

# 국내 유통 중인 훈제 연어(*Oncorhynchus keta*)의 위생지표세균 및 *Listeria monocytogenes* 오염도 조사

이수정 · 이은우 · 장원제\*

동의대학교 바이오의약공학과

## Investigation of Hygiene Indicator Organisms and *Listeria monocytogenes* Contamination in Smoked Salmon *Oncorhynchus keta* Distributed in Korea

Su-Jeong Lee, Eun-Woo Lee and Won Je Jang\*

Biopharmaceutical Engineering Major, Dong-Eui University, Busan 47340, Republic of Korea

This study was conducted to evaluate the level of microbial contamination in smoked salmon products sold in hypermarkets in major metropolitan cities in Korea. *Listeria monocytogenes* is the primary cause of smoked and raw salmon product recalls. Here, we used *L. monocytogenes* as a bacterial hygiene indicator and investigated the microbial contamination level of frozen/refrigerated smoked salmon products collected from hyper markets. Contamination levels were analyzed by seasons, manufacturers, and consumption regions. For hygiene indicator bacteria, total bacteria count, coliforms, and *Escherichia coli* were examined according to the food code established by the Ministry of Food and Drug Safety, and polymerase chain reaction (PCR) was performed to detect *Listeria* sp. The highest contamination level was observed in spring in Busan among five consumption regions. *Listeria* was detected at a level of 2.1% among all samples collected. And especially *L. monocytogenes* was detected in two cases from the samples collected from Daegu and Daejeon. Sanitary standards and specifications should be established according to the contamination level of smoked salmon products investigated in this study, and continuous monitoring is necessary.

Keywords: Food safety, *Listeria monocytogenes*, Smoked salmon

### 서 론

우리나라의 1인당 수산물 소비량은 연간 60 kg에 육박하며, 세계 주요국들 가운데 최고 수준이다(Jin et al., 2021). 또한, 우리나라 연어 수입량은 2019년 약 3만 8,000톤에서 2020년에는 4만 2,600톤까지 증가하였다(MOF, 2021). 연어 제품의 경우, 생연어, 초밥, 샐러드, 훈제연어 등과 같이 다양한 가공 형태를 거쳐 유통되고 있다. 훈제연어는 열처리 공정을 거치지 않는 비가열 즉석섭취식품으로 냉동 제품은 1-2년, 냉장 제품은 평균 2주의 유통기한을 가진다(Song et al., 2021). 또한, 훈제연어의 제조 과정 중 훈연 과정에서 형성되는 페놀 화합물 등의 성분이 미생물 성장을 억제하는 효과를 가진다고 알려져 있다(Løvdal, 2015). 그러나 이러한 효과에도 불구하고 일부 연어 제품에서 미생물 오염 문제가 발생하고 있다. 연어류 제품에서 보고된 리

콜 사례는 *Listeria monocytogenes*가 대다수를 차지하고 있으며, 감염의 심각성과 치명적인 사례가 높아 연어 산업에서 가장 큰 미생물 숙제로 여겨지고 있다(Heir et al., 2021). 리스테리아 증은 주로 *L. monocytogenes*에 오염된 식품을 매개로 발생하며, 세균이 만들어 내는 PrfA, InlA, InlB, Vip, LAP 등과 같은 독성 단백질들이 주요 인자로 알려져 있다(Jin et al., 2021). 이는 장관을 침습하여 혈관을 통해 각종 기관 조직으로 이동하여 패혈증, 중추신경계 감염, 간농양, 뇌수막염, 유산, 사산과 같은 심각한 증상을 일으킨다(Dillon and Patel, 1992). 훈제연어 및 치즈, 우유 등과 같은 유제품이 리스테리아증 발병 우려가 높은 식품인 이유는 소비 전 가열 조리과 같은 살균 단계가 없기 때문이다(Eicher et al., 2020; Kim et al., 2020). 또한, 이들은 최적 성장 조건이 30-37°C, pH 7로 알려져 있으나, -1.5-45°C 및 최대 16%의 염도에서도 성장 또는 저항하는 등의 높은 적응력

\*Corresponding author: Tel: +82. 51. 890. 1522 Fax: +82. 505. 182. 6871

E-mail address: wjjang@deu.ac.kr



This is an Open Access article 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.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0721>

Korean J Fish Aquat Sci 56(5), 721-727, October 2023

Received 1 September 2023; Revised 26 September 2023; Accepted 5 October 2023

저자 직위: 이수정(대학원생), 이은우(교수), 장원제(교수)

을 가진다(Maggio et al., 2021). 특히 리스테리아는 식품 공장에서 시설 표면에 biofilm을 형성하고 증식하기 때문에 항생제에 대한 저항성이 높아 가열하지 않으면 제거하기 힘든 식중독균으로 알려져 있다(Jang, 2011). 이러한 특성은 비가열 섭취 식품인 훈제연어의 유통 및 냉장 보관 과정에서 리스테리아 오염에 대한 컨트롤을 어렵게 하며, 결론적으로 소비자의 식품 안전성을 위협한다.

