowest microbiological qualities of meal kits vegetables were observed, followed by RTE fresh-cut fruits cup and fresh-cut vegetables. Contamination levels of total aerobic bacteria, coliforms, and YM in meal kits vegetables were 5.91, 3.90, and 4.71 logs CFU/g, respectively. From the qualitative analysis, 6 out of 200 RTE fresh-cut products (3%) returned positive result for *S. aureus*. From the quantitative analysis, the contamination levels of *S. aureus* in purple cabbage from a meal-kit and fresh-cut pineapple were below the acceptable limit (100 CFU/g). Staphylococcus enterotoxin *seg* and *sei* genes were detected in RTE fresh-cut celery and red cabbage from meal-kits, respectively. *S. aureus* contamination must be carefully controlled during the manufacturing processes of RTE fresh-cut products. Neither *Cyclospora cayetanensis* nor *Cryptosporidium parvum* was detected in the samples of RTE fresh-cut products and vegetables from meal-kits from the Korean retail markets.

Key words: Fresh-cut fruit cup, Fresh-cut vegetable, Meal kit, Pathogens, Parasites

핵가족의 보편화, 소비자들의 편이성 추구, 건강한 식생활 추구, 1인 가구 증가 등으로 인한 사회구조의 변화가 단순 가공 농산물의 장점들과 맞물리면서 신선편의 식품의 소비가 증가하고 있다. 신선편의 식품 국내 시장 규모는 2008년부터 연평균 22.9%씩 증가하였으며, 2020년에는 1조 1369억 원에 달할 것으로 전망되었다[1]. 신선편의 식품은 농·임산물을 세척, 박피, 절단 또는 세절 등의 가공공정을 거치거나 이에 단순히 식품 또는 식품첨가물을 가한 것으로서 그대로 섭취할 수 있는 샐러드, 새싹채소 등의 식품을 말한다[2]. 최근 신선편의 과일 산업은 별도의 조리과정 없이 바로 먹을 수 있게 소포장된 상품(멜론, 수박 등 과채류 포함)에 대한 바쁜 현대인들의 소비가 증가하고 있어 편의점 업계에서 다양한 컵 과일과 과일 도시락 개발이 증가하고 있다[3]. 또한 최근 별도의 세척 과정 없이 바로 섭취할 수 있는 절단 채소 형태의 신선편의 식품과 즉시 조리 가능하도록 전처리(절단)된 채소를 포함하는 밀 키트(meal kit)의 생산과 소비가 증가하고 있어 섭

*Correspondence to: Ki Sun Yoon, Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Kyung Hee University, Seoul 02447, Korea
Tel: +82-2-961-0264, Fax: +82-2-961-0261
E-mail: ksyoon@khu.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

취 단계에서 각별한 주의가 요구된다.

미국 CDC (Centers for Disease Control and Prevention) 자료에 의하면 최근 10년간(2011-2021년) 신선 농식품과 관련된 식중독 발생원인 균은 주로 살모넬라, 장출혈성 대장균(*Escherichia coli* O157:H7), 리스테리아 모노사이토제네스 등이 있으며, 원인식품에는 채소류에서 새싹채소, 로메인 상추, 양파, 오이, 당근, 토마토, 양상추 등과 과일류에서 멜론, 파인애플, 포도, 망고, 파파야, 절단 과일 등이 있다[4]. 지난 2020년에도 팽이버섯에 오염된 리스테리아 모노사이토제네스에 의해 36명 감염되었으며, 잎이 많은 채소 섭취로 인해 장출혈성 대장균에 감염된 환자 수는 40명, 2021년에는 포장된 샐러드에 오염된 장출혈성 대장균으로 총 10명이 감염된 것으로 보고되었다[5-7]. 이와 같이 식중독 사고 중 신선편의 식품과 관련 사례는 매년 보고되고 있어 신선편의 식품의 안전한 생산 및 유통관리가 매우 중요하다. 국내에서도 백화점, 대형마트 등에서 판매되는 즉석 섭취용 샐러드 제품에서 대장균, 살모넬라, 황색포도상구균 등의 병원성 미생물이 검출되었다[8]. 또한 최근 유통 중인 어린잎 채소의 미생물 오염도 조사 결과에 따르면 대장균과 황색포도상구균이 검출되었는데 여름철에 수거한 시료에서 오염도가 높은 것으로 보고되었다[9]. 따라서 최근 섭취가 증가된 다양한 신선편의 절단 과일 및 채소의 경우 유해 미생물이 육류 등에 비해 상대적으로 적음에도 불구하고 별도의 가열조리 없이 섭취되고 있어 이들에 대한 안전성 확보가 매우 필요한 실정이다. 또한 국외에서는 신선편의 식품에서의 원포자충 및 와포자충과 같은 원충류에 의한 식중독 사고가 빈번하게 발생하고 있다[10,11]. 따라서 국내에서도 생산과 소비가 증가하고 있는 신선편의 절단 과일, 절단 채소 및 밀 키트에 포함되어있는 절단 채소에 대해 병원성 식중독 균 뿐만 아니라 원포자충 및 와포자충과 같은 원충 류 오염실태 조사가 필요한 실정이다.

현재 국내 신선편의 식품의 미생물학적 기준규격은 대장균 n=5, c=1, m=10, M=100, 황색포도상구균은 1 g당 100이하, 장출혈성 대장균과 살모넬라는 250 g에서 음성, 바실러스 세레우스는 1 g당 1,000이하로 규정하고 있다[2]. 본 연구에서는 식물성 신선편의 식품 중 최근 생산, 소비가 증가하고 있고 즉석으로 섭취하는 절단 과일, 절단 채소 및 월남 쌈 등과 같은 밀 키트에 포함되어있는 즉석 섭취 절단 채소를 대상으로 식중독을 유발할 수 있는 주요 병원성 미생물을 분석하여 신선편의 절단 과일 및 채소의 미생물학적 오염실태를 확인하여 안전한 생산 및 유통에 기여하고자 한다.

Materials and Methods

실험 재료

본 연구에서는 신선편의 식품 중 즉석섭취 절단 과일은 서울 동대문구에 위치한 대형마트, 편의점, 카페테리아 및 온라인 마트 등에서 판매되는 컵 과일을 구입하여 분석하였다. 과일의 경우 계절별로 판매되는 종류가 차이가 있는 점을 고려하여 판매 시기별로 2-3월, 4-5월, 6-7월, 8-10월에 각각 25건씩 총 100건의 시료를 구입하여 미생물 분석을 실시하였다. 절단 채소는 서울 동대문구에 위치한 대형마트와 온라인 마트에서 판매되는 즉석섭취 절단 당근 및 셀러리 등을 모니터링 대상 시료로 선정하여 총 50건의 시료를 분석하였다. 밀 키트의 채소는 소비자가 별도의 조리과정 없이 그대로 섭취할 수 있도록 포장된 월남 쌈, 무 쌈 등의 밀 키트에 포함된 절단된 양파, 파프리카, 적색 양배추 등의 채소 제품으로 총 50건의 시료를 구입하여 분석하였다(Table 1).

