국내외 수산물에서 리스테리아 모노사이토제네스 검출 현황 및 제어 대책

Occurrence and Control of *Listeria monocytogenes* from Domestic and Foreign Fishery Products

이은우*
Eun-Woo Lee*

동의대학교 바이오응용공학부
Division of Applied Bioengineering, Dong-eui University, Busan 47340, Korea

1. 서론

리스테리아 모노사이토제네스(*Listeria monocytogenes*)는 통성 혐기성의 그람 양성간균으로 *L. ivanovii*, *L. denitrificans* 등 10여종의 *Listeria* spp. 가 현재까지 알려져 있다. 이 중 사람에 병원성을 나타내는 이유로 주목 받고 있는 종은 리스테리아 모노사이토제네스와 *L. ivanovii*의 2종이 알려져 있다. 리스테리아 모노사이토제네스는 1℃에서 44℃의 광범위한 온도에서도 생육이 가능하고, 냉동 조건과 건조한 환경에 비교적 잘 견디며, pH 5 이하의 산성과 높은 염농도에서도 생육이 가능한 것으로 보고 되고 있다(1). 또한 주모성 편모를 보유함에 따라 특유의 텀블링 운동성을 나타내며 이 편모의 운동성은 20℃에서 30℃ 사이에서 활발하다고 알려져 있다(2).

리스테리아 모노사이토제네스는 음식물을 통해 장관 내로 들어가 혈중으로 이동하여 온몸으로 퍼져서 각종 기관 조직으로 이동하여 패혈증, 중추신경계 감염, 간농양, 뇌수막염, 유산, 사산과 같은 심각한 증상을 유발하는 침습성 전신 질환을 일으킬 수 있다. 이는 주로 임산부, 신생아, 노인 등과 같이 면역력이 저하된 환자들에게서 나타난다. 대부분의 건강한 사람들에게는 경미한 발열, 복부 경련, 설사를 동반한 가벼운 독감 유사 증상 등을 나타낸다(2). 이러한 리스테리아증의 발병에는 이 세균에 의해 생산되는 독성 단백질들이 주요 인자로 알려져 있으며, 이 단백질의 발현은 탄소원, 온도, 염분, 담즙산염, 산성, 혐기성 환경에 의해 다양해 진다(표 1). 리스테리아 모노사이토제네스는 낮은 온도에서 생장할 때 상대적으로 독성이 증가하기 때문에 냉장 식품에서 분리된 세균의 경우에 높은 독성을 나타낸다(3-4).

본 논단에서는 식품을 통해서 감염되는 리스테리아 모노사이토제네스 식중독 세균과 수산물 또는 수산식품과의 상관관계 및 검출현황을 훈제연어의 경우에 집중하여 논하고, 그 영향 및 제어 대책에 대한 내용을 소개하고자

* Correspondence to: Eun-Woo LEE
Division of Applied Bioengineering, Dong-eui University, Busan 47340, Korea
Tel: +82-51-890-1537 Fax: +82-505-182-6871 E-mail: ewlee@deu.ac.kr

표 1. 리스테리아 모노사이토제네스의 주요 독성 단백질

독성인자	크기(kDa)	기능
단백질 조절 인자(PrfA)	27	독성 단백질의 발현 조절
인터날린 A(InlA)	80	장 상피세포와 임신 중 태반으로 침투의 원인
인터날린 B(InlB)	70	간세포와 간장 감염 침투의 원인
병원성 침투 단백질(Vip)	96	상피세포 침입의 원인
리스테리아 부착소 단백질(LAP)	104	장 상피세포 부착에 관여
자가분해아미다아제(Ami)	102	숙주세포 부착에 관여
리스테리오라이신 O(LLO)	58~60	용혈작용과 액포에서 세균의 배출을 도움
액틴 중합 단백질(ActA)	90	세포질내 위한 액틴 말단의 핵형성
담즙 연분 분해효소(BSH)	36	소화관에서의 생존에 도움

한다.

