pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 39, No. 2, pp. 109~117 (2024)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2024.39.2.109

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

간편조리세트 원재료의 미생물 오염도 조사

이현경* · 도영숙 · 박민정 · 임경숙 · 오서인 · 임정화 · 김현수 · 함현경 · 김여정 · 이명진 · 박용배
경기도보건환경연구원 미생물팀

Investigation of Microbial Contamination in the Raw Materials of Meal Kits

Hyun-Kyung Lee*, Young-Sook Do, Min-Jung Park, Kyoung Suk Lim, Seo-In Oh, Jeong-Hwa Lim, Hyun-Soo Kim, Hyun-Kyung Ham, Yeo-Jung Kim, Myung-Jin Lee, Yong-Bae Park
Microorganism Team, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon, Korea

(Received January 24, 2024/Revised March 11, 2024/Accepted March 18, 2024)

ABSTRACT - This study investigated the microbial contamination of agricultural, livestock, and marine ingredients in 55 meal kits distributed across Gyeonggi-do, South Korea. Of the 55 meal kits, 48 contained agricultural ingredients, 43 contained livestock ingredients, and 16 contained marine ingredients. The detection rate of the total aerobic bacteria in the agricultural, livestock, and marine products was 100%. The average numbers of the total aerobic bacteria were 6.57 log colony-forming units (CFU)/g in the agricultural products, 4.60 log CFU/g in the livestock products, and 5.47 log CFU/g in the marine products. The coliform detection rates in the agricultural, livestock, and marine products were 81.25%, 69.77%, and 43.75%, respectively. The average numbers of coliforms were 2.83 log CFU/g in the agricultural products, 1.34 log CFU/g in the livestock products, and 1.12 log CFU/g in the marine products. *Escherichia coli* was detected in 13 livestock products (30.23%), with levels ranging from 0.70 to 2.36 log CFU/g. Contrastingly, *E. coli* was detected in only one marine product (6.25%) and was not detected in any agricultural products. The detection rates of fungi in agricultural, livestock, and marine products were 97.92%, 93.02%, and 93.75%, respectively. The average numbers of fungi were 3.82 log CFU/g for the agricultural products, 2.92 log CFU/g for the livestock products, and 2.82 log CFU/g for the marine products. The isolation rates of foodborne pathogens from the agricultural, livestock, and marine products were 35.42%, 37.21%, and 31.25%, respectively. Forty-five foodborne pathogens of seven species, including *Bacillus cereus* and *Salmonella* spp., were isolated from the raw materials of the agricultural, livestock, and marine products in 55 meal kits. To prevent foodborne diseases caused by meal kits, it is necessary to focus on washing, heating, and preventing cross-contamination during cooking.

Keywords: Meal kit, Microbial contamination, Foodborne pathogen, Hygiene indicator bacteria, Fungi

코로나19 장기화, 캠핑문화의 확산, 1인 가구와 맞벌이 가정의 증가 등으로 인한 사회구조의 변화로 가정에서 간편하게 조리할 수 있는 간편조리세트(밀키트)의 수요가 증가하고 있다. 2022년 국내 밀키트 생산 실적은 전년(538억 원) 대비 228.3%(2,090억 원) 증가하였고[1], 2023년 전 세계 밀키트 시장규모는 약 149억 6,600만 달러(한화 약 19조 4,707억 원)로 전년 대비 7.8% 증가하였다[2].

간편조리세트란 조리되지 않은 손질된 농·축·수산물과 가공식품 등 조리에 필요한 정량의 식재료와 양념 및 조리법으로 구성되어, 제공되는 조리법에 따라 소비자가 가정에서 간편하게 조리하여 섭취할 수 있도록 제조한 제품을 말한다[3]. 간편조리세트는 2020년 10월 26일 신설된 식품유형으로 2022년 1월 1일부터 품목제조보고를 하고 기준규격을 관리하고 있다. 현재 국내 간편조리세트의 미생물학적 기준규격은 대장균 n=5, c=1, m=0, M=10, 황색포도알균 n=5, c=1, m=100, M=1,000, 살모넬라 n=5, c=0, m=0/25 g, 장염비브리오균(살균 또는 멸균처리 되지 않은 해산물 함유 제품에 한함) n=5, c=1, m=100, M=1,000, 장출혈성대장균(가열조리하지 않고 섭취하는 농·축·수산물 함유 제품에 한함) n=5, c=0, m=0/25 g으로 규정하고 있고,

*Correspondence to: Hyun-Kyung Lee, Microorganism Team, Gyeonggi Province Institute of Health and Environment, Suwon 16381, Korea
Tel: +82-31-8008-9772, Fax: +82-31-438-5871
E-mail: hk1155@gg.go.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.

가열조리하여 섭취하는 재료 중 다른 재료와 교차오염되지 않도록 구분 포장된 농·축·수산물 원재료는 제외하고, 나머지 구성재료를 모두 혼합하여 규격을 적용하고 있다.

그러나, 간편조리세트는 가열 및 살균처리 하지 않은 농·축·수산물의 비율이 높고, 농·축·수산물 원재료의 경우 한번 오염되는 경우 세척으로 완전히 제거하기 어렵다[4]. 또한, 불충분한 열처리에 의해서 식중독균이 잔존할 수 있으며 세척 등의 조리과정에서 식재료 간 교차오염이 발생할 수 있어 잠재적인 식중독 사고 위험성을 가진다. 특히, 간편조리세트의 경우 소비기한이 짧아서[4,5] 식중독 사고에 대한 역학조사시 대부분 폐기되어 원인 식품에 대한 추적이 매우 어렵기 때문에 사전 위생관리가 더욱 철저히 이루어져야 한다. 간편조리세트의 위생관리 수준 파악 및 미생물 오염을 방지·감소시키기 위해서는 가열조리하여 섭취하는 개별 포장된 농·축·수산물 원재료의 미생물 오염실태조사가 우선 되어야 한다.

