



온라인 판매 신선편의식품 및 즉석섭취식품의 미생물 오염도 연구

황혜선* · 정재훈 · 권영희 · 변예지 · 박지영 · 윤호철

부산광역시 보건환경연구원 감염병연구부 식중독검사팀

A Study of Microbial Contamination in Fresh-Cut and Ready-to-Eat Foods Purchased from Online Markets

Hye-Sun Hwang*, Jae-Hoon Jeong, Young-Hee Kwon, Ye-Jee Byun, Ji-Young Park, Ho-Cheol Yun
Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment, Foodborne Diseases Inspection Team, Busan, Korea

(Received April 19, 2024/Revised August 15, 2024/Accepted August 16, 2024)

ABSTRACT - This study aimed to examine the delivery conditions and microbial contamination of fresh-cut and ready-to-eat foods purchased from online markets between February and November 2023. Upon arrival, the average surface temperature of the products was 11.3°C. In the fresh-cut foods, the average number of total aerobic bacteria and coliforms was 4.5 log colony-forming units (CFU)/g and 1.2 log CFU/g, respectively, whereas in the ready-to-eat foods, these values were 10.6 log CFU/g and 1.2 log CFU/g, respectively. Pathogens, such as *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, and pathogenic *Escherichia coli* were absent from all samples. *Bacillus cereus* was found in 2.7% of the fresh-cut foods and 0.9% of the ready-to-eat foods, with contamination levels averaging 0.05 log CFU/g and 0.01 log CFU/g, respectively. In the four samples in which *B. cereus* was detected, genetic testing of the six toxin genes produced by *B. cereus* revealed the presence of at least one enterotoxin gene, excluding the emetic toxin. *L. monocytogenes* was absent from ready-to-eat foods but was detected in 0.9% of fresh-cut foods. Analysis of the isolated *L. monocytogenes* confirmed the presence of six pathogenicity-related genes, including *iap*, indicating the potential risk of foodborne diseases.

Key words: Fresh-cut foods, Ready-to-eat foods, Online markets, Microbial contamination, Foodborne pathogens

코로나19 발생과 이상기후 등의 환경변화로 인해 식품 소비트렌드가 크게 변화하면서 소비자의 편의성을 갖춘 간편편식에 대한 관심이 커지고 있다¹⁾. 2022년 간편식(즉석 식품류)의 국내 판매액은 5조 8,532억 원으로 전년 대비 17.4%로 확대 되었고²⁾, 간편식의 편리함과 만족도에 익숙해진 소비자들의 수요 증대가 지속될 것으로 전망되고 있다¹⁾.

한편 코로나19 팬데믹 여파로 인해 비대면 소비가 일반화되면서 2022년 온라인 전체 시장 규모는 전년 대비 10.4% 성장하였고, 전체 온라인쇼핑 총거래액에서 식품 거래액이 차지하는 비중은 2017년 대비 17.7% 증가하여 온라인 유통업체의 성장세는 계속 이어질 것으로 전망되고

있다³⁾. 반면 한국농촌경제연구원의 조사에 따르면, 최근 1년 동안 가공식품을 온라인으로 전혀 구매하지 않은 경우가 12.1%로 조사되었는데 그 이유로 23.1%가 ‘품질·안전 등을 신뢰할 수 없어서’, 10.5%가 ‘배송과정 중 품질 저하의 우려’라고 응답하여 온라인으로 가공식품 구매할 때 안전성에 대한 우려가 있음을 보여 준다⁴⁾. 식품공전에는 별도의 보관온도를 정하지 않은 냉장 제품은 0-10°C에서 보관·유통하도록 규정하고 있고, 특히 신선편의제품 중 샐러드의 경우 0-5°C로 보관·유통해야 한다고 규정하고 있다⁵⁾. 하지만 온라인으로 구매한 식품의 경우 보냉재와 함께 스티로폼박스 등의 포장 용기에 배송되고 있으며 콜드체인(cold chain) 시스템이 아닌 대부분 상온용 택배 차량으로 배송되는 것이 현실이다. 이처럼 온라인으로 식품을 구매할 경우, 제조 및 유통 등 소비자가 소비하기까지 미흡한 온도 관리로 인해 식품 변질이 발생할 위험이 크다⁶⁾.

간편식 중에서도 신선편의식품과 즉석섭취식품의 경우 별도의 가열·조리과정 없이 바로 섭취하기 때문에 식품 원료에서 유래된 식중독균에 쉽게 노출될 수 있으며, 생산·

*Correspondence to: Hye-sun Hwang, Busan Metropolitan City Institute of Health & Environment, Foodborne Diseases Inspection Team, Busan 46616, Korea
Tel: +82-51-309-8956; Fax: +82-51-666-6857
E-mail: hhyesun88@korea.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.