식품 내 리스테리아 오염의 구체적인 사례로, 국내에서는 2020년 서울시가 수거한 훈제연어 6개의 제품에서 *L. monocytogenes*가 검출되어 전량 회수한 바 있다(MFDS, 2020a). 또한, 국외로 수출하는 팽이버섯에서 리스테리아가 검출되어 36명이 식중독을 일으키고 4명이 사망한 바 있다(CDC, 2020). 이는 가열조리하여 버섯을 섭취하는 한국과 샐러드 등 바로 섭취하는 미국의 식생활이 달라 발생한 것이다(Ha and Lee, 2020; MFDS, 2020b). 다행히도 국내에서는 리스테리아증 발생 및 사망 사례는 아직까지 보고된 바 없으나, *L. monocytogenes*가 검출되어 회수되는 경우가 종종 있기 때문에 주의할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 국내 주요 광역시의 대형 마트에서 판매되고 있는 훈제연어를 수집하여 위생지표세균과 훈제연어에서 주로 검출된다고 알려져 있는 식중독 세균인 *L. monocytogenes*의 오염도를 조사하였으며, 이를 토대로 가공 및 유통 단계의 위생 관리 필요성을 제안하여 훈제연어의 안전성을 평가하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 수집

국내 유통 중인 훈제연어의 미생물 오염도 조사를 위하여 2018년 3-4월, 7-8월, 9-10월까지 전국 5개의 광역시(서울특별시, 부산광역시, 광주광역시, 대구광역시, 대전광역시)의 대형마트 15곳에 유통 중인 7개의 제조사(이하 A-G사) 냉장 및 냉동 훈제연어 375건을 수집하였다. 수집한 시료는 아이스박스에서 온도를 유지한 채 실험실로 옮겨 분석에 사용하였다.

### 실험 재료 및 전처리

월별, 지역별, 공장별로 수집한 훈제연어의 위생 지표균(일반세균, 대장균군, 대장균)과 리스테리아 검출 분석은 식품공전(MFDS, 2021)의 미생물 시험법에 준하는 방법으로 진행하였다. 위생 지표균 분석을 위해 plate count agar (PCA; Oxoid,

UK)와 3M Petrifilm *E. coli*/coliform Count Plate (3M; Saint Paul, WV, USA)를 사용하였다. 수집된 시료를 균질화 및 희석하기 위하여 0.1 M phosphate-buffered saline (PBS; pH 7.2)을 사용하였다. 시료에서 *L. monocytogenes*를 분리하기 위하여 증균배지로 Listeria enrichment broth (LEB; Difco, Detroit, MI, USA)를 사용하였고, 분리배지로 Fraser broth와 PALCAM agar (Oxoid, UK)를 사용하였다. 시료를 균질화할 때는 Stomacher (BagMixer 400; Interscience, Saint Nom, France)를 사용하였다. 시료 25 g과 PBS 225 mL를 취하여 Stomacher를 이용하여 1분간 균질화하였고, 이를 원액으로 하여 사용하였다.

### 위생지표세균 조사

일반세균수는 전처리 된 시료를 심진 희석법으로  $10^{-8}$ 배까지 희석하여 plate에 1 mL씩 분주하였고, 멸균 후  $40^{\circ}\text{C}$ 까지 식힌 PCA 배지를 부어 주입평판법을 실시하였다. 균은 배지는  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 24-48시간 동안 배양하였고, 유효범위 15-300개 이내의 집락수를 측정하였다. 대장균 및 대장균군은 전처리 된 시료를 10배 희석법으로  $10^{-8}$ 배까지 희석하여 3M petrifilm *E. coli*/Coliform Count Plate에 분주하고  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 48시간 배양한 후, 기포가 생긴 푸른색 집락은 대장균, 기포가 생긴 붉은색 집락은 대장균군으로 판단하고 계수하였다.

### 리스테리아 오염도 조사

훈제연어에서 식중독을 유발하는 균주 중 *L. monocytogenes*를 검출하기 위하여 식품공전(MFDS, 2021)을 참고하여 정성분석을 실시하였다. 시료 25 g과 LEB 225 mL를 혼합하여  $30^{\circ}\text{C}$ 에서 48시간 증균 배양하였다. 이후, 증균액을 Fraser broth에 접종하여 1차 분리 배양하여 진한 갈색을 띤 시료를 양성으로 판정하여, PALCAM agar에 도말하여  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 배양하여 2차 분리를 수행하였다. 검은색 집락을 *Listeria* 속으로 판단하고, PCR로 최종 확인 시험을 진행하였다. PCR에 사용된 프라이머 및 온도 조건은 Table 1에 제시하였다.