간편조리세트 섭취에 의한 세균성 식중독 사고는 국내에서 아직까지 보고 된 바 없으나, 2002년에서 2022년까지 식중독 발생 원인물질은 노로바이러스에 의한 식중독 발생(발생건수 875건, 환자수 26,761명)을 제외하면, 대부분이 세균성 식중독 사고였다[6]. 발생건수는 병원성대장균(Pathogenic *Escherichia coli*)이 676건(환자수 34,547명)으로 가장 많았고, 다음으로 살모넬라균종(*Salmonella* spp.)이 462건(환자수 17,730명)을 차지하고 있다. 병원성대장균은 동물의 대장 내에 흔하게 존재하며, 장마 등으로 가축의 분뇨 또는 퇴비 등이 환경에 유출될 경우 채소를 오염시킬 수 있고, 가축의 도축과정에서 고기에 이행될수 있기 때문에 채소를 충분히 세척하지 않거나 고기류를 충분히 가열하지 않고 섭취할 경우 병원성대장균 식중독이 발생할 수 있다[7]. 살모넬라는 닭, 오리 등의 가금류와 돼지 등 동물의 장내나 자연에 널리 퍼져있는 식중독균으로 주요 원인 식품은 김밥, 계란(지단)이 포함된 복합조리식품(다양한 식재료를 이용하는 조리식품)이다[8]. 특히, 2021년 부산과 성남 지역에서 발생한 집단식중독은 살모넬라균에 오염된 식재료를 완전히 가열하지 않거나, 오염된 식재료를 취급 후 세정제로 손을 씻지 않고 다른 식재료나 조리도구 등을 만져서 생기는 교차오염이 원인인 것으로 나타났다. 미국에서도 살모넬라균, 병원성대장균, 리스테리아 모노사이토제네스(*Listeria monocytogenes*) 등의 식중독균으로 오염된 농산물, 축산물, 수산물 등을 섭취해 식중독이 발생하는 사례가 자주 보고되고 있다[9].

국내 간편조리세트의 미생물 오염도 조사 연구는 밀푀유나베, 월남쌈, 샤브샤브 등으로 연구 자료가 미비한 실정이다[4,5]. 이에 본 연구에서는 2023년 1월부터 9월까지 경기도내 유통판매되는 간편조리세트 안에 포함된 농·축·수산물 원재료의 미생물 오염도 조사를 통해 간편조리세트의 관리방안 마련 및 식중독 사고를 사전에 예방하기 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

Materials and Methods

시료 수집

2023년 1월부터 9월까지 온라인 또는 경기도내 밀키트 판매점(무인 포함) 및 대형마트에서 유통되는 간편조리세트 55건을 수거하여 가열조리하여 섭취하는 개별 포장된 농·축·수산물 원재료의 미생물 오염도를 조사하였다. 온라인에서 판매되는 간편조리세트 22건은 시료 수령과 동시에 재료의 포장재 표면 온도를 IR온도계(62 Max, Fluke, Everett, WA, USA)를 사용해 측정하였으며, 포장상태, 배송소요시간 등의 정보를 기록하였다. 경기도내 밀키트 판매점(무인 포함) 및 대형마트에서 판매되는 간편조리세트 33건은 수거 후, 아이스박스에 담아 냉장온도를 유지하여 실험실에 가져왔다. 모든 시료는 실험실 도착 후 24시간 이내에 실험을 진행하였으며 채취 및 전처리는 무균적으로 처리하여 실험에 사용하였다.

시료 전처리

위생지표균(일반세균, 대장균군, 대장균) 정량 검사 및 진균수 검사를 위한 시료 전처리는 식품공전 제8. 일반시험법 4. 미생물시험법에 준하여 진행하였다[3]. 분석하고자 하는 농·축·수산물 시료 25 g에 멸균생리식염수(Oxoid™ Saline tablets, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) 225 mL를 넣어 stomacher (400 Circulator, Seward, West Sussex, UK)로 균질화한 것을 시험용액으로 사용하였으며, 시험용액은 필요에 따라 멸균 생리식염수를 사용하여 10배, 100배, 1,000배 등 단계별 희석액을 제조하여 검사에 사용하였다. 시험용액과 각 단계별 희석액은 즉시 실험에 사용하였으며, 모든 실험에서 시험용액을 가하지 않은 동일 희석액 1 mL를 대조시험액으로 하여 시험조작의 무균여부를 확인하였다.

위생지표균(일반세균, 대장균군, 대장균) 정량 검사

일반세균수 검사는 시험용액 1 mL와 각 단계별 희석액 1 mL씩을 세균수 건조필름배지(3M Petrifilm AC; 3M Health Care, St. Paul, MN, USA)에 2매씩 접종한 후 35±1°C에서 48±2 시간 배양하였다. 건조필름배지 당 15-300개의 붉은 집락을 생성한 집락수를 계산하였고, 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 일반세균수를 산출하였다. 대장균군 정량 검사는 시험용액 1 mL와 각 단계별 희석액 1 mL씩을 대장균군 건조필름배지(3M Petrifilm CC; 3M Health Care)에 2매씩 접종한 후 35±1°C에서 24±2 시간 배양하여 붉은 집락 중 주위에 기포를 형성한 집락수를 계산하고, 그 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 대장균군수를 산출하였다. 대장균 정량 검사는 시험용액 1 mL와 단계별 희석액 1 mL씩을 대장균 건조필름배지(3M Petrifilm EC; 3M Health Care)에 2매씩 접종한 후 35±1°C에서 48±2

시간 배양하여 형성된 푸른 집락 중 주위에 기포를 형성한 집락수를 계산하고, 그 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 대장균 수를 산출하였다.

