

생선초밥용 냉동횡감의 미생물학적 조사

전은비^{1,2} · 김지윤^{1,2} · 송민규^{1,2} · 박신영^{1,2*}

¹경상국립대학교 해양산업연구소, ²경상국립대학교 해양식품공학과

Microbiological Investigation of the Frozen-Raw Sliced Fishes for Sushi Manufacturing

Eun Bi Jeon^{1,2}, Ji Yoon Kim^{1,2}, Min Gyu Song^{1,2} and Shin Young Park^{1,2*}

¹Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

²Department of Seafood Science and Technology, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

This study assessed the contamination levels of total aerobic bacteria, fungi, coliforms, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus*, and qualitative analysis of *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp., *Listeria* spp., and *Vibrio* spp. in four frozen-raw sliced fishes (cuttlefish, flatfish, salmon, and shrimp) for sushi production. The total aerobic bacteria, fungi, and coliforms were 2.95-3.38, 1.96-2.88, and 0.92-1.29 log CFU/g, respectively. In particular, shrimp was highly contaminated with total aerobic bacteria (3.38 log CFU/g) and fungi (2.88 log CFU/g). Over 3 log CFU/g of total aerobic bacteria was also detected in cuttlefish, flatfish, and salmon. Less than 1-2 log CFU/g of *E. coli* was detected in all frozen samples. *S. aureus* was detected at 2.25-3.13 log CFU/g in most samples. *B. cereus* was qualitatively detected at 25% in most samples, except for salmon (0%). *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, and *Vibrio* spp. were qualitatively detected at 25-50% of all four samples. The microbial contamination levels determined in the current study may be potentially used as basic data to perform microbial risk assessments of frozen-raw sliced fishes.

Keywords: Bacteria, *E. coli*, Food-borne pathogenic, Frozen-raw sliced fishes, Safety evaluation

서론

현대인에게는 가성비와 다양함을 중시하는 소비 형태의 변화가 두드러지고 있으며, 1인 가구 증가 추세 속 신종 코로나바이러스 19 감염증(COVID-19) 여파로 인해 가정간편식(home meal replacement, HMR) 제품에 대한 소비자들의 의존도도 높아졌다. 수산식품 관련해서 가장 널리 대형 유통매장에서 판매되고 애용되는 가정간편식 하나는 생선초밥이다. 초밥용으로 쓰여지는 생선 원재료는 아가미, 껍질, 내장 등을 제거한 얇은 슬라이스의 생선을 말하며, 일반적으로 냉동상태로 유통된다. 초밥용 생선의 경우 식품공전(MFDS, 2020)상의 최종소비자가 그대로 섭취할 수 있도록 유통판매를 목적으로 위생처리하여 용기·포장에 넣은 동물성 냉동수산물로 분류된다. 2-3일이 소요되는 배달 기간 동안에 식품의 적정 유통온도 미준수로 인한 품질저하 및 미생물 오염 가능성이 높다. 특히 단순가공수산

물의 경우에는 축산가공품 및 일반식품에 비교하여 상대적으로 식품위생안전성 측면에서 취약하며(Kang et al., 2017; Kwon et al., 2017), 육류에 비하여 일반적으로 자가소화가 빨리 진행되어 근육의 연화현상이 일어나 세균의 증식과 부패가 쉽게 발생할 수 있는 등 제품의 안전성에는 높은 위험성을 안고 있다(Sung, 2003). 또한 수산가공품의 미생물 오염은 가공, 어획, 저장 과정에서의 비위생적인 취급에 의해 주로 발생되며, 동일한 품목이라도 생산 및 판매 조건에 따라 오염정도에 차이가 많다. 국내로 수입되는 수산물 원재료(새우, 연어, 참치, 패류 등)에서는 *Vibrio* spp.와 *Staphylococcus aureus*가 검출되었고 *Listeria monocytogenes*를 포함한 다양한 식중독세균이 20% 이상 검출되어 생식을 자제하고 완전 조리 후에 섭취가 필요하다고 보고되고 있다(Yoon et al., 2000). 초밥은 식초와 설탕, 소금 등을 넣고 버무린 밥을 생선, 채소, 달걀을 위에 얹거나 채워서 만드는 일본 요리로, 스시(sushi)라고도 한다. 김밥, 샐러드 및 샌드

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 771. 9143 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: sypark@gnu.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.2021.0224>

Korean J Fish Aquat Sci 54(2), 224-230, April 2021

Received 24 December 2020; Revised 25 January 2021; Accepted 16 February 2021

저자 직위: 전은비(대학원생), 김지윤(대학원생), 송민규(대학원생), 박신영(교수)

위치 등과 함께 대표적인 즉석섭취식품류에 속하는 식품으로 그 소비량이 크게 증가한 식품이다. 또한 초밥은 조리 시간의 절약과 간편성이라는 장점을 가지지만, 조리과정은 작업자의 수작업이 대부분이며 조리 특성상 사람의 손이 많이 접촉함에 따라 황색포도상구균의 2차 오염 가능성 또한 높은 실정이다(Son et al., 2005). 현재 초밥의 위생에 관한 연구로는 주로 유통 중인 생선 초밥의 오염 미생물 분석(Cho et al., 2009), 냉동보관 온도 및 식초처리에 따른 초밥용 생선의 오염지표세균의 변화(Jung et al., 2006), 즉석섭취식품에 대한 미생물 오염 분석(Kim et al., 2008) 등이 수행되었지만 초밥용 냉동횡감에 대한 미생물 오염분석의 연구는 매우 미비하다.