위생지표 세균의 정량분석

시료의 일반세균수, 대장균군 및 대장균의 정량적 분석 방법은 식품공전법[12]에 따라 진행되었다. 시료 25 g을 취하여 225 mL의 0.1% 멸균된 peptone water (BD, Sparks, MD, USA)을 가한 후 균질기(Bag Mixer 400, Interscience, St Nom la Bretèche, France)에서 2분간 균질화 하였다. 제조된 시험용액 1 mL를 9 mL의 멸균된 0.1% peptone water에 넣고 10배씩 단계 희석하였다. 일반세균수 정량적 분석은 희석 액 1 mL를 일반세균 건조필름배지(AC 3M Petrifilm™, 3M, Saint Paul, MN, USA)에 2매씩 분주한 후 35°C에서 48시간 배양하였다. 배양 결과 petrifilm에 생성된 붉은 집락 수를 계수하고 희석배수를 곱하여 colony-forming unit (CFU)/g 으로 나타내었다. 대장균 및 대장균군의 정량분석은 제조된 시험용액 1 mL를 각각 *E. coli*/coliform 건조필름배지(EC/CC, 3M)에 2매씩 분주한 후, 37°C에서 48시간 배양하였다. 배양 결과 petrifilm에 생성된 푸른 집락 중 주위에 기포를 형성한 것을 대장균 양성으로, 붉은색 집락 중 주위에 기포를 형성한 것을 대장균군으로 간주하여 집락수를 계수하고 희석배수를 곱하여 산출하였다. 효모 및 곰팡이의 정량적 분석은 희석 액 1 mL를 효모 및 곰팡이 건조필름배지(YM, 3M)에 2매씩 분주한 후, 25°C에서 72시간 배양 후 petrifilm에 생성된 푸른색, 검은색, 노란색의 집락 수를 계수하고 희석배수를 곱하여 산출하였다.

병원성 식중독균의 분석

황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*) 정성 및 정량 분석

시료 25 g을 취하여 225 mL의 10% NaCl을 첨가한 Tryptic soy broth (TSB, MB Cell, Seoul, Korea)를 가한 후 균질기에서 2분간 균질화 하였다. 정성분석을 위해서 시험용액을 36°C에서 24시간 증균 배양한 후 배양액을

Baird-Parker agar (BPA, MB Cell)에 분주하여 36°C에서 48시간 배양하였다. 정량분석을 위해서는 시험용액 1 mL를 9 mL의 멸균된 0.1% peptone water에 넣고 10배씩 단계 희석하여 희석 액을 BPA 3장에 총 분주한 양이 1 mL가 되도록 도말한 후 36°C에서 48시간 배양하였다. 배양 결과 BPA에 생성된 투명한 띠로 둘러싸인 광택의 검정색 집락 수를 계수하고 5개 이상의 전형적인 집락을 선별하여 확인시험을 실시하였다. 확인시험은 분리 배양된 집락을 Nutrient agar (NA, MB Cell)에 옮겨 36°C에서 24시간 배양한 후 coagulase 시험을 실시하였다.

샘플에서 분리된 Staphylococcal enterotoxins (SEs) 검출하기 위한 PCR 분석은 PowerCheck™ Staphylococcus aureus Toxin ID Detection PCR Kit (Kogenebiotech Co. Ltd., Seoul, Korea)를 사용하였다. 분리된 *S. aureus* 로부터 DNA 주형을 준비하기 위해 NA에 스트리킹하고 37°C에서 24시간 동안 배양하였다. 배양 후 NA에서 3-5개의 콜로니를 멸균된 1 mL 증류수에 희석하여 10,000 rpm에서 10분간 원심분리(Smart R17 Plus, Hanil Scientific Inc., Gimpo, Korea)한 후 남은 pellet에 멸균된 증류수 500 μL 가하여 10,000 rpm에서 10분간 다시 원심분리 하였다. 상층 액을 버리고 남은 pellet에 200 μL의 멸균된 증류수를 가하여 혼합 후 현탁액을 100°C에서 10분간 Heating block (D1100-PS-PopStopper™, Labnet, Labnet International Inc., Edison, NJ, USA)에서 열처리한 후 다시 12,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였으며, 상층 액을 PCR의 주형 DNA으로 사용하였다. PCR 증폭기 (Thermocycler, SensoQuest, Göttingen, Germany)를 사용하여 추출한 주형 유전자를 95°C에서 10분간 1 cycle preheat 단계를 진행하고 cycling stage에서는 95°C에서 30초 동안 denaturation, 58°C에서 30초 annealing, 72°C에서 30초 extension하는 과정을 32 cycles 반복 후 최종 extension은 72°C에서 10분간 진행하였다. 증폭한 PCR 최종산물은 1% agarose에 전기영동한 후 ethidium bromide로 염색 후 UV transillumination (WUV-M10, DAIHAN Scientific Co., Ltd., Wonju, Korea)에 의해 확인하였다.

바실러스 세레우스(*Bacillus cereus*) 정성분석

시료 25 g을 취하여 225 mL의 0.1% peptone water와 함께 균질기에서 2분간 균질화 하였다. 제조된 시험용액 1 mL를 9 mL의 멸균된 0.1% peptone water에 넣고 10배씩 단계 희석하여 희석 액을 Mannitol-Yolk-Polymyxin B agar (MYP agar, MB Cell)에 분주한 후 30°C에서 24시간 배양하였다. 배양 결과 MYP agar에 생성된 혼탁한 환을 갖는 분홍색 집락이 있는 경우 선별하여 확인시험을 실시하였다.

살모넬라(*Salmonella spp.*) 정성분석

시료 25 g을 취하여 225 mL의 0.1% peptone water와 함께 균질기에서 2분간 균질화 후 시험용액을 36°C에서 24시간 배양한 후 10 mL의 Tetrathionate broth (TT, Oxoid, Hampshire, England)에 배양액 1 mL를 분주하여 36°C에서 24시간 동안 증균 배양하였다. 또한 10 mL의 Rappaport-Vassiliadis broth (RV, Oxoid)에 배양액 0.1 mL를 분주하여 41.5°C에서 24시간 동안 증균 배양하였다. 증균 배양한 배양액을 Xylose Lysine Deoxycholate agar (XLD agar, MB Cell)에 분주하여 36°C에서 24시간 배양 후 의심집락이 확인되는 경우 확인시험을 진행하였다.