제조-유통단계에서 미생물을 통제할 수 있는 과정이 없어 식중독 사고의 위험성이 높고, 우리나라를 포함한 전 세계적으로 과일 및 채소류에서 비롯된 식중독 사례가 증가하는 추세이다^{5,7,8)}. 또한, 즉석식품류에 대한 위생 및 안전 수칙이 지켜지지 않았을 때 대형 식중독 사고가 발생할 가능성이 매우 크다⁹⁾. 즉석식품류에 대한 선행연구는 활발히 진행되고 있지만, 환경변화로 인한 온라인이라는 새로운 소비 채널에서의 즉석식품류에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 온라인으로 판매되고 있는 신선편의식품 및 즉석섭취식품에 대한 위생지표균(일반세균수, 대장균군 및 대장균)과 황색포도상구균, 살모넬라, 바실루스세레우스, 클로스트리디움 퍼프린젠스, 리스테리아 모노사이토제네스, 병원성 대장균 등 식중독균의 오염도를 파악하여 식중독 예방 및 새로운 유통 채널에 대한 안전성 확보 등을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

Materials and Methods

검사대상 시료

본 연구에 사용한 검체는 온라인으로 유통되는 신선편의식품과 즉석섭취식품을 구매하여 실험에 사용하였다. 2023년 2월부터 11월까지 신선편의식품 110건과 즉석섭취식품 115건, 총 225건을 수거하여 검사하였다. 시료 수령과 동시에 제품의 포장재 표면온도를 온도계(IR-302, Custom Corp., Sotokanda, Japan)를 사용해 측정하였고, 포장 상태 등의 정보를 기록하였다. 모든 실험은 수령 후 2시간 이내에 완료하였다.

미생물 시험

미생물 시험은 식품의약품안전처의 식품공전 미생물 시험법⁵⁾ 및 식품의약품안전처의 식중독 원인조사 시험법¹⁰⁾을 참고하여 진행하였다. 미생물 시험 항목은 위생지표균인 대장균(*Escherichia coli*), 대장균군(coliform), 일반세균수(total aerobic bacteria)와 식중독균으로 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*), 살모넬라(*Salmonella* spp.), 바실루스세레우스(*Bacillus cereus*), 클로스트리디움 퍼프린젠스(*Clostridium perfringens*), 리스테리아 모노사이토제네스(*Listeria monocytogenes*), 병원성 대장균(Pathogenic *E. coli*)에 대해 실험하였다. 추가로 *B. cereus*와 *B. thuringiensis*를 구분하기 위해 식품의약품안전처의 곤충독소단백질 확인 시험법¹¹⁾을 참고하여 현미경으로 확인하였다.

Bacillus cereus 독소 유전자 검사

분리된 *B. cereus*의 독소 유전자 확인은 DNA 자동추출장비(Nextractor NX-48, Genolution, Seoul, Korea)로 DNA 추출 후 *B. cereus*가 생산하는 장독소 유전자 5종(*hblC*,

Table 1. PCR conditions for the detection of the 6-toxin of *B. cereus*

| Temp. (°C) | Time | Cycle |
|------------|--------|-------|
| 95 | 10 min | 1 |
| 95 | 30 sec | |
| 60 | 30 sec | 35 |
| 72 | 30 sec | |
| 72 | 10 min | 1 |

Table 2. Primer sequences and PCR conditions for the detection of virulence genes

| Target genes | Primer sequences (5' → 3') | Product size (bp) | References | PCR cyclic conditions |
|--------------|--|-------------------|--|---|
| <i>prfA</i> | (F)CTG TTG GAG CTC TTC TTG GTG AAG CAA TCG (R)AGC AAC CTC GGT ACC ATA TAC TAA CTC | 1060 | Notermans et al ¹²⁾ , 1991 | 95°C 2 min, [95°C 15 sec, 60°C 30 sec, 72°C 90 sec]-30 cycles, 72°C 10 min |
| <i>hly</i> | (F)GAC CTT CCA GAT TTT TCG GC (R)CAC AAG TGG TAA GTT CCG | 719 | MFDS ⁵⁾ , 2022 | 95°C 5 min, [94°C 1 min, 56°C 1 min, 72°C 1 min]-35 cycles, 72°C 10 min |
| <i>inlA</i> | (F)ACG AGT AAC GGG ACA AAT GC (R)CCC GAC AGT GGT GCT AGA TT | 800 | | |
| <i>inlC</i> | (F)AAT TCC CAC AGG ACA CAA CC (R)CGG GAA TGC AAT TTT TCA CTA | 517 | Liu et al ¹³⁾ , 2007 | 94°C 2 min, [94°C 30 sec, 55°C 30 sec, 72°C 1 min]-30 cycles, 72°C 10 min |
| <i>inlJ</i> | (F)TGT AAC CCC GCT TAC ACA GTT (R)AGC GGC TTG GCA GTC TAA TA | 238 | | |
| <i>iap</i> | (F)ACA AGC TGC ACC TGT TGC AG (R)TGA CAG CGT GTG TAG TAG CA | 131 | Furrer et al ¹⁴⁾ , 1991 | 95°C 2 min, [95°C 15 sec, 60°C 30 sec, 72°C 90 sec]-30 cycles, 72°C 10 min |

bceT, *entFM*, *nheA*, *CytK*) 및 구토독소 유전자 1종(*CER*)에 대해 PowerCheck™ *Bacillus cereus* 6-toxin Detection Kit (Kogenebiotech, Seoul, Korea)를 이용하여 제조사에서 제시한 방법으로 PCR을 실시하였다(Table 1). PCR 결과는 자동 전기영동장치(QIAxcel Advanced, QIAgen, Germantown, MD, USA)로 확인하였다.