따라서 본 연구에서는 가정간편식에 대한 관심과 소비량이 급격히 증가하고 있는 현 시점에서 하절기 식중독 발생원인 식품의 주요 부분을 차지하고 있는 초밥의 원부재료인 초밥용 횡감(한치, 광어, 연어, 새우)의 일반세균수(total aerobic bacteria), 대장균군(coliform)/대장균(*Escherichia coli*), 진균류(fungi), 황색포도상구균(*S. aureus*), 바실러스 세레우스(*Bacillus cereus*), 살모넬라(*Salmonella* spp.), 리스테리아(*Listeria* spp.) 및 비브리오(*Vibrio* spp.)에 대한 미생물 오염도의 정량 및 정성 분석을 실시하고자 하였다.

재료 및 방법

연구재료

본 연구에서 사용한 생선초밥용 냉동횡감은 온라인에서 구매하였으며, 한치, 광어, 연어, 새우는 polyethylene 및 polystyrene film으로 포장하여 시판 중이며, 2020년에 생산된 것을 사용하였다. 한치[화살오징어(*Heterololigo*)]는 베트남, 광어[참치가자미, *Atheresthes stomias*]는 중국, 연어[육봉형연어(*Salmo salar*)]는 칠레 및 노르웨이, 새우[흰다리새우(*Litopenaeus vannamei*)]는 베트남 및 페루 산으로 각각 4종류를 구입하여 본 실험에 이용하였다. 실험용 시료는 멸균 가위와 핀셋을 이용하여 고르게 절단한 후 혼합해서 채취하였다.

일반세균수와 대장균군/대장균의 정량적 분석

일반세균수, 대장균군, 대장균의 정량적 분석은 식품공전(MFDS, 2020) 방법에 의해 실시되었다. 일반세균수의 정량적 분석을 위해 시료 25 g에 멸균된 인산 완충 희석액 225 mL를 가하여 균질기(Interscience, Saint-Nom la Bretèche Arpents, France)를 이용하여 2분간 균질화하였다. 균질액 1 mL를 취한 후 멸균생리식염수 9 mL에 단계 희석한 후 주입평판법(pour plate method)에 따라 각 단계 희석액 1 mL를 평판에 분주하고 plate count agar (PCA; Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)를 petri dish에 약 15-20 mL씩 부어 고르게 혼합하였다. 35±1°C에서 24-48시간 배양시킨 후 15-300개의 집락을 형성한 배지만 계수하여 log CFU (colony-forming unit)/g으로 나

타냈다. 또한 대장균군(coliform) 및 대장균(*E. coli*)의 정량적 분석을 위해서 일반세균수와 동일한 균질액 1 mL를 취하여 멸균생리식염수 9 mL에 단계 희석한 후 각각 대장균군 3M Petrifilm (Coliform/*E. coli* Count Plate, 3M, Seoul, Korea)에 희석액 1 mL를 분주하여 35±1°C에서 24±2시간 동안 배양하였다. 대장균군은 붉은 집락 중 기포를 형성한 집락을 계수하고, 대장균은 주위에 기포를 형성한 푸른 집락의 수를 계수하였다.

진균류의 정량적 분석

진균류의 정량적 분석은 식품공전(MFDS, 2020) 방법에 의해 실시되었다. 진균류의 정량적 분석을 위해 일반세균수와 동일한 균질액 1 mL를 취하여 멸균생리식염수 9 mL에 단계 희석한 후 주입 평판법(pour plate method)에 따라 각 단계 희석액 1 mL를 평판에 분주하고 10% tartaric acid로 acidified시킨 potato dextrose agar (PDA, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)를 petri dish에 약 15-20 mL씩 부어 고르게 혼합하였다. 25°C에서 5일간 배양시킨 후 15-300개의 집락을 형성한 배지만 계수하여 log CFU/g으로 나타냈다.

건조필름을 이용한 황색포도상구균의 정량적 분석

황색포도상구균은 일반세균수와 동일한 균질액 1 mL를 취하여 멸균생리식염수 9 mL에 단계 희석한 후 황색포도상구균용 3M Petrifilm (Staph Express, 3M, Seoul, Korea)에 단계별 희석액 1 mL를 접종하고 35±1°C에서 24±2시간 배양하였다. 배양 후 적자색 콜로니가 나타났을 경우 양성으로 판정 후 집락을 계수하였으며 검은색 등 적자색 이외의 콜로니 발생시 STX disk (3M, Saint Paul, MN, USA)를 사용하여 확정 검사를 실시하였고 35±1°C에서 1-3시간 추가 배양 후 콜로니가 핑크색으로 나타날 경우 양성으로 하여 집락을 계수하였다(McCarron et al., 2009). 평판당 15-300개의 집락을 생성한 평판을 택하여 계수하였다.

바실러스세레우스의 정성적 분석

바실러스세레우스의 분석은 식품공전(MFDS, 2020)에 따라 정량분석을 실시하였다. 즉, 시료 25 g에 멸균생리식염수 225 mL를 가하여 균질기 BagMixer®400 (interscience)로 2분간 균질화하여 시험용액으로 사용하였다. 시험용액 1 mL를 취하여 멸균된 인산 완충 희석액 9 mL에 단계 희석하였다. 난황액을 첨가한 mannitol-egg yolk-polymyxine agar (MYP, Difco, Sparks, MD, USA)에 각 단계 희석액을 0.2 mL씩 5장에 도말하여 총 접종액이 1 mL가 되게 한 후 30°C에서 24시간 배양하였다. 성장한 집락 주변에 lecithinase를 생성하는 혼탁한 환이 있는 분홍색 집락을 계수하였다. 이때 명확하지 않을 경우 24시간 더 배양하여 관찰한다.