리스테리아(*Listeria monocytogenes*) 정성분석

시료 25 g을 취하여 225 mL의 Listeria enrichment broth (LEB, MB Cell)와 함께 균질기에서 2분간 균질화 후 30°C에서 48시간 배양하였다. 배양액 0.1 mL를 취하여 Fraser Listeria 배지 10 mL에 접종하여 37°C에서 24시간 2차 증균을 실시하였다. 증균 배양한 배양액을 Polymyxin Acriflavin LiCl Ceftazidime Esculin Mannitol agar (PALCAM agar, Oxoid)에 분주하여 30°C에서 48시간 배양하였다. 의심집락이 확인되면 이를 0.6% yeast extract가 포함된 TSA agar에 접종하여 30°C에서 24시간 배양 후 hemolysis, motility, catalase, CAMP test 등을 실시하였다.

장출혈성 대장균(*Enterohemorrhagic E. coli*) 정성분석

시료 25 g을 취하여 225 mL의 Modified tryptic soy broth (mTSB, MB Cell)을 가한 후 균질기로 2분간 균질화 후 37°C에서 24시간 증균 배양하였다. 장출혈성 대장균의 분리를 위해 배양액을 Tellurite Cefixime-Sorbitol MacConkey

Table 1. Monitoring samples of ready-to-eat (RTE) fresh-cut produces

Classification	Retail market	Kind of samples	Number of samples
Fresh-cut mixed fruit cup	convenience store, offline market, cafeteria etc.	pineapple, cherry tomato, apple, grape, green grape, mandarine, strawberry, watermelon, melon, plum, tomato, pear	100
Fresh-cut vegetables	offline and online market	iceburg lettuce, salary, carrot, cherry tomato	50
Vegetables in meal kits (Vietnamese spring rolls and radish rolls kits)	offline and online market	carrot, white and purple cabbage, cherry tomato, onion, paprika	50
Total			200

agar (TC-SMAC, MB Cell)와 BCIG agar (MB Cell)에 4시간 배양하였다. 확인시험을 위해 TC-SMAC agar에서는 sorbitol을 분해하지 않은 무색집락을, BCIG agar에서는 청록색 집락이 있을 경우 각 5개 이상을 취하여 NA에 옮겨 37°C에서 24시간 배양하였다. 전형적인 집락이 5개 이하일 경우 취할 수 있는 모든 집락에 대하여 확인시험을 실시하였다.

원포자충(*Cyclospora cayetanesis*) 오염분석

신선편의 절단 과일 및 채소류에서 원포자충의 오염분석은 식품의약품안전처 시험법[13]에 따라 수행하였다. 신선편의 절단 과일류는 50-100 g, 신선편의 절단 채소류는 200-250 g를 취하여 두 겹의 지퍼백(Cleanwrap Inc., Seoul, Korea)에 넣고, 시료가 충분히 잠길 수 있도록 2-3배 용량의 0.1% liquinox (Alconox Inc., White Plains, NY, USA) 가 포함된 0.01 M Phosphate-buttered saline (PBS, pH 7.4) 용액에 넣었다. 시료를 Orbital shaker (NB-101M, N-BIOTECK, Bucheon, Korea)를 이용하여 실온에서 15분씩 시료를 뒤집어가며 30분간 흔들었다. 그 후 실험용액은 200-250 μm 크기의 체에 걸러 Conical tube에 넣고 8,000 rpm에서 20분간 원심분리(Avanti JXN-26, Beckman Coulter, Brea, CA, USA) 후 상층 액을 제거하였다. 침전물을 다시 500-1,500 mL의 0.01 M PBS를 넣고 15분간 세척 후 세척액을 250 mL 원심분리용병에 다시 넣고 8,000 rpm에서 원심분리한 후 상층 액을 조심스럽게 제거하였다. 침전물에 0.01 M PBS 40 mL를 넣어 부유시켜 50 mL tube에 옮겨 2,500 rpm에서 20분간 원심분리(VS-550, Vision, Daejeon, Korea)한 다음 상층 액을 조심스럽게 제거하였다. 최종 침전물에 0.01 M PBS 1 mL를 넣어 부유시켜 1.5 mL tube에 옮겨 5,000 rpm에서 10분간 원심분리(Smart R17 Plus, Hanil Scientific Inc.)한 후 상층 액을 제거하였다. 침전물에 0.01 M PBS 200 μL를 넣은 후 1.5 mL tube 2개에 100 μL씩 담아 QIAamp DNA mini kit (Qiagen, Hilden, Germany)를 사용하여 DNA를 추출하였다. PCR 분석을 위한 반응 액은 12.5 μL Universal master mix II with UNG(2x), 1 μL forward primer, 1 μL reverse primer, 5.5 μL distilled water, 5 μL LaboPass™ 6x Loading Buffer (Cosmogenetech, Seoul, Korea), 5 μL Template DNA 이였다. 반응 액은 conventional PCR (LabCycler, SensoQuest, Göttingen, Germany)을 이용하여 50°C에서 2분간 UNG incubation (1 cycle) 시킨 후, 95°C에서 10분간 denaturation (1 cycle) 시켰다. Cycling stage에서는 95°C에서 15초간 annealing하고, 60°C에서 1분간 extension하는 과정을 40 cycles 반복한 후 마지막으로 72°C에서 5분간 1 cycle Final extension을 진행하였다. 증폭한 최종 반응 액 10 μL를 취하여 1% agarose gel로 100 V, 25분간 전기영동을 실시하여 ethidium bromide로 염색 후 UV Transilluminator (WUV-M10, DAIHAN Scientific Co., Ltd.)로 반응생성물을 확인하였다.

작은와포자충(*Cryptosporidium parvum*) 오염분석

작은와포자충의 오염분석도 원포자충과 같이 유전자검출시험법[13]으로 진행하였으며 확인시험은 Real-Time PCR을 이용하여 실시하였다. DNA 추출은 PowerChek™ *C. parvum* Real-time PCR Kit (Kogenebiotech Co., Ltd)를 사용하였으며, 혼합 반응 액은 15 μL *C. parvum* Real-Time PCR Premix, 5 μL Template DNA를 사용하였다. 샘플은 QuantStudio 6 Flex Real-Time PCR System (ThermoFisher Scientific, Waltham, MA, USA) 에서 50°C에서 2분간 첫 번째 배양 후, 95°C에서 10분간 denaturation 시켰으며 Cycling stage에서는 95°C에서 15초간 annealing하고, 60°C에서 1분간 extension하는 과정을 35 cycles 반복하였다. 원포자충(*C. cayetanesis*), 작은와포자충(*C. parvum*) PCR 분석을 위한 Primer 염기서열은 다음 Table 2와 같다.