Listeria monocytogenes 병원성 유전자 및 혈청형 검사
분리된 균주를 대상으로 병원성 유전자 *iap*, *hly*, *inlA*, *inlC*, *inlJ* 및 *prfA* 6종의 확인검사를 진행하였다. DNA 자동추출장비로 DNA 추출 후 자동전기영동장치로 PCR 결과를 확인하였다. 분석에 사용한 primer 서열 및 실험조건은 Table 2와 같다. 혈청형 확인시험은 분리된 균의 O-항원 및 H-항원에 대하여 *Listeria antisera set* (Denka-Seiken, Tokyo, Japan)를 이용하여 제조사에서 제시한 방법으로 검사를 진행하였다.

Results and Discussion

배송 정보

배송 형태는 종이 포장재나 아이스박스에 1-4개의 보냉제(아이스팩, 드라이아이스)를 사용해 일반 택배로 배송되었으며, 평균 배송 시간은 평균 24시간으로 제품의 표면 온도는 Table 3과 같다. 표면온도 범위는 1.3-21.6°C였으며, 평균 온도는 11.3°C였다. 분기별로 제품 표면온도는 2, 3 분기에서 1, 4분기에 비해 더 높고, 제품 간 표준편차도

더 크게 나타났다(Fig. 1). 2, 3분기의 온도는 비슷한 정도로 나타났는데, 기온이 올라가는 3분기에 상대적으로 많은 양의 보냉제를 사용하였기 때문으로 사료된다. 또한 제품의 수가 많을수록 제품 간 온도 편차가 컸다. 식품공전에는 냉장 제품은 0-10°C에서 보관·유통하도록 규정하고 있고, 특히 신선편의제품 중 셀러드의 경우 0-5°C로 보존·유통해야 한다고 규정하고 있다⁵⁾. Kim¹⁵⁾은 여름철 택배 탑차 내부 최고 온도는 38°C, 최저 온도는 24°C였으며, 아이스팩이 6개 이상일 때 스티로폼 상자의 내부온도를 20시간 이상 10°C 이하로 유지할 수 있다고 하였다. 본 연구 결과 온라인에서 구매한 제품은 기준 온도보다 높게 나타났는데 이는 택배 탑차 내부 온도상승, 제품의 포장 형태, 배송 후 수령까지 소요 시간 등에 따른 영향으로 보인다. 이에 적절한 온도 관리를 위해 콜드체인시스템이 가장 이상적이지만, 그렇지 못한 현실에서 포장 단계 시 작업장의 실내온도 유지, 20 mm 이상의 아이스박스 용기 사용 등 Han¹⁶⁾이 제시한 온라인쇼핑몰의 구매 단계별 가치사슬 프로세스별 개선방안을 참고하여 제조, 유통 과정에서의 안전성을 확보하고 소비자는 가능한 한 빨리 수령 후 냉장 보관 후 빠르게 섭취하는 것이 권장된다.

일반세균수

일반세균은 식품의 제조 및 유통 과정에서 위생 상태를 확인할 수 있는 위생지표균으로, 식품의 부패 척도를 판단할 수 있다¹⁷⁾. 신선편의·즉석섭취식품의 일반세균의 오염도는 Table 4와 같다. 신선편의식품의 평균 일반세균수

Table 3. Surface temperature of samples

| Food type | No. of samples | Temperature (°C) | | |
|--------------------|----------------|------------------|------|------|
| | | Mean±SD | Min. | Max. |
| Fresh-cut foods | 110 | 12.0±4.3 | 1.6 | 20.3 |
| Ready-to-eat foods | 115 | 10.6±4.6 | 1.3 | 21.6 |
| Total | 225 | 11.3±4.7 | 1.3 | 21.6 |

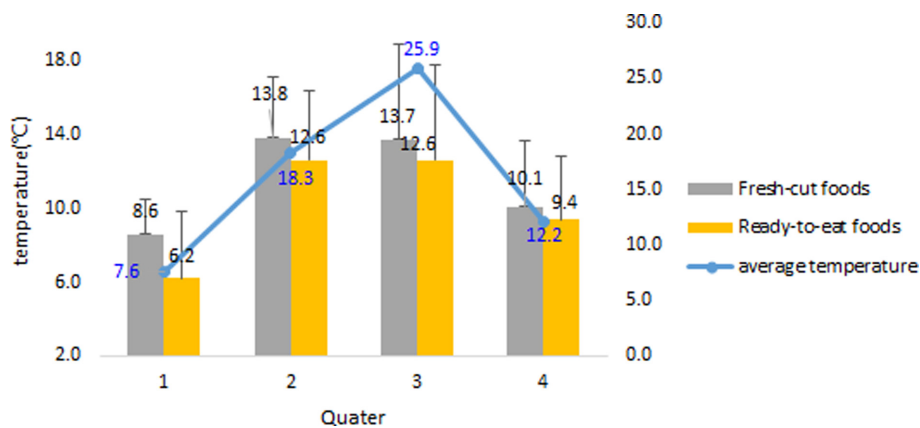


Fig. 1. Quarterly comparison of surface temperature of samples.