살모넬라의 정성적 분석

살모넬라의 분석은 식품공전(MFDS, 2020)에 따라 정성분석

을 실시하였다. 시료 25 g에 225 mL의 펩톤식염완충액(buffered peptone water)을 첨가하여 $36 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 18-24시간 배양하였다. 배양액 1 mL을 증균배지인 rappaport-vassiliadis broth (Difco, Sparks, MD, USA) 9 mL에 넣어 $41.5 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 20-24시간 동안 2차 증균 배양하였다. 2차 증균 배양된 액은 xylose lysine desoxycholate agar (XLD; Difco, Sparks, MD, USA) 및 BG sulfa(Brilliant green, Difco, Sparks, MD, USA)에 희석도말한 후 $36 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 20-24시간 동안 배양하였으며 빨간색 혹은 무색 테두리에 검은색 집락을 관찰하였다.

리스테리아의 정성적 분석

리스테리아의 정성적 분석은 식품공전(MFDS, 2020)에 따라 정성분석을 실시하였다. 시료 25 g에 225 mL의 *Listeria* enrichment broth (Oxoid, Hampshire, UK) 증균배지를 가하여 균질기 BagMixer @400 (interscience)로 2분간 균질화 시킨 후 30°C 에서 48시간 배양하였다. 증균된 배양액을 1 mL를 *Listeria* selective agar base (Oxford formulation, Oxoid, Hampshire, UK)에 접종하여 $35-37^\circ\text{C}$ 에서 24-48시간 동안 배양하여 검은색 집락을 관찰하였다.

비브리오의 정성적 분석

비브리오의 분석은 식품공전(MFDS, 2020)에 따라 정성분석을 실시하였다. 시료 25 g에 225 mL의 APW (Alkaline peptone water, pH 8.6, 3% NaCl)에 넣고 $35-37^\circ\text{C}$ 에서 18-24시간 증균배양하였다. 증균된 배양액을 1 mL를 TCBS (thiosulfate citrate bile sucrose) 한천배지(Oxford formulation, Oxoid, Hampshire, UK)에 접종하여 희석도말하였다. $35-37^\circ\text{C}$ 에서 18-24시간 동안 배양하여 초록색 집락을 관찰하였다.

결과 및 고찰

유통중인 생선초밥용 냉동횃감의 일반세균수 및 진균류의 정량적 분석

우리나라에서 유통되고 있는 생선초밥용 냉동횃감은 원료의 남획, 가공비용 등의 상승으로 인해 국내산과의 경쟁력 저하로 베트남, 중국 등에서 가공된 수입품이 대부분이다(Barrett et al., 2017). 해외 원산지의 고온 다습한 기후 조건과 비위생적인 제조 공정과 더불어 수입 후에도 국내에서 비위생적으로 유통, 보관되어 문제가 되고 있어 안전성에 대한 소비자의 불안이 높아지고 있다. 생선초밥용 냉동횃감은 소비에 있어서 가격, 중량, 원산지, 어종과 함께 맛과 신선도도 중요한 품질 결정 인자이다. 또한 제조 후 별도의 열처리를 하지 않기 때문에 식중독균이 사멸될 기회가 없어 초밥 원료 자체에 대한 미생물 관리는 식중독 예방을 위해 매우 중요한 것이 사실이다. 따라서 본 연구에서는 이러한 배경하에 생선초밥용 냉동횃감(한치, 광어, 연어, 새우 등)과 같은 생으로 섭취하는 수산어류의 미생물학적 안전 확

보를 위해 미생물 오염도를 알아보고자 하였다.

생선초밥용 냉동횃감(한치, 광어, 연어, 새우)에 존재하는 일반세균수 및 진균류에 대한 오염도 조사 결과는 Table 1에서 나타낸 바와 같다. 일반세균수의 평균은 $3.1 \log \text{CFU/g}$ 로 나타났으며 범위는 2-3 $\log \text{CFU/g}$ 수준으로 검출되었다. Jung et al. (2006)의 냉장보관 온도 및 식초처리에 따른 초밥용 생선의 오염 지표세균의 변화 연구에 따르면 참치, 새우, 문어에 대한 일반세균수가 각각 4.1, 3.6, 4.4 $\log \text{CFU/g}$ 수준으로 본 연구의 결과에 비해서 1 $\log \text{CFU/g}$ 정도 높게 나왔다. 또한 Kim et al. (2008)의 초밥제조공정 미생물오염도에 대한 연구에 의하면 원료희의 경우 초기 일반세균수는 2.0 $\log \text{CFU/g}$ 이었으나, 초밥을 만들기 위한 작업을 거친 후 펠렛(초밥용 횃감) 상태에서는 3.2 $\log \text{CFU/g}$ 로 세균수가 증가하였지만 본 연구와 유사한 수준이었으며, 초밥 완제품에서는 3.6 $\log \text{CFU/g}$ 로 더욱 증가하는 결과를 보였다. 이는 초밥의 제조과정 특성상 원료인 생선을 실온에서 해동하는 점과 조리된 음식을 실온에서 방치 등으로 인해 일반세균수가 증가한 것으로 사료된다. 반면에, Kim et al. (1997)이 보고한 바에 의하면 시판 어패류의 일반세균수는 평균 5.6 $\log \text{CFU/g}$ 으로 검출되었으며, Cho et al. (2009)의 유통중인 생선초밥의 오염 미생물 분석에서 밥을 제외한 참치, 연어, 새우 등 생선부위에서 일반세균수의 경우 평균 4.9 $\log \text{CFU/g}$ 검출되었다고 보고하였다. 이는 본 연구 결과에서의 검출률보다 높은 수준이었기 때문에 비위생적이거나 온도관리가 부적당하였던 것으로 추정된다. 식품공전(MFDS, 2020)의 수산물에 대한 기준규격으로는 최종소비자가 그대로 섭취할 수 있도록 유통판매를 목적으로 위생 처리하여 용기·포장에 넣은 냉동 어패류의 총 호기성균수를 5 $\log \text{CFU/g}$ 이하로 나타나있다. 또한 Solberg et al. (1990)는 조리하지 않은 식품의 경우 일반세균의 미생물학적 안전기준치를 6 $\log \text{CFU/g}$ 으로 제시하였으며 본 연구결과 식품공전 및 Solberg의 안전기준치 기준에 부합되었다. 이는 판매처에서 정기적인 위생검사와 관리를 통해 원료에 대한 안전성 확보를 주력하고 있기 때문인 것으로 생각된다.

