

연어 제품에서 분리한 *Listeria monocytogenes*의 분포, 병원성 특성 및 항균제 내성

진영희^{1,*} · 류승희¹ · 광재은¹ · 김리라¹ · 최영희¹ · 이명숙¹ · 황인숙¹
¹서울특별시 보건환경연구원

Prevalence, virulence characteristics and antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* isolated from salmon products

Young Hee Jin^{1,*}, Seung Hee Ryu¹, Jae Eun Kwak¹, Ri Ra Kim¹,
Young Hee Choi¹, Myung Sook Lee¹, and In Sook Hwang¹

¹Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health & Environment

Abstract This study investigated the prevalence, serotypes, virulence genes, and antimicrobial resistance patterns of *Listeria monocytogenes* isolates collected from salmon products. A total of 16 out of 65 salmon products (24.6%) were positive for *L. monocytogenes*. Bacteria were most frequently identified in smoked salmon products (15/53, 28.3%). Serological tests revealed that serotype 1/2b (62.5%) was the predominant serotype of *L. monocytogenes*, followed by 1/2a (37.5%). All isolates harbored 10 virulence-associated genes (*inlA*, *inlB*, *plcA*, *plcB*, *hlyA*, *actA*, *prf*, *fbpA*, *iap*, and *mpl*), confirming their potential pathogenicity. The isolates of *L. monocytogenes* showed resistance to cefotetan (100%), cefotaxime (87.5%), cefepime (31.3%), erythromycin (6.3%), and tetracycline (6.3%); however, most of the strains were susceptible to antimicrobials except cephalosporins. These results provide useful information regarding the contamination of salmon products with *L. monocytogenes*, which may have implications for public health.

Keywords: *Listeria monocytogenes*, salmon products, virulence genes, antimicrobial resistance

서 론

한국의 1인당 수산물 소비량은 연간 60 kg에 육박하여 세계 주요국 가운데 최고 수준이며(MOF, 2017), 수산물 중 연어 소비량은 2010년 12,000톤에서 2015년 34,000톤으로 급격하게 증가하였다(MOF, 2016). 연어의 소비형태는 연어 회, 훈제연어, 초밥, 셀러드, 냉동 연어 등 비가열 냉장 또는 냉동 형태가 대부분을 차지하여 식품 위생상 주의가 필요하다(Lee, 2018).

리스테리아 모노사이토제네스(*Listeria monocytogenes*)는 통성 혐기성 그람양성 간균으로 자연계에 흔히 존재하며, 저온에서도 생장할 수 있는 특성이 있으며, pH 5 이하의 산과 높은 염 농도에서도 생육이 가능한 것으로 보고되어 있다(Elbashir 등, 2018). 1980년대 중반 이후 농·축·수산물 식품 등 다양한 경로를 통해 발생 빈도가 높아진 식중독 균으로 식품산업과 공중위생분야에서 중요하게 인식되고 있다(MFDS, 2020a).

리스테리아 모노사이토제네스는 현재 13개의 혈청형(1/2a, 1/2b, 1/2c, 3a, 3b, 3c, 4a, 4ab, 4b, 4c, 4d, 4e, 7)으로 분류되며(Liu,

2006), 식품과 환자 검체에서 분리된 균주의 95% 정도는 1/2a, 1/2b, 1/2c, 4b 형이다. 혈청형 1/2a는 식품 검체에서 분리된 리스테리아균에서 자주 발견되는 혈청형이며(Orsi 등, 2011), 4b 형은 집단식중독과 연관된 환자 검체에서 분리되는 리스테리아균의 가장 흔한 혈청형으로 보고되어 있다(Datta와 Burall, 2018).

리스테리아 모노사이토제네스에 의해 발생하는 식품 매개 질병인 리스테리아증(Listeriosis)은 발열, 오한 등 감기와 유사한 식중독 초기 증상이 나타난 후 감염자의 건강 상태나 감염 균량에 따라 심각한 경우 패혈증 및 신경증상 등이 나타난다. 특히 임산부, 신생아 및 노인 등과 같이 면역력이 저하된 사람들에게 쉽게 발병되며, 임산부의 경우 중증일 때 유산, 사산 등을 유발할 수 있다(FDA, 2007). 리스테리아증의 발병에는 이 세균에 의해 생산되는 독성 단백질들이 주요 인자로 알려져 있으며, 독성인자로 PrfA, InlA, InlB, Vip, LAP, Ami, LLO, ActA, BSH 등이 있다(Ray와 Bhunia, 2007). 일단 리스테리아증을 일으킨 환자는 30%에 가까운 높은 치사율을 나타내므로 항생제 치료가 필수적이며, 항생제로는 ampicillin/penicillin 단독 또는 streptomycin/gentamicin과 같은 aminoglycosides계 항생제와 병용하여 사용하는 것이 효과적이다(Charpentier와 Courvalin, 1999). 리스테리아 모노사이토제네스의 항균제 내성은 다른 식중독균에 비해 덜 흔하지만 다제내성이 여러 균주에서 보고가 되어 있다(Shen 등, 2013).