진균수(효모 및 곰팡이수) 검사

진균수는 시험용액 1 mL와 각 단계별 희석액 1 mL씩을 진균수 건조필름배지(3M Petrifilm YM; 3M Health Care)에 2매씩 접종하여 25°C에서 5-7일간 배양하였다. 분명한 균체외각을 가진 미색에서 청록색의 볼록한 집락(효모)과 균체외각이 불분명하고 균체 중앙에 초점이 있는 평평한 집락(곰팡이)을 계산하고, 그 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 진균수를 산출하였다.

식중독균 검사

식중독균 13종의 분석은「식중독 원인조사 시험법」[10]에 수록된 식중독균 스크리닝 검사법에 따라 실시하였다. 시료 25 g을 채취하여 tryptic soy broth (TSB) 배지(Merck, Darmstadt, Germany) 225 mL를 넣어 stomacher (Seward)로 균질화한 것을 36±1°C에서 24시간 증균배양하였다. 각 배양액 1 mL를 13,000 ×g으로 5분간 원심분리하여 상층액을 버린 뒤 멸균증류수 200 μL를 넣어 100°C에서 10분간 끓여 13,000 ×g으로 5분간 원심분리한 후 상층액을 template DNA로 사용하여 PCR 분석을 하였다. 식중독균 13종의 특이 유전자를 확인하기 위하여 PowerChek™ Gram Positive Multiplex Detection Kit (Kogenbiotech, Seoul, Korea), PowerChek™ Gram Negative Multiplex Detection Kit (Kogenbiotech), PowerChek™ Diarrheal *E. coli* 9-plex Detection Kit (Kogen biotech) 및 PowerChek™ *Vibrio vulnificus* Detection Kit (Kogenbiotech)를 사용하였으며, 제조사에서 제시한 각 방법으로 PCR 반응을 실시한 후 최종산물은 QIAxcel DNA High Resolution kit (QIAGEN, Hilden, Germany)와 QIAxcel (DE/QIAxcel, QIAGEN) 자동전기영동장비를 사용하여 전기영동하여 특이유전자를 확인하였다. 음성대조군으로는 멸균증류수를 사용하였고, 양성대조군으로는 각 PCR kit에 포함되어 있는 양성시료를 사용하였다. 각 PCR kit의 균주 및 특이 유전자 조건은 Table 1과 같다. PCR 분석결과 특이유전자가 확인된 식중독균은 균의 분리 및 확인을 위하여 식품공전에 수록된 미생물시험법[3]에 따라 실험하였으며 균 동정은 VITEK (2 COMPACT, Biomerieux, Paris, France)을 사용하였다.

통계처리

실험 결과는 SPSS software program (ver. 25.0, IBM Inc, NY, USA)을 활용하여 평균과 표준편차를 산출하였으며, 통계적 유의성은 독립표본 T 검정과 일원배치 분산분석(one-way ANOVA), 사후분석으로 Scheffe's test 또는 Dunnett T3 test를 이용하여 95% 신뢰수준(P<0.05)에서 검증하였다.

Results and Discussion

간편조리세트의 수거현황

2023년 1월부터 9월까지 온라인 또는 경기도내 밀키트 판매점 및 대형마트에서 유통되는 간편조리세트 55건을 수거하여 가열조리하여 섭취하는 개별 포장된 농·축·수산물 원재료의 미생물 오염도를 조사하였다. 55건의 간편조리세트 중 농산물이 원재료로 들어가는 제품은 48건, 축산물이 원재료로 들어가는 제품은 43건, 수산물이 원재료

Table 1. Specific genes of foodborne pathogenes for multiplex PCR kit

Multiplex PCR kit	Pathogens	Target gene
PowerChek™ Gram Positive Multiplex Detection Kit	*Listeria monocytogenes*	*prfA*
	Clostridium perfringens	*cpa, cpe*
	Bacillus cereus	*groEL*
	Staphylococcus aureus	*femA*
PowerChek™ Gram Negative Multiplex Detection Kit	*Salmonella* spp.	*invA*
	Yersinia enterocolitica	*inv*
	Vibrio parahaemolyticus	*toxR*
	Vibrio cholerae	*ctx*
	Campylobacter jejuni	*hipO*
	Campylobacter coli	*lysC*
	Shigella spp.	*ipaH*
PowerChek™ Diarrheal *E. coli* 9-plex Detection Kit	Enterohemorrhagic *E. coli* (EHEC)	*stx1, stx2*
	Enterotoxigenic *E. coli* (ETEC)	*ST(STh/STp), LT*
	Enteroinvasive *E. coli* (EIEC)	*ipaH*
	Enteroaggregative *E. coli* (EAEC)	*aggR*
	Enteropathogenic *E. coli* (EPEC)	*eaeA, bfpA*
PowerChek™ *Vibrio vulnificus* Detection Kit	*Vibrio vulnificus*	*vvh*

Table 2. Number of sample according to recipe and raw material

Classification of food according to recipe	No. of Sample	Raw materials				
		Agricultural products	Livestock products			Marine products
			Chicken	Beef	Pork	
Stir-fried dishes	20	19	6	4	5	6
Soup/Stew	17	15	2	10	3	5
Noodles	8	7	3	-	-	5
Steamed dishes	6	6	4	-	2	-
Grilled dishes	4	1	1	2	1	-
Total	55	48	16	16	11	16

로 들어가는 제품은 16건이었다(Table 2). 농산물은 양파, 대파, 감자, 당근, 콩나물, 청경채, 배추 등 이었으며, 축산물은 닭고기 16건, 소고기 16건, 돼지고기 11건이었고, 수산물은 새우, 낙지, 바지락 등 이었다. 축산물을 제외한 농산물과 수산물은 구분 포장이 안되어 있는 경우가 많아서 검사시 혼합하여 실험을 실시하였다. 조리법에 따른 수거내역을 보면 볶음류 20건, 국/탕/찌개류 17건, 면류 8건, 찜류 6건, 구이류 4건이었다. 보관조건에 따른 수거내역을 보면 냉장식품이 41건, 냉동식품이 14건이었고, 냉장식품류는 모두 잔여 소비기한이 6일이내였고, 냉동식품은 잔여 소비기한이 1개월부터 17개월까지 다양했다.