식품에 곰팡이가 피면 시각적으로 불쾌감을 주고, 악취를 발생시켜 상품으로서의 가치를 잃게 된다. 일부 곰팡이는 신경독성, 신장독성, 위장장애 등을 일으키는 독소를 만들기 때문에 곰팡이가 핀 음식은 섭취를 지양해야 한다. 특히 곰팡이독

Table 1. Contamination levels of total aerobic bacteria and fungi in frozen-raw sliced fishes

Product	Total aerobic bacteria (log CFU/g)	Fungi (log CFU/g)
Cuttlefish	2.95±0.53	2.50±0.61
Flatfish	3.00±0.84	1.96±0.63
Salmon	3.12±0.84	2.19±0.48
Shrimp	3.38±0.75	2.88±0.59

Data represent means±standard deviations of three measurements.

소(mycotoxin)는 곰팡이가 생산하는 2차 대사산물로서 사람과 가축에 신경독성, 신장독성, 위장장애 등 생리작용을 유발하는 물질이기 때문에 곰팡이가 핀 음식은 섭취를 지양해야 한다. 시중에 유통되고 있는 수산식품은 제품 생산 환경이 타 가공식품에 비해 열악할 뿐 만 아니라 일부 제품들의 포장이 파손되거나 냉동, 냉장제품을 배송한 뒤 오래 방치할 경우에 곰팡이가 오염될 가능성이 높다. 본 연구 생선초밥용 냉동횡감의 진균류 평균은 2.4 log CFU/g로 나타났으며 한치, 광어, 연어 및 새우의 경우 각각 2.5, 2.0, 2.2 및 2.9 CFU/g으로 검출되었다. Gwak et al. (2012)의 연구에서 국내 수산식품 중 발생 가능성이 높은 곰팡이는 *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp. 등이 라고 보고했다. 따라서 수산식품의 안전을 확보하기 위한 목적으로, 인체에 유해한 영향을 끼칠 수 있는 곰팡이 독소에 대해 식품위생체계를 구축하기 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

유통중인 생선초밥용 냉동횡감의 대장균군, 대장균 및 황색포도상구균의 정량적 분석

식품공전(MFDS, 2020)의 수산물에 대한 기준규격으로는 총 대장균군수를 10 CFU/g 이하로 규정하고 있다. 대장균군은 비록 병원성 세균은 아니지만, *Escherichia* spp., *Salmonella* spp., *Shigella* spp. 등과 같은 장내 병원성 세균의 존재 가능성을 타진할 수 있으며, 병원성 세균의 오염유무를 간접적으로 증명할 수 있는 지표세균이라고 할 수 있다. 대장균의 경우 식품위생상의 분변오염의 지표세균으로 수산물 등 바로 섭취하는 식품에서는 절대 검출되어서는 안되는 세균이다. 생선초밥용 냉동횡감에서 대장균은 모든 시료에서 검출되지 않았으나 대장균군은 한치, 광어, 연어, 새우에서 각각 0.9, 0.5, 1.3, 0.9 CFU/g으로 검출되었다(Table 2). 연어의 경우 대장균군 규격기준치를 초과하였으므로, 식품위생학적 잠재적 우려를 나타내고 있다. Cho et al. (2009)의 보고에 따르면 대장균군은 연어, 한치, 참치, 새우의 경우 평균 3 log CFU/g 검출되었으며 대장균은 검출되지 않았다. Jung et al. (2006)은 참치, 새우를 4°C에서 저장할 때 대장균군은 각각 2.7, 2.4 CFU/g으로 검출되었으며, 대장균의 경우 2.0, 2.1 CFU/g으로 검출되었다고 보고하였다. Lee et al. (1996)이 보고한 시판중인 어패류(새우, 연어 등)에서는 대장균군이 평균 2.5 log CFU/g으로 검출되어 본 결과와 비교 하였을 때 약 1-2 log CFU/g 정도 높은 것으로 확인되었다. 반면에 Park et al. (2004)은 진공 포장한 생선회 필렛(광어, 우럭)에 대한 대장균군과 대장균을 검사한 결과 전부 검출되지 않았다. 이는 소규모 업체에다가 원물을 보관하는 해수의 경우 주기적으로 세척을 하고 있으며, 먹는 물 수질 기준에 적합하기 때문에 검출되지 않았다고 보고하였다. Solberg et al. (1990)가 제시한 대장균군 3 log CFU/g 이하의 안전기준을 초과하지는 않았지만 부적절한 저장, 유통온도 등으로 관리된다면 단시간내 증식가능하기에 원재료의 위생상태가 그대로 전이될 경우 초밥

과 같은 완제품에 미생물이 다량 존재할 가능성이 있다. 또한 일부 대장균은 면역기능이 약한 노약자와 어린이 등에게 기회감염균으로 작용하여 질병을 유발할 수도 있기 때문에(Chun and Hong, 2009) 생선초밥용 횡감의 위생관리에 더욱 철저한 주의가 필요하다고 판단된다.