### 통계처리

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 미생물 균수는  $\log_{10}$  CFU/g으로 나타내었다. 데이터의 통계처리는 각 그룹에 대한 평균  $\pm$  표준편차로 나타내었다.

Table 1. PCR condition for detection of *Listeria monocytogenes*

Gene	Primer sequence (5'-3')	Amplicon size (bp)	$T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Ref.
Listeriolysin O	F: GACATTCAAGTTGTGAA R: CGCCACACTTGAGATAT	560	48	Thomas et al. (1991)
16S rRNA	F: CAGCAGCCGCGGTAATT R: CTCCATAAAGGTGACCCT	938	55	Osman et al. (2014)

## 결과 및 고찰

### 훈제연어 유통 방법 조사

5개 지역의 대형마트에서 총 7개의 제조사로부터 가공된 훈제연어 시료를 수집하였다. 수집된 시료의 유통 과정을 조사한 결과, 총 375 건의 훈제연어 중 냉장 상태로 판매되고 있는 건은 35건으로 전체 시료 중 9.3%를 차지하였으며, 나머지 90.7%는 냉동으로 판매되고 있었다. 훈제연어의 경우 냉장 유통일 때 평균 2주, 냉동 유통일 때 평균 1년의 유통기한을 가지며(Song et al., 2021), 대부분 (90.7%)이 유통기한이 비교적 긴 냉동상태로 유통되고 있었다.

### 지역별 위생지표세균 분석

시료 수거 지역에 따른 위생지표세균 분석 결과는 Table 2와 Table 3에 나타내었다. 전체 시료는 서울특별시를 포함한 5개의 주요 광역시에서 수집되었으며, 지역과 계절의 분포에 따라

고르게 수집하기 위하여 한 지역당 75건으로 총 375건의 시료를 수집하였다.

서울은 전체 시료 중 22건(29.3%)에서 일반세균이 1 log CFU/g 이상 검출되었으며, 검출 수준은 1.18–3.18 log CFU/g이었다. 대장균군 및 대장균은 검출되지 않았다. 부산은 전체 시료 중 35건(46.6%)에서 일반세균이 검출되어 5개의 지역 중 가장 높은 검출율을 보였다. 일반세균의 검출 수준은 1.20–5.41 log CFU/g이었다. 대장균은 검출되지 않았으나 대장균군은 7건(9.3%) 검출되었으며, 1.04–4.21 log CFU/g의 검출 수준을 보여 대장균군의 검출 농도가 다른 지역에 비해 비교적 높게 나타났다. 대전은 전체 시료 중 28건(37.3%)에서 일반세균이 1 log CFU/g 이상 검출되었으며, 그 수준은 1.20–4.24 log CFU/g이었다. 대장균군은 7건(9.3%) 검출되었으며, 검출 수준은 1.00–2.07 log CFU/g을 보였다. 대구는 전체 시료 중 22건(29.3%)에서 일반 세균이 1 log CFU/g 이상 검출되었으며, 검출 수준은 1.34–3.30 log CFU/g을 보였다. 대장균군 및 대장균

Table 2. Sample numbers of smoked salmon *Oncorhynchus keta* by sales regions and manufacturer

Manufacturer		Sales regions					Total
		Seoul	Busan	Daejeon	Daegu	Gwangju	
A	N <sup>1</sup>	20	0	20	10	35	85
	TBC <sup>2</sup>	12 (60)	- <sup>3</sup>	10 (50)	6 (60)	8 (22.8)	36 (42.3)
	Coliform	ND <sup>4</sup>	-	1 (5)	ND	ND	1 (1.1)
B	N	20	20	25	10	30	105
	TBC	1 (5)	1 (5)	2 (8)	ND	6 (20)	10 (9.5)
	Coliform	ND	ND	1 (4)	ND	ND	1 (0.9)
C	N	5	10	5	5	5	30
	TBC	ND	5 (50)	5 (100)	ND	2 (40)	12 (40)
	Coliform	ND	4 (40)	5 (100)	ND	ND	9 (30)
D	N	10	15	15	15	5	60
	TBC	5 (50)	3 (20)	6 (40)	3 (20)	3 (60)	20 (33)
	Coliform	ND	ND	ND	ND	ND	ND
E	N	5	15	0	5	0	25
	TBC	ND	9 (60)	-	ND	-	9 (36)
	Coliform	ND	3 (20)	-	ND	-	3 (12)
F	N	10	5	10	10	0	35
	TBC	7 (70)	ND	5 (50)	4 (40)	-	16 (45.7)
	Coliform	ND	ND	ND	ND	-	ND
G	N	5	10	0	20	0	35
	TBC	ND	7 (70)	-	9 (45)	-	16 (45.7)
	Coliform	ND	ND	-	ND	-	ND
Total	N	75	75	75	75	75	375
	TBC	22 (29.3)	25 (33.3)	28 (37.3)	22 (29.3)	19 (25.3)	119 (31.7)
	Coliform	ND	7 (9.3)	7 (9.3)	ND	ND	14 (3.7)