Table 4. Microbial contamination levels of total aerobic bacteria in samples

| Food type | N | Total aerobic bacteria (log CFU/g) | | | | | |
|--------------------|-----|------------------------------------|---------------|--------------|----------|------|------|
| | | ≤5 | >5-7≤ | >7 | Mean±SD | Min. | Max. |
| Fresh-cut foods | 110 | 72 (65.5%) | 33 (30.0%) | 5 (4.5%) | 4.5±1.4 | 1.0 | 7.8 |
| Ready-to-eat foods | 115 | 58 (50.4%) | 46 (40.0%) | 11 (9.6%) | 10.6±4.6 | 1.3 | 21.6 |

는 4.5 log CFU/g으로 나타났는데, Song 등¹⁸⁾, Kim 등¹⁹⁾의 연구에서는 4.47-4.48 log CFU/g로 본 실험과 비슷한 수준으로 보고되었다. 즉석섭취식품의 평균 일반세균수는 10.6 log CFU/g로 확인되었다. Baek²⁰⁾의 연구에서 4.52 log CFU/g, Park 등²¹⁾의 연구에서는 혼합채소샐러드의 경우 6.48 log CFU/g, 신선과일은 5.07 log CFU/g로 본연구결과보다 낮은 수치로 확인되었다. 국내에는 신선편의·즉석섭취식품에 대한 일반세균수의 기준을 설정하여 규제하고 있지는 않으나 Solberg 등²²⁾은 즉석섭취식품의 미생물학적 안전기준으로 5 log CFU/g를 권장하였고, Donnelly²³⁾은 식품에 총균수가 7 log CFU/g 이상 존재할 경우, 병원성이 없는 세균이라도 이것이 원인이 되어 다른 식품과의 복합적인 작용이나 면역저하자에게 식중독 발생 가능성이 있다고 보고하였다. Song 등¹⁸⁾의 연구에서는 즉석섭취식품에서는 7 log CFU/g 이상은 검출되지 않았고, 신선편의식품의 경우 3.1%로 보고하였고, Chung²⁴⁾의 연구에서는 신선편의식품과 즉석섭취식품에서 7 log CFU/g 이상의 일반세균수가 각각 13.3%, 18.4%로 조사되었다. 본 연구에서는 신선편의식품과 즉석섭취식품에서 7 log CFU/g 이상의 일반세균수는 각각 4.5%, 9.6%로 선행연구와 비교했을 때 비슷한 수준이거나 낮게 확인되었다.

7 log CFU/g 초과한 경우 93.8%가 3분기에서 검출되었고, 새우, 불고기 등 토핑이 올라간 샐러드(68.8%)에서 대부분 검출되었다.

대장균군 및 대장균

신선편의·즉석섭취식품의 대장균군 및 대장균의 오염도는 Table 5와 같다. 신선편의식품과 즉석섭취식품의 평균 대장균군은 각각 1.2 log CFU/g로 Baek²⁰⁾의 연구 결과인 1.62 log CFU/g와 비슷한 수준으로 확인되었다. Baek²⁰⁾의 연구에서 대장균은 검출되지 않았고, Park 등²¹⁾의 연구에

서는 혼합채소샐러드에서 평균 1.38 log CFU/g로 11.1%의 검출률로 보고되었으나 본 연구에서 대장균은 검출되지 않았다(data not shown).

대장균군은 장내세균과에 속하며 병원성이 있는 *Shigella*, *Salmonella* 등과 대장균의 존재 가능성을 의미하여 잠재적 위험성을 나타내는 위생지표균이다. 국내에서는 법적으로 신선편의·즉석섭취식품에서 대장균군을 규제하고 있지는 않으나, 대장균은 신선편의식품에서는 n=5, c=1, m=10, M=100, 즉석섭취식품의 경우 n=5, c=1, m=0, M=10으로 규제하고 있다^{5,25)}. Solberg 등²²⁾이 권장한 급식단계 음식에서의 대장균군의 기준인 2 log CFU/g 이하를 적용하면, 신선편의식품의 경우 16.4%, 즉석섭취식품의 경우 10.4%가 기준을 초과하는 것으로 나타난다. Baek²⁰⁾의 연구에서 즉석섭취샐러드의 초과율인 44.4%보다 낮은 수준이며, 식품공전 상 기준이 있는 대장균의 경우에는 불검출로 미생물학적으로 안전하게 관리되고 있다고 사료된다.

분기별 위생지표균 분석

본 연구에서 확인된 위생지표균 분석 결과를 토대로 분기별로 비교 분석한 결과 Fig. 2와 같다. 2, 3분기에서 일반세균과 대장균군 모두 높게 검출되는 것으로 확인되었다($P<0.05$). Park 등²¹⁾의 연구에서도 혼합채소샐러드, 신선·냉동과일의 분기별 일반세균수와 대장균군의 오염도는 2, 3분기에 더 높게 나타났으며 Park 등²⁶⁾의 연구결과 다른 계절에 비해 외부온도가 높은 여름에 오염도가 높게 나타난다고 보고된다. Lee²⁷⁾의 연구에 따르면, 채소류의 경우 보관온도가 높아질수록 일반세균수가 증가하는 경향이 있어 동절기에 비해 하절기에 원료의 초기오염도가 높을 뿐만 아니라, 제조 및 운반, 유통 과정 중 일반세균수가 증가하는 것으로 예측되므로²⁰⁾, 미생물 증식에 의한 식중독 사고의 위험이 높은 2, 3분기의 경우 특히 신선편의·즉석섭취