황색포도상구균(*S. aureus*)은 화농성 질환 및 독소형 식중독의 대표적 원인균으로써 환경에 대한 저항성이 강하며 이 세균이 생성하는 enterotoxin은 100°C에서 30분간 가열로도 완전히 파괴되지 않는 내열성을 가지고 있다(Kim et al., 2001). 또한 건강한 사람과 동물의 피부에도 상재하고 있어 식품의 취급이나 제조 시 작업자의 많은 주의가 요구되는 세균이다(Jo et al., 2011). 이러한 미생물학적 배경하에 본 연구에서 검출된 황색포도상구균의 오염도는 Table 2에 나타내었다. 한치, 광어, 연어에서 2 log CFU/g 검출되었으며, 새우의 경우에는 3 log CFU/g 검출되었다. 황색포도상구균의 경우에는 자연 환경에 대한 저항성이 강하며 자연계에 널리 분포하는 특성 때문에 그 오염경로도 다양해서 그 원인을 파악하기가 쉽지는 않지만, Bryan (1990)은 손으로 식재료의 껍질을 벗기고, 썰고, 다듬고, 장식하는 과정에서 조리된 음식에 황색포도상구균이 전이될 수 있다고 보고하였다. Atanassova et al. (2008)의 스시의 미생물학적 품질에서 연어, 새우, 참치의 경우 3-4 log CFU/g가 검출되어 본 연구결과와 유사하였으며, Kim et al. (2008)의 즉석섭취 식품에 대한 미생물 오염 분석에서도 초밥, 회 제품에서는 황색포도상구균이 각각 13.9% (15/108), 8.8% (7/80)로 다량 검출되어 초밥 완제품의 안전성 확보를 위해 원재료에서부터의 철저한 위생관리가 필요하다고 생각된다. 초밥의 제조과정 대부분이 식품조리취급자의 맨손으로 이루어진다는 점을 감안했을 때, 사람에 의한 오염이 많으므로 식품조리취급자와 작업장 환경에 대해 철저한 세척과 소독 등 위생적인 초밥 제조 작업장이 될 수 있도록 각별한 주의가 필요할 것으로 사료되며 포장 단계에 있어서도 그 안전성을 검증 받은 위생적인 포장용기의 사용할 필요가 있는 것으로 관찰되었다.

유통중인 생선초밥용 냉동횡감의 주요 식중독세균의 정성적 분석

미생물학적 식중독은 미생물 또는 미생물의 독소와 같이 각

Table 2. Contamination levels of coliforms, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* in frozen-raw sliced fishes

Product	Coliform (log CFU/g)	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> (log CFU/g)
Cuttlefish	0.92±0.21	ND	2.39±0.21
Flatfish	0.47±0.17	ND	2.25±0.72
Salmon	1.29±0.24	ND	2.52±0.68
Shrimp	0.93±0.19	ND	3.13±0.90

Data represent means±standard deviations of three measurements. ND (not detected) at <10 CFU/g for *E. coli*.

중 생물학적 독성에 오염된 음식을 섭취한 후 발생하는 식품 매개질환 중 비교적 잠복기가 짧으면서 다른 사람에게 전염력이 없는 질환을 의미한다. 전 세계적으로 수산 식품과 관련한 식중독 사고가 지속적으로 발생하고 있으며, 우리나라의 식중독 발생 통계에 따르면 5년 전보다 발생건수가 2.5배 증가하였고, 환자수는 20% 증가하였다(MFDS, 2020). 또한 우리나라 식품안전(MFDS, 2020)에서는 냉동식품의 특성에 따라 *Salmonella* spp., *V. parahaemolyticus*, *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica* 등 식중독균이 검출되어서는 아니된다고 명시되어 있다. 따라서 본 연구에서는 생선초밥용 냉동횡감(한치, 연어, 광어, 새우)에서 식중독발생 가능 유해미생물(*B. cereus*, *Salmonella* spp., *Listeria* spp., 및 *Vibrio* spp.) 검출 결과는 Table 3와 같다. *B. cereus*는 토양미생물이기 때문에 농산물에서 자주 발생되지만 일반적으로 수산물에서 어획 후 처리, 저장, 유통까지 다양하게 오염 되기도 한다. 특히 수산물과 직접 접촉 가능한 고체표면인 작업대, 저울, 컨베이어벨트 등이 오염되면 *B. cereus*가 exopolysaccharide (EPS)이라는 탄수화물 형태의 물질을 분비하여 바이오필름을 형성할 수도 있다. 바이오필름은 부유 미생물이 피부 표면에 부착되어 형성된 미생물 집락이며 미생물보다 화학적 살균제 및 항생제에 대한 저항성이 훨씬 높아 일반적으로 세척하는 방법으로는 제거가 되지 않기 때문에 어획 후 처리 과정에서 특별히 주의가 필요하다(Bae et al., 2009). 본 연구에서 *B. cereus*의 검출률을 살펴보면 연어를 제외한 모든 시료(한치, 광어, 새우)에서 전부 25% 양성을 나타내었다. Cho et al. (2009)의 참치, 새우, 연어, 광어의 경우 *B. cereus* group이 평균적으로 10% 오염되었다고 보고하였으며, Heo (2014)의 연구에 따르면 생선초밥의 *B. cereus* 오염수준 평균은 0.10 ± 0.39 log CFU/g, 검출률은 12건의 시료 중 6.9%로 나타났다. 이와 같이 *B. cereus*의 경우 다른 식중독균에 비해서 오염수준은 낮지만 수산식품에서 빈번하게 검출되고 있으며, 일반세척으로 위해 미생물을 완전히 제거할 수 없어 적합한 비가열 살균법이 필요한 것으로 나타났다. 또한 5 log CFU/g 이상의 높은 감염량이 필요하기 때문에 고위험성 균으로 분류되지는 않지만 노약자, 임산부의 경우 낮은 수준에서도 발병한다고 보고되었기 때문에(Lim et al., 2014) 위생적인 어류 취급과 관리에 있어 중요한 인자로 간주하고 생산관리 시 특별히 주의가 필요하다고 사료된다.