2. 리스테리아 모노사이토제네스의 감염 경로

리스테리아 모노사이토제네스는 동물의 장내, 토양, 하수 등 자연계에 널리 분포되어 있다. 인수공통감염증을 일으키는 이 세균은 동물의 상재세균으로 축산제품의 부적절한 취급 · 처리 및 비위생적인 용수의 사용 등으로 사람에게 간접적으로 전파될 수 있으며 이러한 처리에 오염된 식품의 섭취에 의해서도 발생할 수 있다. 리스테리아증의 오염원에 대한 검토 결과와 식품 유래 균주의 분석 결과에 따르면 리스테리아 모노사이토제네스는 원재료로부터 유래한다기 보다는 제조 · 가공 공정에서 식품에 오염된 것에서 유래되는 것으로 확인되었다(5).

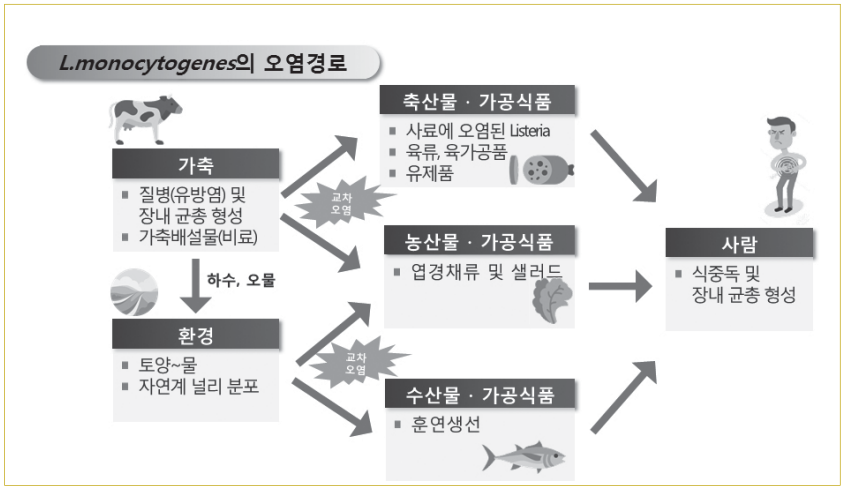

그림 1. 환경 및 동물로부터의 리스테리아 모노사이토제네스 감염경로

리스테리아증은 주로 선진국에서 산발적 또는 집단 사례가 매년 발생하고 있다. 노출에서 발병까지의 잠복기간이 1주간에서 2개월로 상대적으로 긴 까닭에 원인식품의 동정이 어렵지만, 리스테리아증 원인의 99%는 식품이 매개하는 것으로 보고 되고 있다. 미국에서는 2000년 이후 매년 100여명의 리스테리아증(listeriosis) 환자가 발생하고 있으며, 2011년에는 135명으로 가장 많은 환자가 발생하였다. 2011-2014년까지 5년간 조사에 따르면, 인구 100,000명당 환자 발생률은 2011년(0.28), 2012년(0.26), 2013년(0.25)으로 다소 감소하고 있으나 큰 변화는 없이 꾸준히 발생하는 것으로 분석되었다(6). 미국에서 리스테리아는 식품매개 감염증의 8번째 원인균으로, 다른 식중독 세균과 비교하여 발생 빈도가 높지 않으나, 세균 감염으로 병원에 입원하게 된 비율을 살펴보면 리스테리아에 감염된 사람이 입원한 비율이 89.2%로 가장 높게 조사되고 있다. 특히 4살 미만의 소아의 경우 리스테리아에 감염된 소아의 94.1%가 입원한

표 2. 수산물 및 수산가공품의 미생물 기준 · 규격

세부분류	총세균수(CFU/g)	대장균군(CFU/g)	*E. coli*	식중독세균
냉동어패류	100,000 이하	10 이하	–	가공, 가열, 조리없이 바로 섭취하는 수산물: 리스테리아 모노사이토제네스(음성) *Salmonella* spp.(음성) *V. parahaemolyticus*(100 이하/g) *S. aureus* (100 이하/g)
어육가공품	멸균제품 : 음성	음성 (비가열제품 제외)	–	–
젓갈류	액젓, 조미액젓 : 음성	음성 (액젓, 조미액젓 제외)	–	–
절임식품	멸균제품 : 음성	살균, 멸균제품 : 음성	–	–
조림식품	멸균제품 : 음성	살균, 멸균제품 : 음성	–	–
조미건어포류	–	–	음성	*S. aureus* (100 이하/g)