<sup>1</sup>Number of samples. <sup>2</sup>Total bacteria count (Number of positive (%)). <sup>3</sup>-, No samples. <sup>4</sup>ND, Not detected (limit of detection <1.0 log CFU/g).

Table 3. Microbiological evaluation of smoked salmon *Oncorhynchus keta* by sales regions (Unit, log CFU/g)

Regions		Seoul	Busan	Daejeon	Daegu	Gwangju
Total bacteria count	Number of positive/ Total number (%)	22/75 (29.3)	35/75 (46.6)	28/75 (37.3)	22/75 (29.3)	19/75 (25.3)
	Average±SD	1.84±0.59	2.79±1.16	2.11±0.79	2.01±0.46	1.69±0.34
	Max.	3.18	5.41	4.24	3.30	2.46
	Min.	1.18	1.20	1.20	1.34	1.18
Coliform	Number of positive/ Total number (%)	ND <sup>1</sup>	7/75 (9.3)	7/75 (9.3)	ND	ND
	Average±SD	ND	2.00±1.13	1.38±0.35	ND	ND
	Max.	ND	4.21	2.07	ND	ND
	Min.	ND	1.04	1.00	ND	ND
<i>E. coli</i>	Number of Positive	ND	ND	ND	ND	ND
<i>L. monocytogenes</i>	Number of positive/ Total number	ND	ND	1/75	1/75	ND

<sup>1</sup>Not detected (limit of detection <1.0 log CFU/g or qualitatively not detected).

은 검출되지 않았다. 광주는 전체 시료 중 19건(25.3%)가 일반 세균이 1 log CFU/g 이상 검출되었고, 검출 수준은 1.18–2.46 log CFU/g로 나타났다. 대장균 및 대장균군은 검출되지 않았다. 5개의 주요 광역시 중 부산에서 수집된 시료에서 가장 높은 일반세균이 검출되었으며, 검출 빈도 또한 높았다. 각 시료에 대한 검출 수준은 지역별 차이가 있었으나 검출 빈도는 유의한 차이가 없이 대부분 비슷한 빈도인 것으로 조사되었다.

#### 월별 위생지표세균 분석

2018년 3–4월, 7–8월, 9–10월 구간별로 수집한 훈제연어의 위생지표세균 분석 결과는 Table 4에 나타내었다. 일반 세균수는 3–4월에 3.33±1.55 log CFU/g 검출되어 다른 계절에 비해 비교적 높게 검출되었으며, 7–8월은 2.05±0.73 log CFU/g, 9–10월은 2.06±0.77 log CFU/g으로 나타났다. 대장균군 또한 3–4월이 2.68±1.05 log CFU/g으로 다른 계절에 비하여 높게 검출되었으며, 7–8월은 1.12±0.11 log CFU/g, 9–10월은 1.36±0.36 log CFU/g으로 나타났다. 월 구간별로 위생지표세균의 검출 정도를 비교해 보았을 때 3–4월에 채취한 시료 125건 중 일반 세균수가 1 log CFU/g 이상 검출된 시료는 5건, 대장균군이 1 log CFU/g 검출된 시료는 4건에 불과하였다. 그에 비해 7–8월의 경우 일반 세균수가 1 log CFU/g 이상 검출된 시료가 63건에 달하였으며, 9–10월 또한 51건으로 두 계절 모두 3–4월에 비하여 10배 이상 검출되었다.