간편조리세트의 위생지표균(일반세균, 대장균군, 대장균) 오염도 분석

일반세균은 식품의 제조 및 유통과정에서 위생 상태를 확인할 수 있는 지표로 사용되며, 식품의 부패 척도를 판단하는 위생지표균이다[11]. 간편조리세트 55건의 일반세균수 검사결과는 Table 3과 같다. 농·축·수산물에서 일반세균은 100%의 검출률을 보였으며, 농산물에서는 평균 6.57 log CFU/g, 축산물에서는 평균 4.60 log CFU/g, 수산물에서는 평균 5.47 log CFU/g으로 농산물은 축산물에 비해 유의적으로 높은 일반세균 수치가 나타났다(P<0.05). 또한, 농산물 48건 중 씻어서 사용하는 농산물 20건의 평균 검출량은 7.07 log CFU/g으로 비세척 사용 농산물 28건의 평균 검출량 6.22 log CFU/g 보다 유의적으로 높게 나타나서(P<0.05) 씻어서 사용하는 농산물의 경우 조리법 대로 세척 후 사용하는 것이 중요하다고 생각된다(Table 4). 축산물 43건 중 닭고기, 소고기, 돼지고기의 일반세균 평균 검출량은 각각 4.95, 4.14, 4.77 log CFU/g이었으며, 각 그룹 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다(P>0.05). Lee 등[4]은 밀푀유나베 5종과 월남쌈 3종의 일반세균수 분석 결과, 밀푀유나베 채소류에서 평균 6.66 log CFU/g, 육류에서 평균 3.27 log CFU/g으로 나타났고, 월남쌈 채소류에서 평균 5.62 log CFU/g, 육류에서 평균 3.82 log CFU/g으로 나타나 본 연구결과와 같이 전반적으로 육류에 비해 채소류의 위생지표균 오염도가 높았다고 보고하였다. 식품의 약품안전처고시 제2020-44호 식육 중 미생물 검사에 관한 규정(MFDS, 2020)[12]에는 식육포장처리장, 식육판매장에 유통되는 닭고기, 소고기, 돼지고기 등 식육의 일반세균수 기준을 6.70 log CFU/g 이하로 권장하고 있으며, 일부 학계에서는 식육의 일반세균수가 7.00 log CFU/g을 넘으면 표면에 점질화가 시작되고, 이취가 발생하여 부패의 시점으로 보고하고 있다[13,14]. 본 연구에서 축산물의 일반세균 평균 검출량은 4.60 log CFU/g으로 식품의약품안전처의

Table 3. Contamination level of total aerobic bacteria in meal kit

Raw materials	No. of samples	Contamination level (log CFU/g)			Distribution of total aerobic bacteria (log CFU/g)				
		Mean±SD	Min	Max	≤2	>2-≤4	>4-<7	≥7-≤8	>8
Agricultural products	48	6.57±1.16^{a} (48/48)[1)]	3.15	8.38	0[2)]	2	24	20	2
Livestock products	43	4.60±1.68^{b} (43/43)	0.70	8.18	3	11	25	2	2
Marine products	16	5.47±1.94^{ab} (16/16)	2.28	7.73	0	4	7	5	0

$^{a-b}$Means with different superscripts in each variable were significantly different (P<0.05).
[1)]Number of detected samples/number of analyzed samples.
[2)]Number of detected samples within the range.

Table 4. Microbial contamination level in agricultural products of meal kit

Type	No. of samples	Mean±SD (log CFU/g)		
		Aerobic bacteria	Coliform	Fungi
Washing[1)]	20	7.07±0.84[a] (20/20)[3)]	3.48±1.86[a] (18/20)	4.49±0.81[a] (20/20)
Non- washing[2)]	28	6.22±1.24[b] (28/28)	2.37±1.74[b] (21/28)	3.34±1.33[b] (27/28)

[a-b]Means with different superscripts in each variable were significantly different (P<0.05).
[1)]Washing: agricultural products with "cooking after washing" written on the recipe.
[2)]Non-washing: agricultural products without "cooking after washing" written on the recipe.
[3)]Number of detected samples/number of analyzed samples.

Table 5. Contamination level of coliform in meal kit

Raw materials	No. of samples	Contamination level (log CFU/g)			Distribution of coliform (log CFU/g)			
		Mean±SD	Min	Max	<2	≥ 2-<4	≥ 4-<6	≥ 6-<8
Agricultural products	48	2.83±1.86[a] (39/48)[1)]	<0.70[2)]	6.30	16[3)]	19	12	1
Livestock products	43	1.34±1.09[b] (30/43)	<0.70	3.60	28	15	0	0
Marine products	16	1.12±1.49[b] (7/16)	<0.70	4.40	11	4	1	0

[a-b]Means with different superscripts in each variable were significantly different (P<0.05).
[1)]Number of detected samples/number of analyzed samples.
[2)]Detection limit was <0.70 log CFU/g.
[3)]Number of detected samples within the range.