Results and Discussion

신선편의 절단 과일 및 채소류에서 위생지표세균의 오염 수준

대형마트, 편의점, 카페테리아 및 온라인 마트 등에서 판매되는 100건의 절단 컵 과일의 평균 수분활성도(Aw)와 pH는 각각 0.944±0.003, 4.02±0.54 이였으며, 위생지표세균의 오염실태 분석 결과는 다음 Table 3과 같다. 본 연구에서 계절별로 수집한 100건의 절단 컵 과일 시료의 일반세균 오염도는 2-3월은 2.49±1.17 log CFU/g, 4-5월은 1.81±0.60 log CFU/g, 6-7월은 3.80±0.97 log CFU/g, 8-10월은 4.28±1.63 log CFU/g으로 평균 오염 수준은 3.10±1.14

Table 2. Primers used to detect *C. cayetanesis* and *C. parvum* in RTE fresh-cut produces

Parasites	Sequences (5'→3')	Primers conc. (nM)	Volume (μL)
Cyclospora *cayetanesis*[1)]	(F) GCA TGG AAT AAT AAG ATA GGA CC	500	1
	(R) CGC AGT AGT TCG TCT TTA ACA AAT CTA AG	500	1
Cryptosporidium parvum[2)]	(F) CGC TTC TCT AGC CTT TCA TGA	500	1
	(R) CTT CAC GTG TGT TTG CCA AT	500	1

[1)]Used conventional PCR.
[2)]Used real-time PCR.

log CFU/g으로 나타났다. 절단 과일 중에는 8-10월에 수거한 사과에서 일반세균의 오염도가 4.95 log CFU/g으로 가장 높게 나왔는데 사과의 일반세균 오염도가 4.9 log CFU/g으로 보고 한 Tango 등[14]의 연구 결과와 일치하였다. 절단 컵 과일의 대장균군 오염 수준의 경우 2-3월은 1.16±1.54 log CFU/g, 4-5월에는 모두 검출되지 않았고, 6-7월은 1.75±1.25 log CFU/g, 8-10월은 2.25±1.26 log CFU/g으로 나타났으며, 평균 오염 수준은 1.28±0.96 log CFU/g으로 나타났다. 본 연구에서 수거한 절단 컵 과일에서 대장균군의 오염도는 높지 않았으나 전체 샘플의 48%에서 대장균군이 검출되었다. 효모 및 곰팡이 오염 수준의 경우 2-3월은 3.03±1.03 log CFU/g, 4-5월은 3.23±1.58 log CFU/g, 6-7월은 3.76±0.76 log CFU/g, 8-10월은 4.83±0.73 log CFU/g으로 평균 오염 수준은 3.71±0.81 log CFU/g으로 나타났다. 유통 중인 단순가공 농산물의 위생지표세균 및 식중독균 오염실태 조사연구[15]에서는 절단 수박, 절단 파인애플 등 단순 가공 과일류의 경우 평균 일반세균수는 6.2 log CFU/g, 평균 대장균군은 2.9 log CFU/g으로 보고되어 본 연구에서 조사한 즉석섭취 절단 컵 과일의 위생지표균의 오염도보다 높은 수준이었다. 본 연구에서는 6-7월, 8-10월에 구입한 절단 컵 과일의 위생지표세균의 오염 수준이 2-3월, 4-5월에 구입한 절단 과일의 위생지표세균의 오염 수준보다 비교적 높음을 보였다. 이는 기온의 영향으로 온도가 높고 낮음에 따라 채소류에서 위생지표세균의 오염도에 영향을 준 선행연구[16]와도 일치하는 경향이었다. 효모 및 곰팡이도 6-7월, 8-10월에 구입한 샘플에서 오염 수준이 높은 것으로 확인되었는데 스페인에서 유통 중인 신선한 과일이[17] 평균 3.6 log CFU/g 오염 수준으로 본 실험 결과와 비슷한 수치를 보였다. 포르투칼에서 진행된 68개의 절단 사과의 효모 및 곰팡이는 3.6-7.1 log CFU/g으로 주로 효모가 오염된 것으로 보고 되었다[18].

절단된 양배추, 상추, 셀러리, 당근, 방울토마토가 포함된 신선편의 절단 채소류 50건의 일반세균 오염 수준은 4.32±1.16 log CFU/g, 월남 쌈과 무 쌈 밀 키트 채소 50건에 포함되어있던 당근, 적색 양배추, 방울토마토, 양파, 파프리카 등의 일반세균은 5.91±1.08 log CFU/g으로 밀 키트에 포함된 절단 채소의 오염 수준이 신선편의 식품으로 판매되는 즉석섭취 절단 채소보다 높은 것으로 확인되었다(Table 3). 본 연구의 절단 채소의 일반세균의 오염수준은 즉석섭취 절단 농산물로 채소, 과일이 포함된 60건 시료에서 일반세균이 4.48 log CFU/g과 390건 신선편의 식품 시료에서 4.47 log CFU/g 오염수준을 보고한 선행연구[19,20]와 비슷한 경향을 보였다. 최근 Jeon 등[21]이 분석한 밀 키트의 절단 채소의 일반세균 오염도도 5.06 log CFU/g으로 보고되었으나 샤브샤브 밀 키트의 절단 채소의 경우 익혀서 먹는 채소로 큰 위험도가 없으나 본 연구에서 분석한 밀 키트 채소의 경우 가열처리 없이 먹게 되므로 생산단계에서 안전관리가 더욱 중요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 대장균군은 신선편의 절단 채소 50건 중 38건에서 검출되었으며(76%), 절단 당근, 셀러리 등의 신선편의 절단 채소에서 대장균군의 평균 오염 수준은 1.04±0.75 log CFU/g으로 나타났다. 50건의 월남 쌈과 무 쌈 밀 키트에 포함된 당근, 적색 양배추, 방울토마토, 양

Table 3. Microbial contamination levels of indicator bacteria in RTE fresh-cut produces

Classification	Samples collection	Contamination levels (log CFU/g)					
		Total aerobic bacteria	Coliforms		*E. coli*		Yeast & Mold
			Qualitative[1]	Quantitative	Qualitative	Quantitative	
Fresh-cut fruit cup	February to March	2.49±1.17	8/25	1.16±1.54	ND		3.03±1.03
	April to May	1.81±0.60	0/25	ND[2]			3.23±1.58
	June to July	3.80±0.97	19/25	1.75±1.25			3.76±0.76
	August to October	4.28±1.63	21/25	2.25±1.26			4.83±0.73
	Average	3.10±1.14	48/100 (48%)	1.28±0.96	ND		3.71±0.81
Fresh-cut vegetables	RTE fresh-cut vegetable	4.32±1.16	38/50	1.04±0.75	ND		2.78±0.97
	Vegetables in meal kits[3]	5.91±1.08	50/50	3.90±1.27			4.71±1.16
	Average	4.96±1.34	88/100 (88%)	2.27±1.74	ND		3.61±1.42

[1]Number of positive samples.
[2]ND: Not Detected.
[3]Vietnamese spring rolls and radish roll kits.