식품공전(MFDS, 2021)에 고시된 최종소비자가 그대로 섭취할 수 있도록 유통판매를 목적으로 위생처리하여 용기 및 포장에 넣은 동물성 냉동 수산물의 일반 세균수 기준치는 검사 시료 수(n)=5, 최대 허용 시료 수(c)=2, 미생물 최소 허용 기준치(m)=100,000, 미생물 한계 허용 기준치(M)=500,000 이하이다. 수집된 냉동 시료 중 해당 기준치를 초과하는 시료는 나타나지 않았다. 그러나, 월별 구간에 따라 고르게 시료를 수집하

였음에도 전체 375건의 시료 중 3–4월에 수집된 냉장 시료 2건에서 일반 세균수가 4 log CFU/g 이상 검출되었다. 수집된 시료 중 90.7%를 차지하는 냉동 시료는 일반세균이 1.17–4.76 log CFU/g, 대장균군이 1.04–2.55 log CFU/g으로 나타났으나, 9.3%를 차지하는 냉장 시료는 일반세균이 4.56–5.41 log CFU/g, 대장균군이 2.06–4.21 log CFU/g으로 비교적 높게 나타났다. 수집된 전체 시료에서 대장균은 검출되지 않았다. 평균적으로 기온이 높은 7–8월에 비해 3–4월의 일반 세균수가 높게 나타난 이유는 -18°C에서 보관 및 유통되는 냉동시료에 비해 판매 전까지 비교적 높은 온도인 2–8°C에서 보관되는 냉장 시료가 수거 되었기 때문으로 사료된다. 따라서, 냉장 유통 방법에

Table 4. Microbiological evaluation of smoked salmon *Oncorhynchus keta* by month (Unit, log CFU/g)

Month		Mar–Apr	Jul–Aug	Sep–Oct
N <sup>1</sup> (Refrigerated/Frozen)		35/90	0/125	0/125
Total bacteria count	Number of positive/ Total number (%)	5/125 (4.0%)	63/125 (50.4%)	51/125 (40.8%)
	Average±SD	3.33±1.55	2.05±0.73	2.06±0.77
	Max.	5.41	4.76	4.1
	Min.	2.04	1.26	1.18
Coliform	Number of positive/ Total number (%)	4/125 (3.2%)	3/125 (2.4%)	7/125 (5.6%)
	Average±SD	2.68±1.05	1.12±0.11	1.36±0.36
	Max.	4.21	1.25	2.07
	Min.	1.9	1.04	1
<i>E. coli</i>	Number of positive	ND <sup>2</sup>	ND	ND

<sup>1</sup>Number of samples. <sup>2</sup>Not detected (limit of detection <1.0 log CFU/g).

대한 미생물 오염 관리 및 위생지표세균에 대한 규격이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

### 제조사별 위생지표세균 분석

지역별 제조사 다양성을 확인한 결과, 훈제연어는 주요 광역시 5개의 지역에 총 7개의 제조사가 훈제연어를 유통하고 있었다. 서울특별시와 대구광역시 7개, 부산광역시 6개, 대전광역시 5개, 광주광역시 4개의 제조사 제품이 유통되고 있었다. 시료는 각 지역별로 75건씩 고르게 채취하였다. 3월부터 10월까지 5개의 주요 광역시에서 채취한 시료는 국내 7개(A-G)의 제조사에서 생산되었으며, 각 제조사별 시료 채취 수와 위생지표세균 검출 현황은 Table 2에 나타내었다. 제조사별 채취 빈도를 살펴보면, B사가 총 375건 중 105건(28%)이 채취되어 가장 많은 양이 채취되었으며, E사는 25건(6.6%)으로 가장 적은 비율로 채취되었다. 채취된 B사의 제품의 종류는 총 6가지로 제조사들 중 가장 많은 훈제연어 제품을 시중에 판매하고 있었다. A사는 전체 지역에서 총 85건(23%)이 채취되었으며, 전체 시료 중 36건(42.3%)에서 일반세균수가 1 log CFU/g 이상 검출되었으며, 1.23–2.86 log CFU/g 수준이었다. 또한, 85건 중 1건(1.1%)에서 대장균군이 1.25 log CFU/g 수준으로 1 log CFU/g 이상 검출되었다. B사의 시료는 전체 375건 중 105건(28%)으로 가장 많이 채취되었으나 전체 제조사 중 일반세균수 및 대장균군이 가장 적게 검출되었다. 일반세균은 전체 105건 중 10건(9.5%) 검출되었으며, 검출 수준은 1.95–1.20 log CFU/g로 검출 농도도 타 제조사에 비해 비교적 낮은 것으로 조사되었다. 대장균군은 전체 중 1건(0.9%)에서 1 log CFU/g이 검출되었다. 또한, B사는 시료 종류가 6종류로 전체 제조사 중 가장 다양한 제품이 시중에 판매되고 있었으며, 위생지표세균이 가장 적은 빈도로 검출된 것을 보아 제조 공장의 위생 관리가 철저히 이루어지고 있을 것으로 판단된다. C사의 시료는 전체 중 30건(8%)으로 비교적 적은 양 수집되었다. 30건의 시료 중 일반세균은 12건(40%)에서 1 log CFU/g 이상 검출되었으며, 1.51–5.41 log CFU/g 수준으로 타 제조사에 비해 3 log CFU/g 이상의 농도가 검출되었다. 또한, 대장균군이 검출된 시료는 전체 중 9건(30%)으로, 1.07–4.21 log CFU/g의 수준이 검출되었다. C사는 전체 제조사 중 유일하게 냉장 시료가 판매되고 있었으며, 수거된 전체 시료 중 C사의 냉장 시료에서 위생지표세균이 가장 높게 나타났다. 따라서, 냉장 시료의 제조 및 유통 공정에서 더 세밀한 위생 관리가 이루어져야 할 것으로 사료된다. D사의 시료는 전체 중 60건(16%)이 수집되었다. 그 중 일반세균이 검출된 건수는 20건(33.3%)이었으며, 검출 수준은 1.18–2.14 log CFU/g이었다. 대장균군은 D사의 전체 시료에서 1 log CFU/g 이상 검출되지 않았다. E사는 전체 제조사 중 가장 적은 양의 시료가 수집되었으며, 대전과 광주에서는 E사의 시료가 수집되지 않았으며, 대부분이 부산에서 수집되었다. 일반세균은 전체 중 9건(36%) 검출되었으며, 대장균군은 3건(12%) 검출되었다. 일