권장농도보다 낮은 농도를 보였지만, 4건의 제품에서 6.70 log CFU/g을 초과하였다. 식품 중 일반세균수는 4 log CFU/g 이하일 때 안전하다고 판단하며, 5-6 log CFU/g일 때를 초기부패 단계로 보는 것이 일반적이다. 그러나 식품이 부패하였다고 인식할 수 있는 시점은 부패한 냄새나 맛을 느낄 수 있는 단계라고 볼 수 있는데 7-8 log CFU/g의 범위에서 이취를 발생하게 된다[15)]. 국내에서는 농산물에 대한 일반세균수 기준이 설정되어 있지 않지만, 45.83% 이상(22건)의 농산물이 부패를 인식할 수 있는 수준의 일반세균이 검출되어서 잠재적으로 미생물학적 부패의 위험성이 높을 것으로 생각되며 간편조리세트 내 농산물의 신선도에 대한 관리가 필요하다고 생각된다.

대장균군은 식품위생상 분변오염의 지표균으로 대장균군의 검출 유무가 인체에 대한 위해성과 직접적인 관련성은 적지만, 장내세균과에 속하며 살모넬라, 쉬겔라 등과 같은 유해미생물과 대장균의 존재 가능성을 의미하고 있어 잠재적 위험성을 나타내고 있다[16)]. 간편조리세트 55건의 대장균군 정량검사 결과는 Table 5와 같다. 농·축·수산물에서 대장균군은 각각 81.25%, 69.77%, 43.75%의 검출률을 보였다. 대장균군 검출량은 농산물에서 평균 2.83 log CFU/g, 축산물에서 평균 1.34 log CFU/g, 수산물에서 평균 1.12 log CFU/g으로 나타났고, 농산물에서의 평균 검출량은 축산물, 수산물의 검출량에 비해 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 또한, 농산물 48건 중 씻어서 사용하는 농산물 20건 중 18건(90%)에서 대장균군이 확인되었으며, 비세척 사용 농산물 28건 중 21건(75%)에서 대장균군이 확인되어 씻어서 사용하는 농산물의 대장균군 검출률이 높았다(Table 4). 대장균군 평균 검출량도 씻어서 사용하는 농산물의 평균 검출량은 3.48 log CFU/g으로 비세척 사용 농산물의 평균 검출량 2.37 log CFU/g 보다 유의적으로 높게 나타나서(P<0.05), 씻어서 사용하는 농산물의 경우 조리법 대로 세척 후 사용하는 것이 중요하다고 생각된다. 축산물 43건 중 닭고기, 소고기, 돼지고기의 대장균군 검출률은 각각 93.75%(15건/16건), 50%(8건/16건), 63.64%(7건/11건)으로 닭고기에서 가장 많이 검출되었다. 닭고기, 소고기, 돼지고기의 평균 검출량은 각각 1.99, 0.90, 1.04 log CFU/g이었으며, 닭고기의 대장균군 평균 검출량은 소고기의 평균 검출량보다 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). Lee 등[4)]은 밀푀유나베 5종과 월남쌈 3종의 대장균군 정량분석 결과, 밀푀유나베 채소류에서 평균 2.94 log CFU/g, 육류에서 평균 1.27 log CFU/g으로 나타났고, 월남쌈 채소류에서 평균 3.31 log CFU/g, 육류에서 평균 1.93 log CFU/g으로 나타나 본 연구결과와 같이 모든 제품에서 육류는 채소류보다 유의적으로 낮은 오염도가 나타났다고

보고하였다. Lee 등[17]은 국내 신선농산물의 위생지표세균에 대한 오염도 측정 연구결과를 정리한 결과, 국내 신선농산물의 대장균군의 농도 범위는 0.30-7.80 log CFU/g로 보고하였고, 본 연구의 대장균군 정량검사 결과는 보고된 범위안에서 검출되었다.

대장균은 환경과 식품중의 분변오염의 가장 정확한 지표로서 식품위생의 지표미생물로 가장 널리 사용되고 있다. 간편조리세트 55건의 대장균 정량검사 결과는 Table 6과 같다. 축산물에서 대장균은 30.23%의 검출률을 보였고, 수산물에서는 1건만 검출되었고(6.25%), 농산물에서는 대장균이 검출되지 않았다. 축산물에서의 대장균 평균 검출량은 0.47 log CFU/g로 나타났고, 닭고기는 68.75%(11건/16건) 검출률에 평균 검출량은 1.06 log CFU/g 이었던 반면, 소고기와 돼지고기에서는 각각 1건씩(6.25%, 9.09%)만 대장균이 검출되어 닭고기에서의 대장균 검출률이 현저히 높았다. Jeon 등[5]은 샤브샤브 밀키트를 원료별로 구분하여 대장균 정량분석 결과, 6가지 원료 모두에서 대장균은 불검출 되었다고 보고하였다. Cho 등[18]은 유통 중인 생닭에서 59.8%의 대장균을 분리하였고, 본 연구의 닭고기에서 대장균 검출률이 더 높게 나타났다. 식품의약품안전처고시 제2020-44호 식육 중 미생물 검사에 관한 규정(MFDS, 2020)[12]에는 식육포장처리장, 식육판매장에 유통되는 식육의 대장균 수 기준을 소고기는 3 log CFU/g, 닭고기와 돼지고기는 4 log CFU/g 이하로 권장하고 있으며, 본 연구결과 모든 검체에서 권장기준을 만족하였다.