Salmonella spp.는 적절한 세척, 가공온도 및 저장조건이 지켜지지 못한다면 번식할 가능성이 매우 높으며, 이렇게 오염된 식품을 통하여 다른 식품과 교차 오염될 수 있다. Zarei et al. (2012)는 살모넬라 균의 존재 여부가 인근 가금류 농장이나 가축 분뇨의 오염, 양식장 등과 같은 몇 가지 요인에 따라 달라진다고 보고하였다. 실제로 어류, 패류 및 수생환경에서도 식중독 발생과 연관성이 있으며 이 경우에는 수산물의 원료 자체 오염보다는 생산 가공과정, 식품의 부적절한 요리 및 보관에서 오염이 주요 원인일 수 있다. 2015년 5월 미국에서는 대규모로 생선초밥을 섭취한 사람들이 *Salmonella*에 감염된 사건이 있었다(Anonymous, 2015). 이러한 배경하에 *Salmonella*의 오염정도를 측정할 결과 한치에서 가장 높은 검출률(50%)을 보였으며 광어, 연어, 새우에서도 25%의 검출률을 보였다. Heinitz et al. (2000)는 수입된 생 새우 샘플 47개 중에서 양성샘플이 4.3%, 랍스터 샘플 528개 중에서 양성샘플 8.7%가 검출되었다고 보고하였으며, Woodring et al. (2012)의 연구에서는 새우 120개 샘플 중 25개가 검출되어 21%의 검출률을 보였다. 또한 Zarei et al. (2012)는 해산물 제품 245개 중에서 생선필렛은 약 2.9%, 새우는 4.3% 검출되었다고 보고하였다. 본 연구와 비교했을 시 새우에서 공통적으로 검출되었으며, 이는 전부 수입 수산물이었기 때문에 Heinitz et al. (2000)의 수입 수산물 및 가공수산물에서 *Salmonella*가 검출되었다고 보고한 연구와 일치하였다. 더불어 Cho et al. (2009)의 연구에서는 초밥의 생선과 밥을 따로 측정할 결과 식중독균(*B. cereus*, *Salmonella* spp., *Vibrio* spp. 등)이 생선에서 약 33% 검출되었으며, 밥의 경우 25.4% 검출되어 초밥 완제품의 경우 더 높은 감염력을 보였다.

식품안전(MFDS, 2020)의 기준규격에 따르면 리스테리아는 '음성'을 기준으로 하고 있다. 세계적으로 여러 국가에서 냉장 식품의 경우 대개 10°C 이하로 보관·유통할 것을 권장하고 있으며(Moureh and Derens, 2000), 미생물의 경우 어느 일정한 온도범위에서만 생육하여 증식할 수 있고 미생물의 내성 등은 그 종류에 따라 상당한 차이가 있다. 식품을 보존하는 경우에는 저온을 많이 이용하지만 식품의 미생물 생육을 저지하고 동시에 그 식품 자체가 가지고 있는 효소의 작용을 억제하기 위해서이다. 비록 냉장 방법이 식품의 변질, 특히 다수의 병원성 미생물의 성장과 증식을 억제하는데 효과적인 방법이긴 하지만 *Listeria* spp.과 같은 식중독 세균은 저온에서도 증식이 가능하여 냉장 식품에서도 종종 발견되고 있다. 생선초밥

Table 3. Positive ratio of *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp., *Listeria* spp. and *Vibrio* spp. in frozen-raw sliced fishes

Product	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Listeria</i> spp.	<i>Vibrio</i> spp.
Cuttlefish	25.0% (1/4)	50.0% (2/4)	50.0% (2/4)	25.0% (1/4)
Flatfish	25.0% (1/4)	25.0% (1/4)	50.0% (2/4)	25.0% (1/4)
Salmon	0.00% (0/4)	25.0% (1/4)	50.0% (2/4)	50.0% (2/4)
Shrimp	25.0% (1/4)	25.0% (1/4)	50.0% (2/4)	50.0% (2/4)

Data represent means±standard deviations of three measurements.