표 3. 수산식품 중 병원성세균 오염경로 및 대표적 세균 종류

오염경로	균종 예시
어류에 자연적으로 존재	• 병원성 *Aeromonas hydrophila* • 병원성 *Vibrio* spp.(*V. cholerae, V. parahaemolyticus, V. vulnificus*) • *Clostridium botulinum* 등
분변 오염	• 병원성 *Escherichia coli* • *Salmonella* spp. • *Shigella* spp. • *Yersinia enterocolitica* 등
식품가공 및 소비단계 오염	• *Bacillus cereus* • *Campylobacter jejuni* • *Listeria monocytogenes* • *Staphylococcus aureus* 등 기타 식중독세균

것으로 보고 되었다.(6)

국내에서는 아직 리스테리아 모노사이토제네스에 의한 식중독 발생 사례는 없으나, 오염현황을 조사한 국내 문헌을 토대로 할 때 국내에서도 리스테리아증(listeriosis)이 발생할 가능성이 충분히 있다.

3. 국내외 수산물에서의 리스테리아 모노사이토제네스 검출 현황

식품공전의 수산물 및 수산물가공품의 미생물 기준규격에 따르면 (표 2), 냉동어패류 중에서 가공, 가열, 조리 없이 바로 섭취하는 수산물에서는 리스테리아 모노사이토제네스는 '음성'을 기준하고 있다(7). 그러나, 이따금씩 리스테리아 모노사이토제네스가 검출된다고 보고 되는 조미건어포류에는 기준규격이 설정되어 있지 않은데, 가열하여 섭취하지 않는 경우가 많은 조미건어포류의 리스테리아 모노사이토제네스에 대한 기준규격 설정에 대해 신중하게 검토할 필요가 있다.

2015년의 식중독 통계 시스템에 따르면 (표 3) 수산식품에서 발견되는 대표적인 병원성 세균 중에서 리스테리아 모노사이토제네스는 '식품가공 및 소비단계 오염'이 오염경로로 지적되어 원물 처리 공정에서 바로 이어지는 가공, 유통, 보관 중의 오염현황의 조사가 필요하다고 해석되고 있다(8).

한국소비자보호원에 따르면, 훈제연어 10개 중 1개 제품에서 리스테리아 모노사이토제네스가 검출되었으며 국내의 즉석섭취 식품에 대한 리스테리아 모노사이토제네스 오염도 조사 결과, 연어의 경우 18개의 시료 중 2건으로 11.1%의 가장 높은 검출률을 나타냈었다(9).

국내의 연어 소비는 98.6%를 수입에 의존하며 수입량은 2010년 9,374톤에서 2014년 2만 5,255톤으로 269% 증가하였다. 특히 연어의 소비행태는 연어회, 훈제연어,