Table 5. Microbial contamination levels of coliform in samples

| Food type | N | Coliform (log CFU/g) | | | | |
|--------------------|-----|----------------------|---------------|---------|------|------|
| | | ≤2 | >2-3≤ | Mean±SD | Min. | Max. |
| Fresh-cut foods | 110 | 92 (93.6%) | 18 (16.4%) | 1.2±0.8 | 0.7 | 2.7 |
| Ready-to-eat foods | 115 | 103 (89.6%) | 12 (10.4%) | 1.2±0.7 | 0.7 | 2.7 |

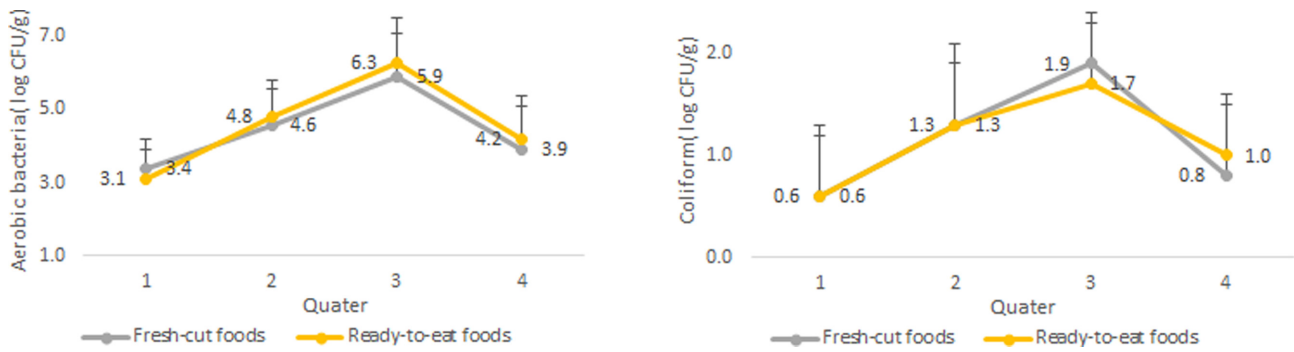


Fig. 2. Quarterly comparison of hygiene indicator bacteria of samples.

식품 제조 및 유통관리에 철저한 위생관리와 소비 시 주의가 필요하다.

병원성 식중독균의 오염도

온라인으로 구매한 신선편의식품 110건과 즉석섭취식품 115건에 대한 병원성 식중독균 오염실태 분석 결과는 다음 Table 6과 같다. 본 연구에서 *S. aureus*, *Salmonella* spp., *C. perfringens*, 병원성대장균(EHEC, EPEC, ETEC, EIEC, EAEC)은 모든 제품에서 검출되지 않았다(data not shown). Song 등¹⁸⁾의 연구에서 *C. perfringens*는 검출되지 않았으며, Jeon 등²⁸⁾의 연구에서 절단 컵과일, 절단 채소 등에서 *Salmonella* spp., 병원성대장균은 검출되지 않았다고 보고 하였으나, *S. aureus*의 경우 Kim 등¹⁹⁾의 연구에서는 1.5 log CFU/g 검출되었고, Jo 등²⁹⁾의 연구에서 혼합채소 샐러드에서 1.2 log CFU/g로 보고 하였다. 따라서 본 연구는 선행연구와 오염수준이 비슷하거나 낮은 것으로 확인된다.

*B. cereus*의 경우 신선편의식품 및 즉석섭취식품에서 각각 3건(2.7%), 1건(0.9%) 검출되었고, 오염 수준은 신선편의식품에서 평균 0.05 log CFU/g, 즉석섭취식품에서 0.01

log CFU/g로 즉석섭취·편의식품류의 *B. cereus* 규격 (3 log CFU/g)⁵⁾ 이하로 나타났다(Table 7). Park 등³⁰⁾이 보고한 연구에 따르면 신선편의식품의 *B. cereus* 검출률은 5.0%이고 즉석섭취식품의 검출률은 5.6%였으며, Kim 등³¹⁾의 보고에서는 신선편의식품 53.1%, 즉석섭취식품 48.1%로 본 연구 결과는 선행연구에 비해 *B. cereus* 오염 수준이 낮은 경향을 보였다.

*B. cereus*는 자연계에 널리 분포하는 그람양성의 포자형성균으로 enterotoxin에 의한 설사형과 emetictoxin에 의한 구토형이 있다. 설사형 식중독과 관련된 enterotoxin은 HBL (heamoltic enterotoxin: *hbla*, *hb1c*, *hb1d*), NHE (non-heamoltic enterotoxin: *nheA*, *nheB*, *nheC*), CytotoxinK (*CytK*), enterotoxin FM (*entFM*), *Bacillus cereus* toxin T (*bceT*)가 있으며, 구토형 식중독은 Cereulide (*CER*)에 의해 발생한다^{30,32)}. 식품에서 분리된 *B. cereus*를 대상으로 장독소 유전자 5종(*hb1c*, *bceT*, *entFM*, *nheA*, *CytK*) 및 구토독소 유전자 1종(*CER*)을 분석하였다. 4건의 검체에서 독소 유전자 검사 결과 *B. cereus* 독소 유전자 유무에 따라 총 4주가 분리되었다(Table 8). 4주 모두 구토독소 유