간편조리세트의 진균(효모 및 곰팡이) 오염도 분석

진균류(효모 및 곰팡이)는 식품 중의 세균과 공존하여 식품을 변패시키는데 관련이 있다[5]. 간편조리세트 55건의 진균 정량검사 결과는 Table 7과 같다. 농·축·수산물에서 진균은 각각 97.92%, 93.02%, 93.75%의 검출률을 보였다. 진균 검출량은 농산물에서 평균 3.82 log CFU/g, 축산물에서 평균 2.92 log CFU/g, 수산물에서 평균 2.82 log CFU/g으로 나타났고, 농산물에서의 평균 검출량은 축산물, 수산물의 검출량에 비해 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05). 또한, 농산물 48건 중 씻어서 사용하는 농산물 20건은 모두 진균이 확인(100%) 된 반면, 비세척 사용 농산물 28건 중 27건(96.43%)에서 진균이 확인되어 씻어서 사용하는 농산물의 진균 검출률이 높았다(Table 4). 진균 평균 검출량도 씻어서 사용하는 농산물의 평균 검출량은 4.49 log CFU/g으로 비세척 사용 농산물의 평균 검출량 3.34 log CFU/g 보다 유의적으로 높게 나타나서(P<0.05), 씻어서 사

Table 6. Contamination level of *Escherichia coli* in meal kit

Raw materials	No. of samples	Contamination level (log CFU/g)			Distribution of *E. coli* (log CFU/g)		
		Mean±SD	Min	Max	<1	≥1-<2	≥2-<3
Agricultural products	48	<0.70[1)]	<0.70	<0.70	48[3)]	0	0
Livestock products	43	0.47±0.77 (13/43)[2)]	<0.70	2.36	31	8	4
Marine products	16	0.04±0.17 (1/16)	<0.70	0.70	16	0	0

[1)]Detection limit was <0.70 log CFU/g.
[2)]Number of detected samples/number of analyzed samples.
[3)]Number of detected samples within the range.

Table 7. Contamination level of fungi in meal kit

Raw materials	No. of samples	Contamination level (log CFU/g)			Distribution of yeast and mold (log CFU/g)		
		Mean±SD	Min	Max	<2	≥2-<4	≥4-<6
Agricultural products	48	3.82±1.27[a] (47/48)[1)]	<0.70[2)]	5.86	6[3)]	14	28
Livestock products	43	2.92±1.21[b] (40/43)	<0.70	5.04	8	27	8
Marine products	16	2.82±1.50[b] (15/16)	<0.70	4.91	7	5	4

[a-b]Means with different superscripts in each variable were significantly different (P<0.05).
[1)]Number of detected samples/number of analyzed samples.
[2)]Detection limit was <0.70 log CFU/g.
[3)]Number of detected samples within the range.

용하는 농산물의 경우 조리법 대로 세척 후 사용하는 것이 중요하다고 생각된다. 축산물 43건 중 닭고기, 소고기, 돼지고기의 진균 검출률은 각각 93.75% (15건/16건), 93.75% (15건/16건), 90.91% (10건/11건)로 나타났다. 닭고기, 소고기, 돼지고기의 진균 평균 검출량은 각각 2.86, 2.89, 3.05 log CFU/g이었으며, 닭고기, 소고기, 돼지고기간의 진균 평균 검출량의 유의적 차이는 없었다(P>0.05). Jeon 등[5]은 샤브샤브 밀키트를 원료별로 구분하여 진균 정량분석 결과, 검출률은 100%, 평균 검출량은 3.20 log CFU/g, 오염범위는 2.78-3.52 log CFU/g 수준으로 검출되었다고 보고하였다. 본 연구에서는 농·축·수산물 107건의 진균수 분석 결과 검출률은 95.33%, 평균 검출량 3.31 log CFU/g, 오염범위는 1.00-5.86 log CFU/g 수준으로 검출되어 샤브샤브 밀키트 원료보다 더 높게 검출되었다. 농·축·수산물의 진균수 기준은 정해져 있지 않으나 진균은 출혈, 경련, 구토, 간 장해, 암유발, 심할 경우 죽음까지 초래하는 독소를 생성할 수 있어[19], 간편조리세트 내 농·축·수산물 원재료의 진균 오염 예방을 위한 관리가 필요할 것으로 생각된다.

간편조리세트의 식중독균 오염도 분석

간편조리세트 55건의 식중독균 오염도 분석결과는 Table 8과 같다. 농·축·수산물의 식중독균 검출률은 각각 농산물 35.42% (17건/48건), 축산물 37.21% (16건/43건), 수산물 31.25% (5건/16건)로 축산물의 검출률이 농산물과 수산물에 비해 높았다. 식중독균은 식품에 오염되어 인체에 미치는 영향에 따라 고위해성 식중독균과 저위해성 식중독균으로 구분할 수 있다[20]. 고위해성 식중독균은 소량으로도 식중독을 일으킬 수 있고 감염시 사망을 포함하여 합병증 또는 휴유증을 유발할 수 있는 균으로 살모넬라균종(*Salmonella* spp.), 리스테리아 모노사이토제네스(*Listeria monocytogenes*), 여시니아 엔테로콜리티카(*Yersinia enterocolitica*) 등이 있다. 저위해성 식중독균은 고위해성 식중독균에 비해 상대적으로 위해도가 낮은 균으로 바실루스 세레우스(*Bacillus cereus*), 클로스트리디움 퍼프린젠스(*Clostridium perfringens*), 장염비브리오균(*Vibrio parahaemolyticus*) 등이 있다. 농산물의 경우는 바실루스 세레우스와 클로스트리디움 퍼프린젠스가 분리되었고, 특히, 바실루스 세레우스는 33.33%로 높게 검출되었다. 바실루스 세레우스는 물, 토양, 공기 등 자연계에 널리 분포하는 토양미생물[21]로 원료 취급시 자연환경으로부터 바실루스 세레우스의 혼입을 방지하기 위한 노력이 필요할 것으로 판단된다. 수산물의 경우는 바실루스 세레우스, 클로스트리디움 퍼프린젠스, 장염비브리오가 각각 18.75%, 6.25%, 6.25%로 분리되었다. 축산물에서는 살모넬라균, 바실루스 세레우스, 장병원성대장균(Enteropathogenic *E. coli*; EPEC), 여시니아 엔테로콜리티카, 리스테리아 모노사이토제네스, 클로스트리디움 퍼프린젠스가 각각 13.95%, 11.63%, 9.30%, 9.30%, 4.65%, 4.65%로 분리되어 농산물 및 수산물에 비해 다양한 식중독균이 분리되었고, 농산물과 수산물은 저위해성 식중독균만 분리된 반면, 축산물에서는 고위해성 식중독균이 다수 분리되었다. 특히, 닭고기의 검출률은 62.50%(10건/16건)로 소고기(18.75%, 3건/16건)와 돼지고기(27.27%, 3건/11건)의 검출률에 비해 높았고, 6건의 검체에서는 2개 이상의 식중독균이 분리되었다. Lee 등[4]은 밀푀유나베 5