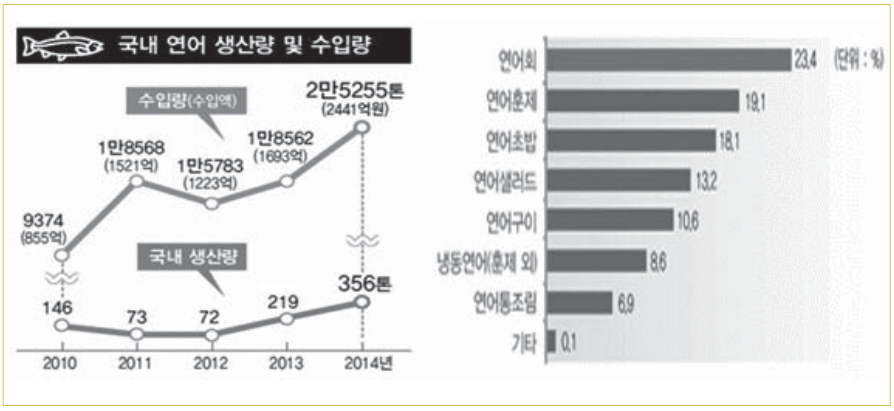

그림 2. 국내 연어 생산량 및 시장규모 및 소비행태

초밥, 샐러드, 냉동연어 등 식품위생상 우려가 높은 비가열 냉장 또는 냉동형태가 대부분(82.4%)을 차지하고 있다. 이는 패밀리 레스토랑과 뷔페 등의 외식문화의 발달 및 식습관의 서구화로 인해 국내 연어의 수입량이 증가하였다고 추측된다(10) (그림 2).

국내의 리스테리아 오염수준은 훈제 연어 뿐만 아니라, 조미건어포류에서도 5.2%~11.1% 수준으로 리스테리아 모노사이토제네스가 검출되었다는 보고도 있어, 가공단계가 많고 비가열 섭취하는 수산물에 대한 리스테리아 오염의 우려를 나타내었다.

국내에서 리스테리아 모노사이토제네스의 모니터링 연구는 주로 가열 없이 바로 섭취하는 농 · 축 · 수산 식품으로 수행되었으며 연어제품을 제외한 다른 식품에서는 대부분 낮은 수준으로 오염되어 있다. 국내 주요 연구결과를 요약해 보면, 즉석섭취 식품에 대한 리스테리아 모노사이토제네스은 김밥과 육회에서 각 4건씩, 0.8%와 2.6%의 검출률을 보였고 연어의 경우 18개의 시료 중 2건으로 11.1%의 가장 높은 검출률을 나타내었다. 또한 조미건어포류에 대한 주요 식중독균 분포 연구에서 210개의 시료 중 11건으로 5.2%의 검출률을 나타내, 다른 식품 종류에 비해 수산물에서의 리스테리아 모노사이토제네스 검출률이 높은 것을 확인할 수 있었다. 축산물 가공품의 경우 소시지가 273개 시료 중 2건으로 2.4%의 검출률을 보였고, 햄은 258개의 시료 중 3건으로 0.73%의 검출률을 나타내었고, 육포는 198개 시료 중 1건으로 0.51%의 검출률을 나타내었다(11).

국외에서는 국내보다 더 많은 종류의 식품에서 리스테리아 모노사이토제네스에 대한 모니터링 연구가 보고되고 있다. 아일랜드에서 판매되는 5개 브랜드의 진공 포장된 훈제연어 120개의 시료를 조사한 결과 리스테리아 모노사이토제네스가 21.6%로 검출되었고, 유럽 12개국에서 생산된 훈제연어 774개 제품을 조사한 결과, 리스테리아 모노사이토제네스가 20.2% (157개 제품)에서 검출되었으며, 그 중 26개 제품(3.3%)은 >100 CFU/g 이상으로 분석되었다. 2017년에 보고된 연구에 따르면 신선어류와 훈제어류의 리스테리아 모노사이토제네스 모니터링 결과 각각 21.5%와 17.0%의 높은 검출률을 보였다. 또한 국외에서는 주로 즉석조리육류 (ready-to-eat meat)에서 검출이 되었는데, 2016년에 진행된 연구에서는 즉석조리육류 (RTE meat) 185건 검사 결과 11건(3.86%), 즉석조리어류 (RTE fish) 185건 검사 결과 31건(6.76%)의 리스테리아 모노사이토제네스균이 검출된 연구가 보고 되었다(12-14).