Table 6. Distribution of food-borne pathogens detected in samples

| Food type | No. of Samples | No. of detected samples(%) | |
|--------------------|----------------|----------------------------|-------------------------|
| | | <i>B. cereus</i> | <i>L. monocytogenes</i> |
| Fresh-cut foods | 110 | 3(2.7) | 1(0.9) |
| Ready-to-eat foods | 115 | 1(0.9) | 0(0) |
| Total | 225 | 4(1.8) | 1(0.4) |

Table 7. Prevalence of *B. cereus* in samples

| | N | >1-2≤ (log CFU/g) | >2-3≤ (log CFU/g) | Mean±SE | Min. | Max. |
|--------------------|-----|----------------------|----------------------|-----------|------------------|------|
| Fresh-cut foods | 110 | 2 | 1 | 0.05±0.28 | ND ¹⁾ | 2.2 |
| Ready-to-eat foods | 115 | 1 | 0 | 0.01±0.11 | ND | 1.2 |
| Total | 225 | 3 | 1 | 0.03±0.22 | ND | 2.2 |

¹⁾ND : not detected.

Table 8. Profiles of emetic toxin gene and enterotoxin genes in *B. cereus* strains used in this study

| Profile | Enterotoxin genes | | | | | Emetic toxin gene | No. (%) of <i>B. cereus</i> isolates from foods | | |
|---------|-------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------------|---|---------------------------|-------------|
| | <i>CytK</i> | <i>nheA</i> | <i>entFM</i> | <i>bceT</i> | <i>hblC</i> | <i>CER</i> | Fresh-cut foods (n=3) | Ready-to-cook foods (n=1) | Total (n=4) |
| 1 | + | + | + | + | + | - | 1 | | 1(25) |
| 2 | - | + | + | + | - | - | 1 | | 1(25) |
| 3 | - | + | + | - | + | - | | 1 | 1(25) |
| 4 | - | + | + | - | - | - | 1 | | 1(25) |

+: detected, -: not detected.

전자는 보유하지 않았다. Park 등³⁰⁾의 보고에서는 *B. cereus*가 검출된 78건의 검체에서 검체별 최소 1개에서 최대 5개의 서로 다른 독소 분포 양상을 가진 총 113주의 균주가 분리되어 식품별 검출 건수와 분리 건수가 일치하지 않았지만, 본 연구에서는 검출 건수와 분리 건수가 동일하였다. *B. cereus*는 저위해성 식중독균으로 식품공전에는 독소 유전자에 대한 기준이 없는 실정이다³⁰⁾. 본 연구를 통해 온라인에서 구매한 신선편의·즉석섭취식품의 *B. cereus* 오염 수준은 안전한 수준이지만 *B. cereus*는 노약자 등 민감군의 경우 낮은 수준에서도 발병한다고 보고되며, *B. cereus*의 포자와 독소는 열에 강해 식품을 가열 조리하는 과정에서도 사멸되지 않고 적당한 조건에서 살아하여 증식 가능하므로, 가열·조리 없이 섭취하는 신선편의·즉석섭취식품의 경우에는 위험성이 잔존하여 미생물적 관리가 필요하다^{20,33)}.

*L. monocytogenes*의 경우 즉석섭취식품에서는 검출되지 않았고, 신선편의식품에서 1건(0.9%)이 검출되었다. 현재 우리나라에서는 신선편의식품에서의 *L. monocytogenes* 개별 기준은 없지만, 식품 일반에 대한 공통기준 및 규격으로 더 이상의 가공, 가열조리를 하지 않고 그대로 섭취하는 가공식품에 대해 음성(n=5, c=0, m=0/25g)으로 제시하고 있다⁵⁾. 이와 관련하여, Kim 등³⁴⁾의 연구에서는 김밥 1.9%, 샐러드 5.5%의 검출률이 보고되었으며, Lomonaco 등³⁵⁾의 연구에서는 최근 유럽에서 샌드위치, 샐러드 섭취로 인한 리스테리아 식중독이 증가하고 있다고 보고하였다. 국내에서도 2018년 서울의 한 고등학교에서 리스테리아 집단식중독이 발생했고³⁶⁾, 샐러드 재료로 자주 사용되는 훈제연어, 버섯 등에서 리스테리아 검출사례도 매년 발생하고 있다. 리스테리아 식중독은 *prfA*, *inlA*, *inlB* 등 특이유전자가 병원성을 유발하는 원인으로 알려져 있으며³⁶⁾, 식약처 보고에 따르면 *iap*유전자는 숙주세포 침습과 관련한 단백질 생산에 관여하고, *prfA*유전자의 경우 병원성 유전자 클러스터 내의 많은 유전자의 전사를 조절하며, *hly*유전자는 숙주세포 침입 및 숙주세포 식포 용해에 관여한다³⁶⁾. Liu 등¹³⁾의 연구에서 의하면 마우스에서 사망(상대적 독성 30-100%)을 일으킬 수 있는 병원성 *L.*

*monocytogenes*에서 *inlC*, *inlJ*유전자가 항상 검출됨을 알 수 있었다. 그리하여 식품에서 분리된 *L. monocytogenes*를 대상으로 병원성 유전자 6종(*iap*, *hly*, *inlA*, *inlC*, *inlJ*, *prfA*)을 분석한 결과, 이들 모두가 확인되었으며, 혈청형 분석 결과는 1/2a형으로 나타났다. 식약처 보고에 따르면 인체에 감염을 일으키는 혈청형은 1/2a, 1/2b, 1/2c, 4b형이며, 국내 식품 및 환경에서 분리한 리스테리아균의 43%가 1/2a 혈청형으로 가장 높은 비율로 나타났다³⁶⁾. 리스테리아는 국내에서는 흔치 않은 식중독이지만 높은 치사율로 임상적으로 중요한 질병으로 분류되며, 냉장 온도에서도 장기간 보관 시 증식 우려가 있으므로 가능한 빨리 섭취하는 것이 바람직하며, 제조 및 유통단계에서의 살균소독, 보관 시 항균 포장 사용 등 철저한 위생관리의 추가 적용과 식중독 예방을 위한 홍보가 필요할 것으로 판단된다^{29,36,37)}.