용 냉동횃감의 경우에도 냉장 해동이나 자연 해동 후 사용되기에 *Listeria* spp.이 증식하여 위해를 줄 가능성이 있으리라 사료되며 본 연구의 분석 결과는 모든 시료에서 50% 이상 검출되었다. Atanassova et al. (2008)의 연구에서 약 125개의 냉장·냉동 새우, 연어 초밥샘플에서 각각 2.4%, 3.2% 양성을 나타내었다. Davidsen et al. (2013)은 훈제연어 162개의 시료 중 13건 양성으로 8%의 검출률을 나타내었다. 반면에 담수, 해수 생선 샘플 78건 중 총 35건 양성으로 44.5%의 높은 검출률을 나타낸 Yucel and Balci (2010)의 연구와 본 연구의 차이는 부분적으로 물 속의 염분 농도에 따라 나뉘는 담수와 해수 차이에서 발생한 것이라 생각되었다. 국내에서는 아직 *Listeria* spp.에 의한 식중독 발생 사례는 없으나, 오염 현황을 토대로 할 때 국내에서도 리스테리아증(Listeriosis)이 발생할 가능성이 충분히 있을 것으로 판단된다. 따라서 한치, 광어, 새우, 연어 등 수산물을 포함한 비가열 식품의 소비가 증가하고 있는 추세에서는 언제든지 이 세균에 의한 질병사례가 발생할 수 있을 것으로 예상된다. 아울러 *Listeria* spp.은 저온에서도 생장이 가능한 균임을 생각하며 저장 온도에 각별히 주의하여야 한다. *Vibrio* spp.의 원인식품은 생식의 어패류이며 그 외에 생선에 부착하고 있는 균이 칼이나 도마 등의 조리 기구를 통해 다른 식품을 오염시켜 식중독을 일으키는 경우도 있다. 특히, 하절기 어패류에 의한 식중독 원인의 대부분을 차지하며 생선회를 즐겨먹는 한국과 일본에서 여름철에 빈번히 발생하고 있는 실정이다. 본 연구에서 *Vibrio* spp.의 검출률은 한치, 광어에서 25% 나타났으며 연어, 새우에서 50% 검출되었다. 국내 횃감이나 수산 식품의 모니터링 연구 중에서 *Vibrio* spp. 검출률은 국내 시판용 어류의 경우 789건 중 42건에서 검출되었으며(Ryu et al., 2010), Son et al. (2003)의 시판 어패류 285건 중 69건(24.2%), 해수 및 기수를 포함한 총 439건에서 140건(31.9%) 검출되어 어종별 조사가 더욱 필요할 것으로 생각된다. 특히 다양한 수산 식품에서 분리된 *Vibrio* spp.는 *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae*, *V. vulnificus* 3종을 모두 포함하고 있으며 국내에서는 *V. parahaemolyticus* 검출률이 30.5%로 가장 높았다. Kim et al. (2005)의 연구에서는 총 166의 광어 중 133건(80.1%), 조피볼락 8건(4.8%)으로 광어에서 높은 감염률을 나타내었으며, Coly et al. (2013) 연구에서는 새우 99건 중 32건(32.3%), 광어 5건 중 1건(20.0%) 검출되어 본 연구의 어종과 일치하였지만 대상 품목의 형태, 가공여부에 따라 오염수준이 상이하였다. 이 균의 오염을 원천적으로 차단시키는 방법은 현실적으로 불가능하며, 균 증식이 아주 빨라 초밥의 제조 및 유통 중에 증식하여 위해를 줄 가능성은 있으리라 사료된다. 그러나 2차 오염 확산 방지를 위해서 식약처(MFDS, 2019)의 장염비브리오 식중독 예방 4대수칙(청결, 신속, 냉장 및 가열, 신선 및 분리)을 준수하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 생선초밥용 냉동횃감에서 미생물학적 안전성을 평가하고자 한치, 광어, 연어, 새우를 대상으로 수행하였다. 식품공전상(MFDS, 2020) 냉동수산물 기준규격에 의하여 일

반세균, 진균, 대장균군 및 대장균, 황색포도상구균의 정량분석과 *B. cereus*, *Salmonella* spp., *Listeria* spp., *Vibrio* spp.의 정성분석 한 결과 대부분의 샘플에서 기준규격 이하로 측정되었지만 위생지표세균인 대장균이 연어에서 기준초과 되었다. 황색포도상구균은 2.25-3.13 log CFU/g로 검출되었으며, *B. cereus*는 연어를 제외한 나머지 샘플에서 25%로 검출되었다. *Salmonella* spp., *Listeria* spp. 및 *Vibrio* spp.는 검출률이 25-50%이었다. 특정제품을 제외하면 비교적 위생적으로 처리되고 있음을 알 수 있었으나, 대장균 및 식중독균의 경우 좀 더 위생적인 관리가 필요할 것으로 판단된다. 이들 식품의 미생물 안전성을 확보하기 위해서 보다 더 철저한 생산유통관리가 요망되며 섭취 전 저온에서 보관한 후 가능한 빠른 섭취 또는 그 다음단계의 가공처리 및 조리(e.g. 생선용 초밥제조)가 필요하다고 판단되었다.

References

- Anonymous. 2015. *Salmonella* outbreak linked to raw tuna in sushi sickens. Retrieved from <https://www.cdc.gov/media/releases/2015/s-0215-salmonella-outbreak-raw-turkey.html> on Dec 15, 2020.
- Atanassova V, Reich F and Klein G. 2008. Microbiological quality of sushi from sushi bars and retailers. *J Food Prot* 71, 860-864. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-71.4.860>.
- Bae YM, Heu S and Lee SY. 2009. Inhibitory effect of dry-heat treatment and chemical sanitizers against foodborne pathogens contaminated on the surfaces of materials. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38, 1265-1270. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2009.38.9.1265>.
- Barrett KA, Nakao JH, Taylor EV, Eggers C and Gould LH. 2017. Fish-associated foodborne disease outbreaks: United States, 1998-2015. *Foodborne Pathog Dis* 14, 537-543. <https://doi.org/10.1089/fpd.2017.2286>.
- Bryan FL. 1990. Hazard analysis critical control point system for retail food and restaurant operations. *J Food Prot* 53, 978-983. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-53.11.978>.
- Cho SK, Moon BY and Park JH. 2009. Microbial contamination analysis to assess the safety of marketplace sushi. *Korean J Food Sci Technol* 41, 334-338.
- Chun MS and Hong SH. 2009. Identification of microorganisms from eggs in hypermarket in the Northern Gyeonggi Area. *Korean J Food Nutr* 22, 396-401.
- Coly I, Sow AG, Seydi M and Martinez-Urtaza J. 2013. *Vibrio cholerae* and *Vibrio parahaemolyticus* detected in seafood products from Senegal. *Foodborne Pathog Dis* 10, 1050-1058.
- Davidsen JG, Rikardsen AH, Thorstad EB, Halttunen E, Mitamura H, Præbel K and Skarðhamar J. 2013. Homing behaviour of atlantic salmon *Salmo salar* during final phase of marine migration and river entry. *Can J Fish Aquat Sci* 70, 794-802.