4. 수산물에서 리스테리아 모노사이토제네스 억제 방법

훈제연어를 비롯한 수산물에서의 미생물 위해요소 제어를 위해서는 식품이나 가식성 천연물 유래의 물질이나, 유해하지 않은 살균장치를 사용해야 한다. 현재까지 시도되고 있는 수산물에 있어서의 리스테리아 모노사이토제네스 위해요소 제어방법 및 대표사례는 다음과 같다. 첫번째로 GRAS 균주인 *Lactobacillus* spp.가 생산하는 박테리오신을 이용하여 배양액에 침지하거나 스프레이한 결과, 초기접종 5×10^3 cells의 리스테리아 모노사이토제네스

표 3. 천연 항균물질을 포함하는 항균 biopolymer 필름과 사용의 예시

항균물질	필름 기초 물질	억제대상 미생물	참고문헌
Chitosan 1% (w/v)	Chitosan	리스테리아 모노사이토제네스, *L. innocua*	Coma et al., 2001
Nisin 4% (w/w)	Soy-based	리스테리아 모노사이토제네스	Dawson et al., 2002
Lysozyme (25 mg/g coating)	Whey protein isolate	리스테리아 모노사이토제네스	Min et al., 2005a
Lactoperoxidase (40 mg/g coating)	Whey protein isolate	리스테리아 모노사이토제네스	Min et al., 2005b
Pediocin	Cellulose	리스테리아 모노사이토제네스	Wilhoit, 1997
Nisin	Whey protein, soy protein, egg albumin	리스테리아 모노사이토제네스	Ko et al., 2001

가 10시간 후 2 log 감소, 12시간 후(훈연 공정 후) 비검출로 저감됨을 확인한 보고가 있다(15). 두 번째로는 해조류인 대형 갈조류 대황의 ethyl acetate 분획물에서 분리되는 phlorotannines의 일종인 fucofuoeckol-A가 리스테리아 모노사이토제네스를 저해할 수 있다는 보고가 있다(16). 다음으로 가식성 항균필름포장을 이용하는 것으로, 탈지 겨자씨를 기반으로 한 가식성 항균필름을 훈제연어에 적용한 결과 인위감염시킨 리스테리아 모노사이토제네스를 효과적으로 저해하였을 뿐만 아니라 지방산패 저지와 항산화능도 나타내었다(17). 항균필름포장에는 nisin이나 chitosan, lysozyme 등 다양한 기능성 바이오 소재도 활용될 수 있다. 식품첨가물로 주로 사용되는 발색제 아질산나트륨은 식육가공품(사용기준 70 ppm)이나 어육소시지(사용기준 50 ppm), 명란젓 및 연어알젓(사용기준 5 ppm)에는 사용 가능하지만, 훈제연어에는 사용할 수 없도록 규정되어 있으며, 피클링솔트(pickling salt) 또한 식품첨가물로 정제염 90.6%, 아질산나트륨(발색제) 8.4%, 탄산나트륨 1.0%로 구성되어 있어 훈제연어에는 사용할 수 없다(7).

5. 신선 수산물 가공 공정에서의 위해요소 분석 및 위생관리 지침 개발 필요

훈제연어 가공공정은 국내외의 가공회사에 따라 다소 차이는 있지만, 대부분은 다음과 같은 공정을 통해 가공된다.(그림 3). 냉장 또는 냉동 상태에서 입수된 원료 연어는 10℃ 내외에서 8-10시간의 해동과정과 세척과정을 통해 이물질을 제거하고, 필렛 과정을 통해 중골을 제거하고 좌우로 분리한다. 정형과정에서는 복육과 지느러미, 꼬리 등의 비가식부위를 제거하고, 육중에 잔존하는 잔뼈를 핀셋으로 수작업을 통해 제거한다. 탈피과정에서 껍질을 제거하고 정제염이나 염지제를 첨가한 후에 훈연과정을 거친다. 이후 세절하여 포장한다.(24)

훈제과정 중에 온훈연의 경우 60℃에서 30분 동안 수행되어야 리스테리아 모노사이토제네스를 제어할 수 있고, 냉훈연의 경우 22-30℃에서 18시간 동안 훈연시간이 지속되어야 한다고 알려져 있다. 또한 훈연 직전 연어 표면의 수분이 부족할 경우, 훈연에 의한 살균 효과가 감소되기도 한다(2). 따라서 훈제온도와 시간을 오염취약점으로 지적할 수 있다. 훈제연어 가공은 원료육과 공정의 특성상 수작업의 비중이 높고, 각 단계에서 사용되는 장비의 표면과 접촉하는 면적과 시간이 많다는 식품위생학적 취약점을 가진다. 철저하게 소독되지 않은 슬라이싱 장비에 의한 슬라이싱 과정 중에서도 교차오염이 발생할 수 있으므로 이 또한 오염취약단계로 지적된다.