파, 파프리카 등 절단 채소에서도 모두 대장균군이 검출되었으며(100%), 밀 키트 채소에서 대장균군의 평균 오염수준은 3.90±1.27 log CFU/g으로 나타났다. 전반적으로 신선편의 절단 과일, 절단 채소보다 특히 밀 키트에 포함된 절단 채소에서 위생지표세균의 오염도가 높은 것으로 확인되었다. 2019년에 보고된 최근 연구[9]에서 봄에서 여름까지 국내마트에서 수거한 신선편이 새싹채소의 대장균군의 오염도도 3.60에서 5.59 log CFU/g의 범위인 것으로 보고되었는데 본 연구에서 분석한 신선편의 식품으로 절단 채소의 오염도보다는 높은 것으로 확인되었다. Song 등[20]의 연구에서도 신선편의 식품 시료 390개 중 53.1%의 시료에서 대장균군이 검출되었으며 평균 오염수준은 1.03±2.46 log CFU/g이었다. 샤브샤브 밀 키트에 포함된 절단 채소의 대장균군의 오염수준 2.33-2.87 log CFU/g으로 보고되었는데[21] 본 연구에서 분석한 월남 쌈 등의 밀 키트 절단 채소 대장균군의 오염도가 더 높은 것으로 확인되어 주의가 요망된다. 특히 본 연구에서 분석한 밀 키트의 절단 채소는 월남 쌈, 무 쌈 등에 포함된 채소로 소비자가 섭취하는 단계에서 일반적으로 가열처리 없이 바로 섭취하는 채소이므로 밀 키트에 포함된 채소류의 섭취 방법에 따라 생산단계에서 오염도를 낮출 수 있도록 안전한 위생관리가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 분석한 신선편의 절단 채소와 밀 키트에 포함된 절단 채소에서 효모 및 곰팡이의 평균 오염 수준은 각각 2.78±0.97 log CFU/g, 4.71±1.16 log CFU/g으로 나타났는데, 이는 100개의 신선편의 샐러드에서 효모 및 곰팡이의 오염수준이 0-2.68 log CFU/g라고 보고한 Bae 등[23]의 연구 결과보다 높은 오염도를 보였다. 그러나 Tango 등[14]의 연구에서 보고된 국내 마트에서 판매되는 180개 신선 농산물의 평균 효모 및 곰팡이의 오염도는 6.4 log CFU/g으로 본 연구에서 분석한 신선편의 절단 채소의 오염도보다 매우 높은 것으로 확인되었는데 이는 신선편의 샐러드 또는 즉석섭취 절단 채소의 경우 일반적으로 절단 전·후로 세척 소독의 공정이 있어 최종제품에서 미생물학적 품질을 높이는데 기여한 것으로 사료된다. 밀 키트에 포함되어있는 절단 채소의 경우도 가열처리 없이 섭취하게 되는 채소의 경우는 생산과정에서 세척 및 소독 공정을 중요관리지점(CCP)으로 관리하여 미생물에 의한 오염도를 낮추는 안전관리가 강조되어야 한다. 본 연구에서 분석한 절단 과일의 Aw와 pH는 평균 0.953±0.007, 5.71±0.73으로 절단 과일보다 Aw와 pH보다 높았으며 병원성 식중독균의 증식이 가능한 범위이므로 안전한 생산 공정이 강조되어야 할 것으로 사료된다.

대장균의 경우 본 연구에서 분석한 200건의 절단 컵 과일과 절단 채소에서 모두 대장균은 검출되지 않았으며 샤브샤브 밀 키트 채소에서 대장균이 검출되지 않은 최근 연구 결과와 일치하였다[21]. 현재 식품공전의 대장균의 규격은 신선편의 식품의 경우 1 g 당 10이하로 관리하고 있다. 2017년에 보고된 Song 등[20]의 연구에서는 390건의 신선편의 식품에서 34건이 기준을 초과한 것으로 보고되었는데 최근 생산되는 신선편의 식품 제조공정에서는 세척 소독 공정이 포함되어있어 대장균이 검출되지 않도록 하는데 기여했을 것으로 판단된다. 신선편의 식품이 아닌 국내 생산단계 농산물의 미생물학적 안전성을 조사한 Kim 등[22]의 연구에서는 당근, 셀러리, 양배추 등의 농산물 총 1,820개의 시료 중 651개(35.7%)에서 대장균 검출률은 0.6-16%로 보고되었다. 따라서 더 이상의 세척 과정 없이 소비자가 즉석으로 섭취하는 절단 컵 과일 및 절단 채소와 같은 신선편의 식품의 경우 소비가 증가하고 있어 제조공정 단계의 철저한 위생관리가 강조되어야 한다.

병원성 식중독균의 오염현황

대형마트, 편의점, 카페테리아 및 온라인 마트 등에서 구입한 절단 컵 과일, 절단 채소 및 월남 쌈과 무 쌈 밀 키트에 포함된 당근, 적색 양배추, 방울토마토, 양파, 파프리카 등의 절단 채소 200건의 병원성 식중독균 오염실태 분석 결과는 다음 Table 4와 같다. 본 연구에서 분석한 절단 컵 과일, 절단 채소 등에서 *L. monocytogenes*, *Salmonella spp., E. coli* O157:H7, *B. cereus*를 포함한 대표적 병원성 식중독균은 모두 검출되지 않았다(Data not shown). 그러나 4-5월에 수집한 절단 과일 중 파인애플에서 *S. aureus*가 검출되었으나 정량분석 결과 0.6 log CFU/g으로 즉석섭취·편의식품류의 *S. aureus* 규격(100 CFU/g) 이하로 나타났다. 파인애플에서 분리된 *S. aureus*가 장독소를 생성하는 균주인지를 PCR로 분석한 결과 분리된 균주는 non-enterotoxin 균주로 확인되었다. 국내에서 즉석섭취 식품으로 *S. aureus*가 오염된 197개의 샘플을 분석한 결과 50.25%의 샘플은 non-enterotoxin *S. aureus*인 것으로 보고되었다[24]. 반면 유통 중 과일의 미생물학적 오염현황을 정성 분석한 연구에서는 *B. cereus* (76.1%), *C. perfringens* (16.1%), *S. aureus* (2.8%)과 *E. coli* O157:H7 (0.6%) 순으로 검출률이 높았다[14]. 또한 캐나다 마트에서 유통판매 중인 즉석섭취 절단 과일과 채소에서는 전체 분석 샘플 중 0.51%가 *L. monocytogenes*인 것으로 보고되었다[25].