반세균은 2.31–4.76 log CFU/g의 수준으로 타 제조사의 냉동 시료 중 가장 높은 수준을 보였으며, 대장균군은 1.04–1.14 log CFU/g 수준으로 타 제조사와 비슷하게 나타났다. F사의 시료는 전체 중 35건(9%) 수집되었다. 일반세균은 전체 시료 중 16건(45.7%)가 검출되었으며, 1.51–3.30 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 대장균군은 전체 시료에서 1 log CFU/g 이상 검출되지 않았다. G사의 시료는 전체 중 35건(9%) 수집되었다. 일반세균은 전체 시료 중 16건(45.7%)에서 1 log CFU/g 이상 검출되었으며, 검출 수준은 1.63–3.32 log CFU/g이었다. 대장균군은 전체 시료에서 1 log CFU/g 이상 검출되지 않았다.

제조사별 위생지표세균을 분석한 결과, 가장 높은 일반세균수를 보인 제조사는 E사였으며, 냉장 시료에 비해서도 높은 농도를 보인 것으로 보아 해당 제조사의 위생 관리가 비교적 미흡한 것으로 사료된다. 또한, 냉장 시료가 채취되어 타 제조사에 비해 높은 일반세균수를 나타낸 C사의 경우 유통 및 시료 보관 공정에 대한 관리가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 조사된 모든 제조사가 HACCP(식품안전관리인증기준) 인증 기관이었음에도 불구하고, 제조사별 위생지표세균 검출률에 차이가 나타났다. 또한, 7개의 제조사 중 5곳이 연구실이 위치한 부산광역시에 위치하여 시료가 빠르게 운반되었으나 부산광역시의 일반세균수가 가장 높게 검출되었다. 따라서, 반드시 제조 공장의 위치 및 공장 내에서의 관리만이 중요한 것이 아니라 유통 중의 부주의한 취급에 의해 미생물 오염도가 증가할 수도 있기 때문에 소비자에게 전달되기까지의 모든 과정에서 오염을 방지하기 위한 노력이 필요할 것으로 사료된다(Shim et al., 2015).

지역별, 월별, 제조사별 위생지표세균 검출 결과로 볼 때, 본 연구에서 사용된 시료 중 Solberg et al. (1990)이 규정한 비가열 식품에 대한 대장균군의 안전 기준치인 3 log CFU/g 이상의 시료는 375건 중 3–4월 부산에서 채취한 A사의 냉장 제품 1건으로 이를 제외한 모든 시료가 기준치 이하로 검출되었다. 또한, 식품공전(MFDS, 2021)에 따르면 소비자가 섭취할 수 있도록 위생 처리하여 넣은 냉동 수산물의 경우 대장균의 허용 기준치  $n=5, c=1, m=0, M=10$ 이기 때문에 수집된 모든 훈제연어 샘플에서 대장균이 검출되지 않아야 한다. 이 실험에서 수집된 시료는 모두 해당 기준치를 충족하였다. 그러나, 대장균이 기준치 이하이더라도 대장균군은 장내세균과에 속하기 때문에 *Salmonella*나 *Shigella*와 같은 장내 병원성 미생물에 대한 존재 가능성을 내포한다(Seo et al., 2006; Choi et al., 2019). 따라서, 잠재적인 식중독 발병 위험성이 있다고 볼 수도 있기 때문에 제조 과정 및 유통 과정에서의 위생적 처리 및 관리를 더욱 철저히 해야 할 것으로 판단된다.