따라서, 훈제연어 가공공정이나 생연어 슬라이스 가공공정에서 오염이 일어나기 쉬운 단계에서 집중적으로 리스테리아 모노사이토제네스의 검출과 단계별 제어방법을

연구하여 적용할 필요가 있다. 또한 냉장 및 진공포장 상태에서도 생장이 가능한 통성혐기성 및 저온성 세균인 리스테리아 모노사이토제네스의 특성을 감안하면 유통, 운반, 진열, 보관 뿐만 아니라 가정에서의 상온 노출 시간, 해동-냉동저장-재해동 여부 등 최종 소비자의 섭취까지의 전 과정에 대한 모니터링 및 대국민 위생관리지침 개발 또한 중요하다고 하겠다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 식품의약품안전처 용역연구개발과제(18162축산선524)의 연구개발비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

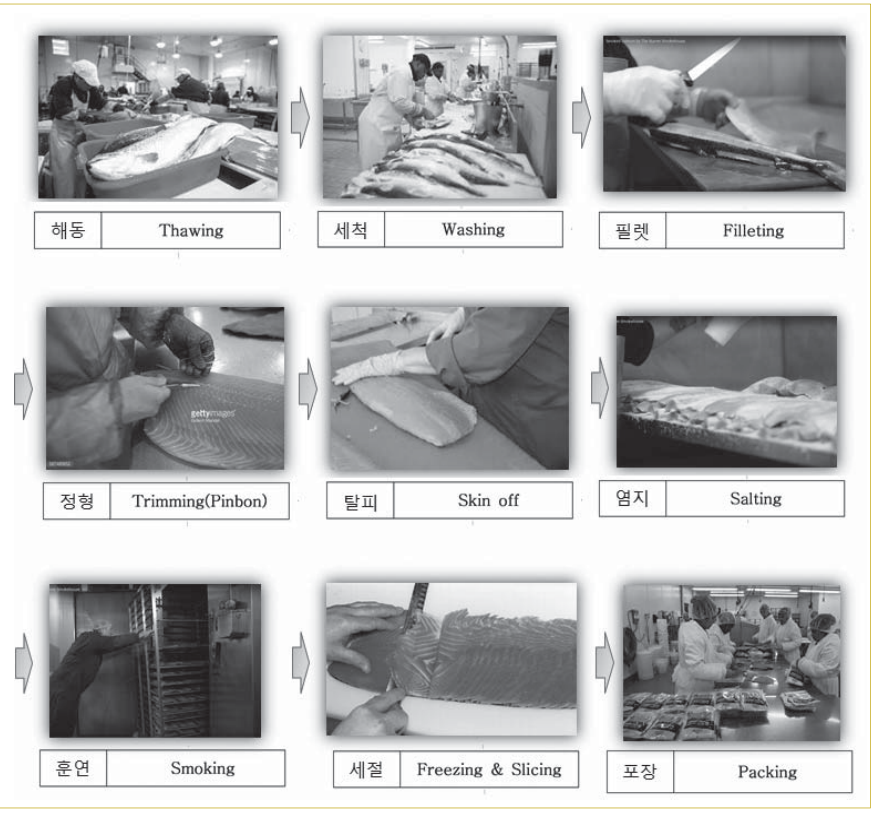

그림 3. 훈제연어 가공 단계

참고 문헌

1. 정효원, 박상훈, 이진호, 김수진, 류승희, 송미옥, 박선희, 조정윤, 박건용, 최성민. 식품에서 분리된 리스테리아 모노사이토젠스의 분포 및 항생제 내성. J. Food Hyg. Saf. 29: 26-30(2014)

2. 식품의약품안전처, 유해물질총서-리스테리아 모노사이토제네스(*Listeria monocytogenes*)(2015)

3. Ryser ET. *Listeria monocytogenes* in unfermented dairy product. In: Listeria listeriosis and food safety. New York: Marcel Dekker Inc (1999).