본 연구에서 조사한 신선편의 절단 채소 50건 중 *S. aureus* 정성분석 결과 절단 채소 셀러리 1건과 50건의 밀 키트에 포함된 절단 채소인 적색 양배추 2건, 파프리카 2건에서 *S. aureus*가 양성으로 확인되었다. 그러나 *S. aureus*에 대해 정량분석 결과 절단 채소 셀러리 1건, 적색 양배추 1건은 음성 이였으며 적색 양배추 1건은 *S. aureus*의 오염 수준이 4.8 CFU/g이었으나 우리나라 식품공전에서 규정하고 있는 즉석섭취·편의식품류의 *S. aureus* 규격(100 CFU/g) 이하임을 확인하였다(Table 4). 또한 밀 키트 채소인 파프리카 2건은 검출한계 이하로 확인되었다. Kim 등[8]

Table 4. Contamination levels of *S. aureus* in RTE fresh-cut produces

Classification	Samples collection	*S. aureus*	
		Qualitative[1)]	Quantitative
Fresh-cut fruit cup	February to March	0/25	ND[2)]
	April to May	1/25	1/25 (0.6 log CFU/g)
	June to July	0/25	ND
	August to October	0/25	ND
Fresh-cut vegetables	RTE fresh-cut vegetable	1/50	ND
	Vegetables in meal-kits[3)]	4/50	1/50 (4.8 CFU/g)
	Total detection rate	6/200 (3%)	2/200 (1%)

[1)]Number of positive samples.
[2)]ND: Not Detected.
[3)]Vietnamese spring rolls and radish roll kits.

의 연구에서도 국내 유통 중인 즉석 섭취용 샐러드 제품에서 *S. aureus*가 3건, Bae 등[23)]이 수거한 100개의 즉석섭취 절단 채소 중 5개의 샘플에서 *B. cereus* 검출이 보고되었다. 여름에 국내 마트에서 수거한 새싹채소 63개 샘플에서도 *S. aureus, Salmonella spp., E. coli* O157:H7이 검출되지 않았으나 봄에 수거한 79개 샘플 한 개에서 *S. aureus*가 검출되었다[9)]. 국내에서 최근 보고된 유통단계에서의 혼합채소 샐러드 및 신선과일에서의 식중독 세균을 분석한 연구에서도 모든 시료에서 *S. aureus, B. cereus, L. monocytogenes, Salmonella spp.* 검출되지 않았지만 *E. coli*의 경우 혼합채소 샐러드 27점 중 3점에서 평균 1.38 log CFU/g으로 검출이 보고되어 신선편의 식품 생산현장에서의 미생물학적 안전관리가 강조되었다[26)]. 본 연구와 선행연구의 결과를 종합적으로 분석했을 때 즉석섭취 절단 채소류에서 가장 일반적으로 검출되는 병원성 식중독균은 *S. aureus, E. coli, B. cereus*인 것으로 나타났으며 *L. monocytogenes, Salmonella spp., E. coli* O157:H7 등의 병원성 식중독균은 검출되지 않는 것으로 확인되었다.

절단 채소에서 검출된 *S. aureus*의 독소 유전자 확인을 위해 PCR을 사용하여 분석한 결과 절단 채소 셀러리와 밀 키트 채소로 포함된 적색 양배추에서 분리된 균이 각각 *seg*와 *sei* 독소 유전자였으나 밀 키트 채소인 파프리카는 독소를 형성하지 않는 균주로 확인되었다. 국내에서는 Staphylococcal enterotoxins A (SEA)이 주로 식중독을 일으키며 *seg*와 *sei* 독소 유전자는 식중독을 일으키지 않는 균으로 알려져 있다. 국내에서 분석한 345개의 최소가공 채소류(minimally processed vegetables) 샘플 중 40개(11.6%) 샘플에서 *S. aureus*가 검출되었다. 그중 23개에서 *sea* 유전형이 확인되었으며 그 다음은 *sei, seg*인 것으로 보고되었다[27)]. 또한 국내 즉석섭취 식품에서 가장 빈번하게 분리되는 독소 유전형은 *seg*와 *sei*이고 그 다음으로 *sea*가 분리되는 것으로 보고되었다[24)]. 본 연구와 선행연구 결과에 따르면 채소류에서 오염수준은 낮으나 주로 분리되는 독소 유전자는 *sea*보다는 *seg*와 *sei*인 것으로 판단된다. 최근 밀 키트 시장이 급속도로 성장하고 있고 매우 다양한 제품들이 소개되고 있다. 밀 키트 채소의 경우 주로 가열처리해서 먹는 경우가 많이 있으나 월남 쌈, 무 쌈 등에 포함된 비가열 채소류에 대해서는 생산단계에서 각별히 주의가 요구된다.