### 리스테리아속 검출 분석

*L. monocytogenes* 검출 분석은 식품공전(MFDS, 2021)의 시험법을 참고하여 진행하였다. *L. monocytogenes*의 경우 광범위한 생존능을 가져 냉동과 건조 환경에서도 비교적 잘 견디며

(Kim et al., 2020), 훈제연어 및 생연어에서 *L. monocytogenes* 가 검출될 경우 제품 리콜 사유가 되기도 한다. 따라서, 식품의약품안전처는 수산물에 대하여 *L. monocytogenes*를 포함한 식중독균에 대해  $n=5$ ,  $c=0$ ,  $m=0/25g$ 의 기준을 정하였고, 이는 검출되어서는 안 됨을 뜻한다.

본 실험에서 *Listeria* 속은 전체 375건 중 총 8건(2.1%) 검출되었으며, *L. monocytogenes* 2건, *L. ivanovii* 4건, *L. seeligeri* 2건이 검출되었다. 검출된 모든 *Listeria* 속 균주는 7-8월에 수집된 냉동 시료에서 검출되었다. 훈제연어는 훈연 가공을 거친 후 세절 단계 이후 포장이 이루어지는데, 훈연 가공을 거친 냉동 시료임에도 불구하고 *Listeria* 속 균주가 검출된 이유는 비교적 높은 기온에 따른 작업 환경 온도 증가와 세절 단계 작업자의 위생 관리가 미흡하였기 때문으로 사료된다.

*L. ivanovii*는 *L. monocytogenes*와 함께 리스테리아증을 일으키는 식중독균으로 알려져 있으며, 리스테리아증을 일으키는 주요 원인은 *L. monocytogenes*일지라도 면역이 저하된 환자에서는 *L. ivanovii*도 균혈증을 일으킬 수 있다고 알려져 있다(Guillet C et al., 2010). *L. seeligeri*는 급성 화농성 수막염을 나타낸다고 보고된 적이 있으며(Rocourt J et al., 1986), *L. monocytogenes*와 *L. ivanovii*와 마찬가지로 독성 유전자 클러스터를 보유하고 있어 변화하는 환경에 지속적으로 적응한다면 병원성을 일으킬 수 있다고 연구된 바 있다(Müller et al., 2010). 따라서 훈연 가공 이후 더 이상 가열하지 않고 섭취하는 훈제연어에서 *Listeria* 속이 검출된 것은 부적합한 사례이며, 이를 방지하기 위한 위생 처리 방안을 고안해야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서 조사한 훈제연어의 위생지표세균 및 *Listeria* 속 오염도를 바탕으로 저온에서도 생장 가능한 *L. monocytogenes*와 위생지표세균에 대한 위생 처리가 더욱 철저히 이루어져야 할 것으로 판단되며, 이를 관리하기 위한 수산가공품의 위생 기준 및 규격이 마련되어 지속적인 모니터링이 되어야 할 것이다.

## 사 사

이 논문은 2023학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(202301380001).