4. Ray B, Bhunia A. Fundamental food microbiology. p. 288-294. 4th ed. CRC, NY, USA (2007).

5. Walter FS, Haldane H, Timothy LM, Warhus M, Crouse N, David JM. Does sporadic Listeria gastroenteritis exist? A 2-year population-based survey in Nova Scotia, Canada. Clin. Infect. Dis., 41: 778-784 (2005).

6. CDC (Centers for Disease Control and Prevention): Surveillance for foodborne disease outbreaks united states, 2013: Annual report (2015).

7. 식품의약품안전처, 식품공전(2018)

8. 식품의약품안전처. 식품안전정보포털 식품안전나라.(http://www.foodsafetykorea.go.kr)

9. 한국소비자 보호원. 일부 훈제식품에서 식중독균 검출(2015)

10. 한국해양수산개발원. 국민 횟감 자리매김한 수입 연어, 안정적인 먹거리 차원 관리 필요(2017)

11. 황인균, 조준일, 이순호, 임지수, 곽효선. 온도와 시간을 주요 변수로 한 훈제연어에서의 *Listeria monocytogenes* 성장예측모델. 26: 120-124 (2011)

12. David G, Isabel VA, María DL, Isabel GJ. *Listeria monocytogenes* and ready-to-eat seafood in Spain: Study of prevalence and temperatures at retail. Food Microbiol. 36: 374-378 (2013)

13. Esmail A, Mahdi OS, Hedayat H, Gholamreza I, Allah GE. Prevalence and molecular characterization of Listeria spp. and *Listeria monocytogenes* isolated from fish, shrimp, and cooked ready-to-eat(RTE) aquatic products in Iran, LWT-Food Sci. Technol. 73: 205-211 (2016)

14. Eva D, Ana JB, Antonio AJ, Antonia FM, Isabel E. Prevalence and antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* strains isolated in ready-to-eat foods in Eastern Spain, *Food Control* 47: 120-125 (2015)

15. 장성호. 유산균 항균능을 이용한 훈제연어의 리스테리아 제어 효과, 식품산업과 영양, 16: 1-4 (2011)

16. 이한빛. 탈지겨자씨 기반 가식성 항균 필름으로 코팅된 연어 제품의 *Listeria monocytogenes* 안전 저장 기간 예측. 석사학위논문 서울여자대학교 (2012)

17. 김효정, In vitro Antimicrobial Effect of the Brown Alga Eisenia bicyclis on *Listeria monocytogenes*. 석사학위논문, 부경대학교 (2015)

18. Coma V, Sebti I, Pardon P, Deschamps A, Pichavant H. Antimcirobial edible packaging based on cellulosic ethers, fatty acids, and nisin incorporation to inhibit *Listeria innocua* and *Staphylococcus aureus*. J Food Protect. 64: 470-475 (2001)

19. Dawson P, Carl LGD, Acton JC, Han IY. Effect of lauric acid and nisin-impregnated soy-based films on the growth of *Listeria monocytogenes* on turkey bologna. Poult. Sci. 81: 721-726 (2002)

20. Min S, Han JH, Harris LJ, Krochta JM. *Listeria monocytogenes* inhibition by whey protein films and coatings incorporating lysozyme. Journal of Food Protection 68: 2317-2325 (2005a).

21. Min S, Harris LJ, Krochta JM. Antimicrobial effects of lactoferrin, lysozyme, and the lactoperoxidase system and edible whey protein films incorporating the lactoperoxidase system against *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* O157:H7. J. Food Sci. 70: M332-338 (2005b)

22. Wilhoit DL. Antimicrobial compositions, film and method for surface treatment of foodstuffs. EU (1997)

23. Ko S, Janes ME, Hettiarachchy NS, Johnson MG. Physical and chemical properties of edible films containing nisin and their action against *Listeria monocytogenes*. J. Food Sci. 66: 1006-1011 (2001)

24. 고희영. 냉동 훈제연어 가공 중의 위생관리, 석사학위논문, 경상대학교 융합과학기술대학원 (2015)