원포자충 및 작은 와포자충 오염현황

절단 채소 20건, 절단 과일은 판매 시기별로 2-3월은 10건, 4-5월은 10건, 6-7월은 10건, 8-10월은 5건을 포함하여 총 55건의 신선편의 절단 과일 및 채소에 대한 원포자충 및 작은와포자충 오염실태를 분석하였다(Fig. 1). 본 연구에서 분석한 신선편의 절단 채소 및 과일에서는 원충류가 모두 불검출 되었지만, Hong 등[28)] 연구에서는 토양과 블루베리 등 34개의 샘플 중 11개(32.4%) 샘플에서 작은와포자충이 검출되었다. Sim 등[29)]은 양배추, 블루베리, 방울토마토 등 404개의 신선 농산물에서 작은와포자충은 31개(7.7%), 원포자충은 5개(1.2%)가 검출되었다고 보고하였다. 국내에서도 농산물에서 원포자충, 작은와포자충과 같은 원충류가 검출되는 것을 고려할 때, 본 연구의 대상 샘플과 같이 즉석섭취 절단 과일 및 채소의 경우 세척 소독 공정이 효과적으로 병원성 식중독균 뿐만 아니라 원충류의 저감화에도 효과가 있는 지에 대한 연구도 필요하다. 또한 건강상의 이유로 최근 신선한 과일 및 채소류의 섭취가 증가하고 있으므로 본 연구의 대상 샘플인 신선편의

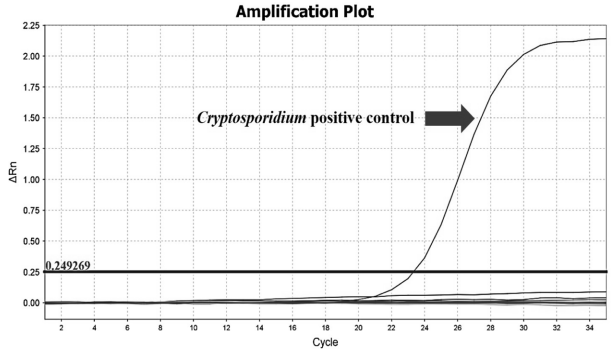

Fig. 1. Real-Time PCR result of *Crypotosporidium* in RTE fresh-cut produces

절단 과일, 채소류에서는 검출되지 않았으나 국내에서도 지속적으로 원충류의 오염현황에 대한 모니터링이 필요할 것으로 사료된다.

국외에서는 원포자충은 지속적으로 신선편의 식품에서 검출되는 것으로 보고되고 있다. 미국에서는 2020년에 신선한 절단 농산물에서 원포자충, 작은와포자충 오염으로 식중독 발생이 보고되었다[30]. 이탈리아에서 생산되는 즉석섭취 샐러드에서 648건 중 8건(1.3%)에서 원포자충이 검출[10]되었으며 원포자충은 에티오피아 현지 시장에서 판매하는 신선한 과일과 채소 360건 중 25건(6.9%)에서 검출되었다[31]. 신선편의 절단 과일 및 채소는 전 세계적으로 건강상의 이점, 편리성으로 인해 소비자들에게 큰 인기를 얻고 있다. 그러나 제품 특성상 전처리 과정에서 다양한 미생물의 교차 오염 가능성이 있는 잠재적으로 위험한 식품이다. 본 연구 결과를 종합해 볼 때 제품 그대로 섭취할 수 있는 신선편의 식품에서 대표적인 병원성 식중독균은 검출되지 않았지만 *S. aureus*는 검출될 수 있는 가능성이 있음을 확인하였다. 신선편의 즉석섭취 과일, 채소류의 경우 가열처리 없는 공정 단계를 거치게 되므로 공정과정에서 지속적인 미생물학적 품질관리가 필요하다. 따라서 품질에 변화를 주지 않고 생물학적 위해요소를 제거해 안전성을 보장할 수 있는 최신기술을 활용한 저감화 연구가 필요할 것이라고 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 2020년도 식품의약품안전처(20162 위생안 012) 지원에 의하여 이루어진 것이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

국문요약

본 연구에서는 온라인 및 오프라인 마켓에 유통 중인 100건의 신선편의 절단 과일을 계절별로 수집하고 50건의 신선편의 절단 채소와 50건의 밀 키트(월남 쌈 및 무 쌈) 내 절단 채소에 대하여 위생지표세균, 효모 및 곰팡이를 정량적으로 분석하였으며, 5개의 식중독균(*B. cereus, S. aureus, L. monocytogenes, Salmonella spp., E. coli* O157:H7)을 정성 및 정량적으로 분석하였다. 전체적으로 밀 키트 채소의 일반세균, 대장균군, 효모 및 곰팡이의 평균 오염수준이 신선편의 절단 채소 및 절단 컵 과일보다 높은 것으로 나타났다. 대장균은 두 식품 유형에서 모두 검출되지 않았으며 병원성 식중독균의 경우, *S. aureus*만 총 200건 중 6건이 검출되었는데(3%), 절단 과일 중 파인애플 1건에서 *S. aureus*가 0.6 log CFU/g로 검출이 되었고, 분리된 균주는 non-enterotoxin인 것으로 확인되었다. 신선편의 절단 채소 중 절단 채소 셀러리에서 1건, 밀 키트 채소 4건에서 *S. aures* 정성 검출되었으나, 정량적 분석 결과 밀 키트 채소인 적색 양배추 1건에서만 4.8 CFU/g 오염수준을 확인 하였으나 즉석섭취·편의식품류의 *S. aureus* 규격(100 CFU/g) 이하임을 확인하였다. 절단 채소에서 검출된 *S. aureus*의 독소형을 분석한 결과 셀러리와 적색 양배추에서 분리된 균이 각각 *seg* 와 *sei* 독소형임을 확인하였다. 따라서 절단 채소 제품 공정에서, 특히 밀 키트 채소에서의 황색포도상구균의 오염에 대하여 더 엄격한 관리방안이 필요한 것으로 확인되었다. 본 연구에서 분석한 50여종의 신선편의 식품과 밀 키트 제품에서는 모두 원포자충 및 작은와포자충은 검출되지 않았으나 원충류에 의한 식중독 사고를 예방하기 위해 신선편의 식품의 세척 과정에 대한 지속적인 주의가 필요할 것으로 사료된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Ji Hye Jeon https://orcid.org/0000-0003-0699-0837
Jun Hye Roh https://orcid.org/0000-0002-3046-8355
Chae Lim Lee https://orcid.org/0000-0002-0136-4012
Geun Hyang Kim https://orcid.org/0000-0003-3948-6469
Jeong Yeon Lee https://orcid.org/0000-0001-5061-3970
Ki Sun Yoon https://orcid.org/0000-0002-7492-4076

References

1. Korea Rural Economic Institute (KREI)., (2020, February 18). Research on Fresh-cut Fruits and Vegetables. Retrieved from http://www.krei.re.kr/eng/researchReportView.do?key=355&pageType=010101&biblioId=522067&pageUnit=10&searchCnd=all&searchKrwd=&pageIndex=8&engView=Y

2. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS)., (2021a, August 29). Standards and specifications for food. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/03_02.jsp?idx=63
3. Food Information Statistic System (FISS)., (2017, August 29). Status of processed food segment markets 2016-convenience food market. Retrieved from http://www.atfis.or.kr/
4. Centers for Disease Control and Prevention (CDC)., (2021a, August 29). List of Selected Outbreak Investigations, by Year. Retrieved from https://www.cdc.gov/foodsafety/outbreaks/multistate-outbreaks/outbreaks-list.html/
5. Centers for Disease Control and Prevention (CDC)., (2020a, August 29). Outbreak of *L. monocytogenes* Infections Linked to Leafy Greens. Retrieved from https://www.cdc.gov/foodsafety/outbreaks/multistate-outbreaks/outbreaks-list.html/
6. Centers for Disease Control and Prevention (CDC)., (2020b, August 29). Outbreak of *E. coli* O157:H7 Infections Linked to Leafy Greens. Retrieved from https://www.cdc.gov/ecoli/2020/o157h7-10-20b/index.html
7. Centers for Disease Control and Prevention (CDC)., (2021b, August 29). *E.coli* O157:H7 Outbreak Linked to Packaged Salads. Retrieved from https://www.cdc.gov/foodsafety/outbreaks/multistate-outbreaks/outbreaks-list.html/
8. Kim, J.S., Bang, O.K., Chang, H.C., Examination of microbiological contamination of ready-to-eat vegetable salad. *J. Food Hyg. Saf.,* **19,** 60-65 (2004).
9. Kim, S.R., Chu, H.J., Yi, S.W., Jang, Y.J., Shim, W.B., Hung, N.B., Kim, W.I., Kim, H.J., Ryu, K.Y., Investigation of hazardous microorganisms in baby leafy vegetables collected from a Korean market and distribution company. *J. Food Hyg. Saf.,* **34**, 526-533 (2019).
10. Caradonna, T., Marangi, M., Del Chierico, F., Ferrari, N., Reddel, S., Bracaglia, G., Normanno, G., Putignani, L., Giangaspero, A., Detection and prevalence of protozoan parasites in ready-to-eat packaged salads on sale in Italy. *Food Microbiol.,* **67**, 67-75 (2017).
11. Centers for Disease Control and Prevention (CDC)., (2021c, August 29). List of Selected Outbreak Investigations, by Pathogen (Other Pathogens). Retrieved from https://www.cdc.gov/foodsafety/outbreaks/multistate-outbreaks/outbreaks-list.html/
12. Ministry of Food and Drug Safety., (2021b, August 29). Korea Food Code. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=362
13. Ministry of Food and Drug Safety., (2018, August 10). *Cyclospora cayetanesis* Gene detection test method. Retrieved from https://mfds.go.kr/brd/m_514/view.do?seq=42576/
14. Tango, C.N., Wei, S., Khan, I., Hussain, M.S., Kounkeu, P.F.N., Park, J.H., Kim, S.H., Oh, D.H., Microbiological quality and safety of fresh fruits and vegetables at retail levels in Korea. *J. Food Sci.*, **83**, 386-392 (2018).
15. Sung, G., Hwang, I., Park, S.H., Park, S., Kim, B.J., Lee, J.H., Min, S.K., Study on microbiological safety of simple processed agricultural products. *Korean J. Food Sci. Technol*., **49**, 599-604 (2017).
16. Jung, S.H., Hur, M.J., Ju, J.H., Kim, K., Oh, S.S., Go, J.M., Kim, Y.H., Im, J.S., Microbiological evaluation of raw vegetables. *J. Food Hyg. Saf*., **21**, 250-257 (2006).
17. 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).
18. 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).
19. Kim, H.Y., Oh, S.W., Chung, S.Y., Choi, S.H., Lee, J.W., Yang, J.Y., Seo, E.C., Kim, Y.H., Park, H.O., Yang, C.Y., Shin, I.S., An investigation of microbial contamination of ready-to-eat products in Seoul, Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **43**, 39-44 (2011).
20. Song, B.R., Kim, S.H., Kim, J.K., Han, J.A., Kwak, H.S., Chung, K.T., Heo, E.J., Establishment of microbial criteria by investigation of microbial contamination in ready-to-eat foods. *J. Food Hyg. Saf*., **32**, 348-354 (2017).
21. Jeon, E.B., Kim, J.Y., Choi, M.S., Choi, S., Bang, H.J., Park, S.Y., Microbial contamination levels in the raw materials of home meal replacement shabu-shabu meal kit distributed in markets. *J. Food Hyg. Saf.,* **35**, 375-381 (2020).
22. Bae, Y.M., Hong, Y.J., Kang, D.H., Heu, S.G., Lee, S.Y., Microbial and pathogenic contamination of ready-to-eat fresh vegetables in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol*., **43**, 161-168 (2011).
23. Kim, W.I., Gwak, M.G., Jo, A.R., Ryu, S.D., Kim, S.R., Ryu, S.H., Kim, H.Y., Ryu J.G., Investigation of microbiological safety of on-farm produce in Korea. *J. Food Hyg. Saf*., **32**, 20-26 (2017).
24. Kim, N.H., Yun, A.R., Rhee, M.S., Prevalence and classification of toxigenic *Staphylococcus aureus* isolated from refrigerated ready-to-eat foods (sushi, kimbab and California rolls) in Korea. *J. Appl. Microbiol*., **111**, 1456-1464 (2011).
25. 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).
26. Park, H.J., Lee, J.E., Kim, S.A., Shim, W.B., Microbial risk assessment for mixed vegetable salad and fresh and frozen fruits distributed in Korea. *J. Food Hyg. Saf.*, **36**, 324-330 (2021).
27. Seo, Y.H., Jang, J.H., Moon, K.D., Occurrence and characterization of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* isolated from minimally processed vegetables and sprouts in Korea. *Food Sci. Biotechnol.*, **19**, 313-319 (2010).
28. Hong, S., Kim, K., Yoon, S., Park, W.Y., Sim, S., Yu, J.R., Detection of *Cryptosporidium parvum* in environmental soil and vegetables. *J. Korean Med. Sci*., **29**, 1367 (2014).
29. Sim, S., Won, J., Kim, J.W., Kim, K., Park, W.Y., Yu, J.R., Simultaneous molecular detection of *Cryptosporidium* and *Cyclospora* from raw vegetables in Korea. *Korean J. Parasitol.,* **55**, 137 (2017).
30. Centers for Disease Control and Prevention(CDC)., (2020c, September 24). Outbreak of *Cyclospora* Infections Linked to Bagged Salad Mix. Retrieved from https://www.cdc.gov/

parasites/cyclosporiasis/outbreaks/2020/index.html
31. Bekele, F., Tefera, T., Biresaw, G., Yohannes, T., Parasitic contamination of raw vegetables and fruits collected from selected local markets in Arba Minch town, Southern Ethiopia. *Infect. Dis. Poverty.,* **6**, 1-7 (2017).