국문요약

2023년 2월에서 2023년 11월까지 온라인으로 구매한 신선편의식품 110건과 즉석섭취식품 115건을 대상으로 위생지표균(일반세균, 대장균군 및 대장균)과 식중독균(*Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, 병원성대장균)의 오염도를 조사하였으며, 분리된 균주를 대상으로 병원성 유전자를 확인하였다.

배송 형태는 보냉제를 사용해 배송 시간은 평균 24시간이 소요되어 일반 택배로 배송되었고 제품 표면온도 평균은 11.3°C이었다. 일반세균 정량분석 결과, 신선편의식품의 평균 일반세균수는 4.5 log CFU/g, 즉석섭취식품의 평균 일반세균수는 10.6 log CFU/g로 나타났다. 대장균군 정량분석 결과, 신선편의식품, 즉석섭취식품 각각 평균 1.2 log CFU/g이었고, 대장균은 검출되지 않았다. *S. aureus*, *Salmonella* spp., *C. perfringens*, 병원성대장균은 모든 제품에서 검출되지 않았다. *B. cereus*의 경우 신선편의식품 및 즉석섭취식품에서 각각 3건(2.7%), 1건(0.9%) 검출되었고, 오염 수준은 신선편의식품에서 평균 0.05 log CFU/g, 즉석섭취식품에서 0.01 log CFU/g으로 나타났다. *B. cereus*

검출된 4건의 검체에서 *B. cereus*가 생성하는 독소 유전자 6종(*hblC*, *bceT*, *entFM*, *nheA*, *CytK*, *CER*)에 대한 유전자 확인시험 결과 4주가 분리되었고, 구토독소를 제외한 1개 이상의 장독소 유전자가 확인되었다. *L. monocytogenes*의 경우 즉석섭취식품에서는 검출되지 않았고, 신선편의식품 1건(0.9%)이 검출되었다. 분리한 *L. monocytogenes*에서 *iap* 등 6종의 병원성유전자가 검출되었고, 1/2a 혈청형이 확인되어 식중독 발생 위험이 있음을 확인하였다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Hye-Sun Hwang <https://orcid.org/0009-0002-8581-2763>
 Jae-Hoon Jeong <https://orcid.org/0009-0006-7896-0126>
 Young-Hee Kwon <https://orcid.org/0009-0004-7991-977x>
 Ye-Jee Byun <https://orcid.org/0009-0003-7357-7943>
 Ji-Young Park <https://orcid.org/0000-0002-8754-8292>
 Ho-Cheol Yun <https://orcid.org/0009-0003-8299-4087>

References

1. Korea Rural Economic Institute (KREI), (2024, August 15). 2023 Top 7 issues in the food service industry. Retrieved from <https://www.krei.re.kr/foodInfo/selectBbsNtt-View.do?key=738&bbsNo=435&nnttNo=161760>
2. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2022. 2022 Production performance of food items, pp. 93.
3. Statistics Korea, (2024, August 15). Online shopping trends survey. Retrieved from <https://kostat.go.kr/board.es?mid=a10301120300&bid=241>
4. Korea Rural Economic Institute (KREI), 2021. 2021 Basic analysis report on consumer attitudes survey for processed foods, pp. 229-231.
5. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2023, November 28). Korea food code. Retrieved from <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC>
6. Han, K.H., A study on safety enhancement of frozen food delivery service in Korea. *Korean-Japanese J. Econ. Manag. Stud.*, **82**, 31-54 (2019).
7. Cartwright, E.J., Jackson, K.A., Johnson, S.D., Graves, L.M., Silk, B.J., Mahon, B.E., Listeriosis outbreaks and associated food vehicles, United States, 1998-2008. *Emerg. Infect. Dis.*, **19**, 1-9 (2013).
8. Kim, J.B., Kim, J.M., Cho, S.H., Oh, H.S., Choi, N.J., Oh, D.H., Toxin genes profiles and toxin production ability of *Bacillus cereus* isolated from clinical and food samples. *J. Food Sci.*, **76**, 25-29 (2011).
9. Choi, J.W., Park, S.Y., Yeon, J.H., Lee, M.J., Chung, D.H., Lee, K.H., Kim, M.G., Lee, D.H., Kim, K.S., Ha, S.D., Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. *J. Food Hyg. Saf.*, **20**, 43-47 (2005).
10. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2023. The method for investigating the cause of food poisoning 2023, Cheongju, Korea.
11. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2010. Test method for confirming insect toxin proteins, Cheongju, Korea.
12. Notermans, S.H., Dufrenne, J., Leimeister-Wachter, M., Domann, E., Chakraborty, T., Phosphatidylinositol-specific phospholipase C activity as a marker to distinguish between pathogenic and non-pathogenic *Listeria* species. *Appl. Environ. Microbiol.*, **57**, 2666-2670 (1991).
13. Liu, D., Lawrence, M.L., Austin, F.W., Ainsworth, A.J., A multiplex PCR for species-and virulence-specific determination of *Listeria monocytogenes*. *J. Microbiol. Methods*, **71**, 133-140 (2007).
14. Furrer, B., Candrian, U., Hoefelein, C., Luethy, J., Detection and identification of *Listeria monocytogenes* in cooked sausage products and in milk by in vitro amplification of haemolysin gene fragments. *J. Appl. Bacteriol.*, **70**, 372-379 (1991).
15. Kim, S.I., Development of cool reserving packaging materials for delivery of chilled (frozen) foods. *The monthly packaging world*, **341**, 53-65 (2021).
16. Han, K.H., A study on safety enhancement of frozen food delivery service in Korea. *The Korean-Japanese Journal of Economics & Management Studies*, **82**, 31-54 (2019).
17. Forsythe, S.J., The Microbiology of Safe Food, Third ed, Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ, USA. pp. 261 (2020).
18. 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).
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., Ha, S.C., 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. Baek, J.H., Correlation between environmental factors and microbial contamination of ready-to-eat salad in markets. Master's thesis, Chung-Ang University, Seoul, Korea (2011).
21. 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).
22. Solberg, M., Buchalew, J.J., Chen, C.M., Schaffner, D.W., O'Neill, K., McDowell, J., Post, L.S., Boderck, M., Microbial safety assurance system for foodservice facilities. *Food Technol.*, **44**, 68-73 (1990).
23. Donnelly, B., Psychotropic growth and thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* as a function of milk composition. *J. Food Prot.*, **49**, 994-998 (1986).
24. Chung, M.S., 2005. Study on the development of standards