## References

- CDC (Centers for Disease Control and Prevention). 2020. Outbreak of *Listeria* Infections Linked to Enoki Mushrooms. Retrieved from <https://www.cdc.gov/listeria/outbreaks/enoki-mushrooms-03-20/index.html> on Jun 9, 2023.
- Choi MS, Jeon EB, Choi SH, Bang HJ and Park SY. 2019. Investigation of microbial contamination in *Semisulcospira libertine* and evaluation of its reduction effects by sediment removal treatment. *J Food Hyg Saf* 34, 361-366. <https://doi.org/10.13103/JFHS.2019.34.4.361>.
- Dillon RM and Patel TR. 1992. *Listeria* in seafoods: A Review. *J Food Prot* 55, 1009-1015. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-55.12.1009>.
- Eicher C, Ruiz Subira A, Corti S, Meusburger A, Stephan R and Guldimann C. 2020. Growth potential of *Listeria monocytogenes* in three different salmon products. *Foods* 9, 1048. <https://doi.org/10.3390/foods9081048>.
- Guillet C, Join-Lambert O, Le Monnier A, Leclercq A, Mechaï F, Mamzer-Bruneel MF, Bielecka MK, Scortti M, Disson O, Berche P, Vazquez-Boland J, Lortholary O and Lecuit M. 2010. Human listeriosis caused by *Listeria ivanovii*. *Emerg Infect Dis* 16, 136-138. <https://doi.org/10.3201/eid1601.091155>.
- Ha JM and Lee JY. 2020. Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* foodborne illness caused by consumption of cheese. *J Food Hyg Saf* 35, 552-560. <https://doi.org/10.13103/JFHS.2020.35.6.552>.
- Heir E, Solberg LE, Carlehög M, Moen B, Jensen MR and Holck AL. 2021. Improved control of *Listeria monocytogenes* during storage of raw salmon by treatment with the fermentate Verdad N6 and nisin. *Int J Food Microbiol* 336, 108895. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108895>.
- Jang SH. 2011. Control of *Listeria monocytogenes* on smoked salmon by antimicrobial effect of lactic acid bacteria. *Food Sci Nutr* 16, 1-4.
- Jin YH, Ryu SH, Kwak JE, Kim RR, Choi YH, Lee MS and Hwang IS. 2021. Prevalence, virulence characteristics and antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* isolated from salmon products. *Korean J Food Sci Technol* 53, 495-500. <http://doi.org/10.9721/KJFST.2021.53.4.495>.
- Kim YH, Kim TY, Kim JS, Choi JW, Lee SJ, Cha SY, Shin SD, Jeon MH, Noh DI and Lee EW. 2020. Anti-bacterial effect of *Psidium guajava* and *Geranium thunbergii* extracts on *Listeria* sp. isolated from fishery products. *Korean J Fish Aquat Sci* 53, 237-243. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0237>.
- Løvdaal T. 2015. The microbiology of cold smoked salmon. *Food Control* 54, 360-373. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.025>.
- Maggio F, Rossi C, Chiaverini A, Ruolo A, Orsini M, Centorame P, Acciari VA, Chaves López C, Salini R, Torresi M, Serio A, Pomilio F and Paparella A. 2021. Genetic relationships and biofilm formation of *Listeria monocytogenes* isolated from the smoked salmon industry. *Int J Food Microbiol* 356, 109353. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109353>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2020a. Recall of Smoked Salmon Products Due to *Listeria* Detection. Retrieved from [https://www.mfds.go.kr/brd/m\\_99/view.do?seq=44474](https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=44474) on Jul 30, 2023.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2020b. Strengthening Hygiene Management for Enoki Mushroom Producers. Retrieved from [https://www.mfds.go.kr/brd/m\\_99/view.do?seq=44025&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm\\_seq\\_1=0&itm\\_seq\\_2=0&multi\\_itm\\_seq=0&company\\_](https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/view.do?seq=44025&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_)

- cd=&company\_nm=&page=1 on Mar 18, 2023.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2021. Food Code. Notification 2023-29. MFDS, Osong, Korea, 1-153.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2021. Import and Export Status by Species. Retrieved from <https://www.fips.go.kr/p/S020702/#> on Jan 22, 2022.
- Müller AA, Schmid MW, Meyer O and Meussdoerffer FG. 2010. *Listeria seeligeri* isolates from food processing environments form two phylogenetic lineages. *Appl Environ Microbiol* 76, 3044-3047. <https://doi.org/10.1128/AEM.02243-09>.
- Osman KM, Samir A, Orabi A and Zolnikov TR. 2014. Confirmed low prevalence of *Listeria mastitis* in she-camel milk delivers a safe, alternative milk for human consumption. *Acta Trop* 130, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2013.10.001>.
- Rocourt J, Hof H, Schrettenbrunner A, Malinverni R and Bille J. 1986. Acute purulent *Listeria seeligeri* meningitis in an immunocompetent adult. *Schweiz Med Wochenschr* 116, 248-251.
- Seo KY, Lee MJ, Yeon JH, Kim IJ, Ha JH and Ha SD. 2006. Microbiological contamination levels of in salad and side dishes distributed in markets. *J Fd Hyg Saf* 21, 263-268.
- Shim WB, Lee CW, Choi YD, Park SG, Jeong MJ, Kim JS, Kim SR, Park KH and Chung DH. 2015. Analysis of the level of microbial contamination in the manufacturing company of ginseng products. *J Fd Hyg Saf* 30, 159-165. <https://doi.org/10.13103/JFHS.2015.30.2.159>.
- Solberg M, Buckalew JJ, Chen CC, Schaffner DW, O'Neil K, Mcdowell J, Post LS and Boderck M. 1990. Microbiological safety assurance system for foodservice facilities. *Food Technol* 44, 70-73.
- Song KY, Yang SY, Lee EW and Yoon KS. 2021. Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in smoked and raw salmon. *J Food Hyg Saf* 36, 124-134. <http://doi.org/10.13103/JFHS.2021.36.2.124>.
- Thomas EJ, King RK, Burchak J and Gannon VP. 1991. Sensitive and specific detection of *Listeria monocytogenes* in milk and ground beef with the polymerase chain reaction. *Appl Environ Microbiol* 57, 2576-2580. <https://doi.org/10.1128/aem.57.9.2576-2580.1991>.