Table 8. Isolation rate (%) of foodborne pathogens in meal kit

Foodborne pathogens (%)	Raw materials				
	Agricultural products	Livestock products			Marine products
		Chicken	Beef	Pork	
Bacillus cereus	33.33% (16/48)[1)]	6.25% (1/16)	6.25% (1/16)	27.27% (3/11)	18.75% (3/16)
Salmonella spp.	ND[2)]	37.50% (6/16)	ND	ND	ND
pathogenic *E. coli*	ND	25.00% (4/16)	ND	ND	ND
Yersinia enterocolitica	ND	25.00% (4/16)	ND	ND	ND
Clostridium perfringens	2.08% (1/48)	12.50% (2/16)	ND	ND	6.25% (1/16)
Listeria monocytogenes	ND	ND	12.50% (2/16)	ND	ND
Vibrio parahaemolyticus	ND	ND	ND	ND	6.25% (1/16)

[1)]Number of detected samples/number of analyzed samples.
[2)]ND: not detected.

종과 월남쌈 3종의 병원성 미생물(살모넬라균, 리스테리아 모노사이토제네스, 병원성대장균) 검사결과, 3건의 소고기에서 리스테리아 모노사이토제네스가 분리되었다고 보고하였고, 본 연구에서도 소고기에서 2개의 리스테리아 모노사이토제네스를 분리하였다. Cho 등[18]은 국내 유통 중인 생닭과 조리된 닭가공품에서 *eae*A 유전자를 가진 장병원성대장균 16개(20.0%)를 검출하였고, 본 연구에서도 닭고기에서 *eae*A 유전자를 가진 장병원성대장균 4개(9.30%)를 분리하였다. Moon 등[22]의 국내 도축장 식육의 미생물 안전관리체계 검토 보고서에 따르면 소, 돼지보다는 도축과정에서의 교차 오염 가능성이 높은 오리고기, 닭고기 등에서 높은 식중독균 검출률을 보인다고 알려져있고, 닭고기 검출률이 가장 높았던 본 연구결과와도 일치한다. 돼지고기는 저위해성 식중독균인 바실루스 세레우스만 분리된 반면, 닭고기에서는 살모넬라균, 여시니아 엔테로콜리티카와 같은 고위해성 식중독균이 분리되었고, 소고기의 곱창 및 대창에서 고위해성 식중독균인 리스테리아 모노사이토제네스가 분리되었다. 간편조리세트로 인한 식중독 사고를 예방하기 위해서는 축산물의 사육단계에서의 질병관리와 도축과정에서의 분변 오염 최소화, 기구들의 철저한 세척 및 소독 등을 통한 원료의 안전성 확보와 제조 및 유통단계에서의 위생관리가 좀더 체계적으로 수행되어야 할 것이다. 소비단계에서도 닭고기와 소고기의 내장 등을 조리시 완전히 가열조리하고, 준비 단계에서 다른 식재료나 조리기구에 교차오염이 발생하지 않도록 조리도구, 조리환경에 대한 철저한 관리가 필요할 것으로 생각된다.

국문요약

본 연구에서는 경기도 내 유통 중인 간편조리세트 55건 내 농·축·수산물 원재료의 미생물 오염도를 조사하였다. 55건의 간편조리세트 중 농산물이 원재료로 들어가는 제품은 48건, 축산물이 원재료로 들어가는 제품은 43건, 수산물이 원재료로 들어가는 제품은 16건이었다. 농·축·수산물에서 일반세균은 100%의 검출률을 보였으며, 일반세균 평균 검출량은 농산물 6.57 log CFU/g, 축산물 4.60 log CFU/g, 수산물 5.47 log CFU/g으로 나타났다. 농·축·수산물에서 대장균군은 각각 81.25%, 69.77%, 43.75%의 검출률을 보였고, 대장균군 평균 검출량은 농산물 2.83 log CFU/g, 축산물 1.34 log CFU/g, 수산물 1.12 log CFU/g으로 나타났다. 대장균은 13건(30.23%)의 축산물에서 0.70-2.36 log CFU/g 범위로 검출된 반면, 수산물에서는 1건(6.25%)만 검출되었고, 농산물에서는 검출되지 않았다. 농·축·수산물에서 진균은 각각 97.92%, 93.02%, 93.75%의 검출률을 보였고, 진균 평균 검출량은 농산물 3.82 log CFU/g, 축산물 2.92 log CFU/g, 수산물 2.82 log CFU/g으로 나타났다. 농·축·수산물에서 식중독균은 각각 35.42%, 37.21%, 31.25%의 분리율을 보였고, 바실루스 세레우스, 살모넬라균 등 7종의 45개 식중독균을 분리하였다. 간편조리세트로 인한 식중독 사고 예방을 위하여 세척, 충분한 가열 섭취 및 조리과정 중 교차오염에 대한 주의가 필요하다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Hyun-Kyung Lee http://orcid.org/0000-0001-8119-7674
Young-Sook Do http://orcid.org/0000-0002-1023-2978
Min-Jung Park http://orcid.org/0000-0001-5518-3033
Kyoung Suk Lim http://orcid.org/0009-0004-7846-5534
Seo-In Oh http://orcid.org/0009-0001-7626-6652
Jeong-Hwa Lim http://orcid.org/0000-0003-3691-4042
Hyun-Soo Kim http://orcid.org/0000-0002-4694-2920
Hyun-Kyung Ham http://orcid.org/0000-0003-2426-4441
Yeo-Jung Kim http://orcid.org/0009-0007-5864-1766
Myung-Jin Lee http://orcid.org/0000-0002-4881-7672
Yong-Bae Park http://orcid.org/0000-0003-2596-8520