- and specifications for ensuring sanitary quality of ready-to-eat foods and miscellaneous foods, Korean health industry development institute, Cheongju, Korea.
25. Seo, K.Y., Lee, M.J., Yeon, J.H., Kim, I.J., Ha, J.H., Ha, S.D., Microbiological contamination levels of in salad and side dishes distributed in markets. *J. Food Hyg. Saf.*, **21**, 263-268 (2006).
 26. Park, H.J., Lee, J.E., Kim, S.A., Shim, W.B., Changes in internal and external temperature and microbiological contamination depending on consumer behavior after purchase of fresh-cut produces. *J. Food Hyg. Saf.*, **35**, 459-467 (2020).
 27. Lee, Y.W., Park, S.G., Distribution of indicator organisms and influence of storage temperature and period in commercial plant food. *J. Food Hyg. Saf.*, **14**, 1-8 (1999).
 28. Jeon, J.H., Roh, J.H., Lee, C.L., Kim, G.H., Lee, J.Y., Yoon K.S., Microbial qualities of parasites and foodborne pathogens in ready to eat (RTE) fresh-cut produces at the on/offline markets. *J. Food Hyg. Saf.*, **37**, 87-96 (2022).
 29. Jo, M.J., Jeong, A.R., Kim, H.J., Lee, N.R., Oh, S.W., Kim, Y.J., Chun, H.S., Koo, M.S., Microbiological quality of fresh-cut produce and organic vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43**, 91-97 (2011).
 30. Park, S.H., Gwon, W.G., Lee, I.S., Kim, E.J., Hwang, S.J., Koo, H.S., Na, Y.R., Kim, B.J., Park, E.H., Lee, M.O., Distribution and toxin gene characteristic of *Bacillus cereus* isolated from foods in Busan. *J. Food Hyg. Saf.*, **35**, 219-224 (2020).
 31. Kim, T.S., Kim, M.J., Kang, Y.M., Oh, G.N., Choi, S.Y., Oh, M.S., Yang, Y.S., Seo, J.M., Ryu, M.G., Kim, E.S., Ha, D.R., Cho, B.S., Molecular characterization and toxin profile of *Bacillus cereus* strains isolated from ready-to-eat foods. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **46**, 334-340 (2014).
 32. Granum, P.E., Lund, T., *Bacillus cereus* and its food poisoning toxins. *FEMS Microbiol. Lett.*, **157**, 223-228 (1997).
 33. Lim, G.S., Koo, M., Kim, H.J., Kho, Y.H., Park, K.S., Oh, S.W., Determination of statistical sampling plans for *Bacillus cereus* in Salad and Kimbab. *J. Food Hyg. Saf.*, **29**, 16-20 (2014).
 34. Kim, H.K., Lee, H.T., Kim, J.H., Lee, S.S., Analysis of microbiological contamination in ready-to-eat foods. *J. Food Hyg. Saf.*, **23**, 285-290 (2008).
 35. Lomonaco, S., Nucera, D., Filipello, V., The evolution and epidemiology of *Listeria monocytogenes* in Europe and the United States. *Infect. Genet. Evol.*, **35**, 172-183 (2015).
 36. Ministry of Food and Drug safety (MFDS), 2019. Food poisoning bacteria characteristics analysis report *Listeria monocytogenes*, MFDS, Cheongju, Korea, pp. 1-20.
 37. Jeon, E.B., Kim, J.Y., Choi, M.S., Choi, S.h., 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).