- Gwak HJ, We GJ, Cho JI and Na HJ. 2012. Seafood and fungi. *Safe Food* 7, 3.
- Heinitz ML, Ruble RD, Wagner DE and Tatini SR. 2000. Incidence of *Salmonella* in fish and seafood. *J Food Prot* 63, 579-592. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-63.5.579>.
- Heo TY. 2014. Analysis of microbial contamination of ready-to-eat products displayed in hypermarkets and suggestions of hygienic management. M. D. Dissertation, Chung-ang University, Seoul, Korea.
- Jo MJ, Jeon AR, Kim HJ, Lee NR, Oh SW, Kim YJ, Chun HS and Koo MS. 2011. Microbiological quality of fresh-cut produce and organic vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 43, 91-97. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2011.43.1.091>.
- Jung SW, Song JH, Lee KG, Hong KW and Lee SJ. 2006. Inhibitory effects of temperature and vinegar against indicator organism in raw fishes for sushi ingredient.t during chilled storage. *Food Eng Prog* 10, 192-200.
- Kang KT, Park SY, Choi JD, Kim MJ, Heu MS and Kim JS. 2017. Safety monitoring of a processing plant for preparing raw oysters *Crassostrea gigas* for consumption. *Korean J Fish Aquat Sci* 50, 120-129. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0120>.
- Kim HJ, Lee YW, Lee HJ and Na SS. 1997. A study on characteristics *Escherichia coli* isolated from fish in market. *J Food Hyg Saf* 12, 354-360.
- Kim HK, Lee HT, Kim JH and Lee SS. 2008. Analysis of microbiological contamination in ready-to-eat Foods. *J Food Hyg Saf* 23, 285-290.
- Kim JB, Kim H, Jin HS, Kim YS, Kim KS, Kang YS, Park JS, Lee DH, Woo GJ and Kim CM. 2001. Detection of enterotoxins in *Staphylococcus aureus* isolated from clinical specimens and kimbab using multiplex PCR. *J Biomed Lab Sci* 7, 86-89.
- Kim SM, Won KM, Woo SH, Li H, Kim EJ, Choi KJ, Cho MY, Kim MS and Park SI. 2005. Vibrios isolated from diseased marine culturing fishes in Korea. *J Fish Pathol* 18, 133-145.
- Kwon KO, Ryu DG, Jeong MC, Kang EH, Shin IS and Kim YM. 2017. Microbiological and physicochemical hazard analysis in processing process of simple-processed shellfish products. *Korean J Fish Aquat Sci* 50, 352-358. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0352>.
- Lee YW, Kim JH, Park SG and Lee KM. 1996. Distribution of indicator organisms in commercial fish and shellfish and influence of storage temperature and period. *J Food Hyg Saf* 11, 57-70.
- Lim GS, Koo M, Kim HJ, Kho YH, Park KS and Oh SW. 2014. Determination of statistical sampling plans for *Bacillus cereus* in Salad and Kimbab. *J Food Hyg Saf* 29, 16-20. <https://doi.org/10.13103/jfhs.2014.29.1.016>.
- McCarron JL, Keefe GP, McKenna SL, Dohoo IR and Poole DE. 2009. Evaluation of the university of Minnesota triplate and 3M petrifilm for the isolation of *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus* species from clinically mastitic milk samples. *J Dairy Sci* 92, 5326-5333. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2333>.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). 2020. Korean Food Code. Chap. 8. General analytical method. Retrieved from www.foodsafetykorea.go.kr on Aug 27, 2020.
- Moureh J and Derens E. 2000. Numerical modelling of the temperature increase in frozen food packaged in pallets in the distribution chain. *Int J Refrig* 23, 540-552. [https://doi.org/10.1016/s0140-7007\(99\)00081-x](https://doi.org/10.1016/s0140-7007(99)00081-x).
- Park WH, Yi SH and Chung DH. 2004. Microbiological evaluation of chilled freshes raw-fish manufacturers before and after HACCP system establishment. *J Food Hyg Saf* 19, 74-83.
- Ryu SH, Hwang YO, Park SG and Lee YK. 2010. Antibiotic susceptibility of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from commercial marine products. *Korean J Food Sci Technol* 42, 508-513.
- Solberg M, Buckalew JJ, Chen CM, Schaffner DW, O'Neill K, Mcdowell J, Post LS and Boderck M. 1990. Microbiological safety assurance system for food service facilities. *Food Technol* 44, 68-73.
- Son JC, Park SW and Min KJ. 2003. Environmental and antimicrobial characteristics of *Vibrio* spp. isolated form fish, shellfish, seawater and brackfish water samples in Gyongbuk eastern coast. *Korean J Env Hlth* 29, 94-102.
- Son KT, Oh EG, Lee TS, Lee HJ, Kim PH and Kim JH. 2005. Survey of sanitary indicative bacteria and pathogenic bacteria in fish farms on the southern coast of Korea. *Korean J Fish Aquat Sci* 38, 359-364. <https://doi.org/10.5657/kfas.2005.38.6.359>.
- Sung KH. 2003. Study on change over rigor mortis of fish and the sushi making. M. D. Dissertation, Sejong University, Seoul, Korea.
- Woodring J, Srijan A, Puripunyakom P, Oransathid W, Wongstitwilairoong B and Mason C. 2012. Prevalence and antimicrobial susceptibilities of *Vibrio*, *Salmonella* and *Aeromonas* isolates from various uncooked seafoods in Thailand *J Food Prot* 75, 41-47. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-11-211>.
- Yoon YJ, Kim DY, Lee CH, Yoon U, Koh YH, Kim SK and Kim JW. 2000. Isolation and identification of *Vibrio* species contaminated in imported frozen seafoods. *J Food Hyg Saf* 15, 128-136. <https://doi.org/10.33899/rjs.2018.159381>.
- Yucel N and Balci S. 2010. Prevalence of listeria, *Aeromonas* and *Vibrio* species in fish used for human consumption in Turkey. *J Food Prot* 73, 380-384. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-73.2.380>.
- Zarei M, Maktabi S and Ghorbanpour M. 2012. Prevalence *Listeria monocytogenes*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella* spp. In: seafood products using multiplex polymerase chain reaction. *Foodborne Pathog Dis* 9, 108-112. <https://doi.org/10.1089/fpd.2011.0989>.