References

1. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, March 7). In 2022, the domestic food industry exceeded 100 trillion won... Accounts for about 5% of GDP. Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=47506&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1
2. Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation (aT), (2024, March 7). Global meal kit market status. Retrieved from https://www.kati.net/board/reportORpubilcationView.do?board_seq=99327&menu_dept2=49&menu_dept3=53
3. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, January 8). Korea food code. Retrieved from https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC
4. Lee, S.H., Nam, S.J., Kim, D.W., Kim, G.R., Park, S.J., Lee, E.J., Je, H.J., Koo, O.K., Investigation of microbial contamination in meal kit products purchased via oline shopping. *Korean J. Food Sci. Technol*., **54**, 235-240 (2022).
5. 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).
6. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2023, October 4). Food poisoning statistics. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu_no=4425&menu_grp=MENU_NEW02
7. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, January 8). Beware of pathogenic *E. coli* food poisoning in summer.

Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=46601&srchFr=&srchTo=&srchWord=%EC%8B%9D%EC%A4%91%EB%8F%85&srchTp=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&Data_stts_gubun=C9999&page=1

8. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, January 8). Ministry of Food and Drug Safety, Beware of *Salmonella* Food poisoning. Retrieved from https://www. mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=45639&srchFr=&srchTo=&srchWord=%EC%82%B4%EB%AA%A8%EB%84%AC%EB%9D%BC&srchTp=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq= 0&company_cd=&company_nm=&Data_stts_gubun=C9999&p age=1
9. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), (2023, August 10). List of multistate foodborne outbreak notices. Retrieved from https://www.cdc.gov/foodsafety/outbreaks/lists/outbreaks-list.html
10. National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, (2023, January 2). Detection method for foodborne pathogens investigation. Retrieved from https://www.nifds.go.kr/brd/m_18/view.do?seq=12665&srchFr=&srchTo=&srchWord=%EC%9B%90%EC%9D%B8%EC%A1%B0%EC%82%AC&srchTp=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1
11. Forsythe, S.J., 2020. The microbiology of safe food, third ed, Wiley-Blackwell, Hoboken, NJ, USA. pp. 261.
12. Korean Law Information Center, (2024, January 8). Regulations on microbial testing in meat. Retrieved from https://law.go.kr/LSW/admRulInfoP.do?admRulSeq=2100000190025
13. Verma, S.P., Sahoo, J., Improvement in the quality of ground chevon during refrigerated storage by tocopherol acetate preblending. *Meat Sci.*, **56**, 403-413 (2000).
14. Shin, H.Y., Ku, K.J., Park, S.K., Song, K.B., Use of freshness indicator for determination of freshness and quality change of beef and pork during storage. *Korean J. Food. Sci. Technol.*, **38**, 325-330 (2006).
15. Woo, H.I., Kim, J.B., Choi, J.H., Kim, E.H., Kim, D.S., Park, K.S., Kim, E.J., Eun, J.B., Om, A.S., Evaluation of the level of microbial contamination in the manufacturing and processing company of red pepper powder. *J. Food Hyg. Saf.,* **27**, 427-431 (2012).
16. 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).
17. Lee, S.H., Nam, S.J., Kim, S.R., Hwang, I., Song, S.B., Shin, H., Cho, M., Koo O.K., The need for safety management required during the produciton of fresh produces. *Safe Food*, **16**, 47-57 (2021).
18. Cho, Y.S., Lee, D.Y., Kim, H.E., Lee, M.K., Lee, J.Y., Prevalence. and characterization of diarrheagenic *Escherichia coli* isolated from raw chicken and chilled chicken in Korea. *J. Food. Hyg. Saf.*, **32**, 129-134 (2017).
19. Paik, S.B., Sim, S.C., Chung, I.M., Yu, S.H., Survey and control of the occurrence of mycotoxins from postharvest vegatables in korea. *Korean J. Plant Pathol.,* **13**, 331-336 (1997).
20. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2024, January 8). Principles for setting standards for food. Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_218/view.do?seq=30185&srchFr=&srchTo=&srchWord=%EA%B8%B0%EC%A4%80+%EC%84%A4&srchTp=0&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&Data_stts_gubun=C9999&page=1
21. Koo, M.S., *Bacillus cereus*-An ambusher of food safety. *Bull. Food Technol.*, **22**, 587-600 (2009).
22. Moon, J.S., Lee, H.Y., Kim, H.Y., Yoon, S.S., Review of microbiological safety management system of slaughtered meat in Korea. *Safe Food*, **15**, 27-34 (2020).