본 연구는 국내에서 점점 소비가 늘고 있고, 가열 조리 없이 바로 섭취되는 연어 제품에서 리스테리아균의 분포를 파악하고, 분리된 균주에 대해 혈청형 분석, 독소 유전자 보유 여부 및 항

*Corresponding author: Young Hee Jin, Department of Gangnam Agricultural and Fishery Product Inspection, Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment, Seoul 05699, Korea
Tel: +82-2-3401-6294
Fax: +82-2-3401-6742
E-mail: jinyh94@seoul.go.kr
Received May 26, 2021; revised July 5, 2021;
accepted July 13, 2021

균제 내성 현황을 조사하여 다른 식중독균에 비해 국내 연구가 미비한 리스테리아균에 대한 기초연구 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

시료채취

2020년 5월부터 7월까지 서울지역 대형마트에서 15개 제조회사 연어 제품 총 65건을 수거하여 실험에 사용하였다. 제품별로는 훈제연어가 53건, 기타 연어 제품이 12건이었으며, 보관방법으로 냉장제품이 23건, 냉동제품이 42건 이었다. 모든 검체는 냉장상태를 유지하며 실험실로 운반하여 즉시 실험을 실시하였다.

리스테리아 모노사이토제네스 분리 동정

식품의약품안전처 식품공전(MFDS, 2020b) 방법을 일부 변형하여 균을 분리하였다. 검체 25 g에 리스테리아 증균배지(*Listeria* Enrichment broth, Oxoid, Basingstoke, UK) 225 mL을 가하여 균 질화한 후 30°C, 24시간 1차 증균하였다. 증균 배양액을 Fraser broth (Oxoid)에 접종하여 35°C, 24시간 2차 배양한 후 선택배지인 Palcam (Oxoid) 배지 및 ALOA (BioMerieux, Marcy L'Etoile, France) 배지에 희석 도말하여 30°C, 24-48시간 배양하였다. 전형적인 집락을 선별하여 Brain Heart Infusion agar (BHI, Becton Dickinson, Bergen, USA)에 배양해서 API *Listeria* 키트 (BioMerieux)를 이용하여 최종 동정하였다.

혈청형 검사

혈청형은 *Listeria* Antisera Set (Denka-Seiken, Tokyo, Japan)를 이용하여 제조사의 방법에 따라 O-항원 검사는 슬라이드 응집법으로, H-항원 검사는 tube법으로 실시하였다.

병원성 관련 유전자 확인

리스테리아 모노사이토제네스의 병원성과 관련된 10종의 유전자(*inlA*, *inlB*, *plcA*, *plcB*, *hlyA*, *actA*, *prf*, *fbpA*, *iap*, *mpl*)에 대

한 PCR를 실시하였다. DNA 추출은 boiling 법으로 순수 분리한 균을 멸균 증균수에 현탁하여 100°C에서 15분간 끓인 후 12,000 rpm, 5분간 원심분리한 상층액을 주형 DNA로 사용하였다. 사용한 primer 및 실험 조건은 표 1과 같으며, PCR 결과는 1.5% agarose gel로 전기영동하여 확인하였다.

항균제 감수성 시험

항균제 감수성 시험은 Clinical and Laboratory Standard Institute (CLSI)의 가이드라인에 따라 디스크 확산법으로 실시하였다(CLSI, 2018). 항균제 디스크(Oxoid)는 penicillin (P 10 IU), ampicillin (AMP 10 mcg), amoxicillin/clavulanic acid (AMC 30 mcg), ampicillin/sulbactam (SAM 20 mcg), cephalothin (KF 30 mcg), cefotetan (CTT 30 mcg), cefotaxime (CTX 30 mcg), cefepime (FEP 30 mcg), genamicin (CN 10 mcg), ciprofloxacin (CIP 5 mcg), vancomycin (VA 30 mcg), tetracycline (TE 30 mcg), trimethoprim/sulfamethoxazole (SXT 25 mcg), erythromycin (E 15 mcg), chloramphenicol (C 30 mcg) 총 15종을 사용하였으며, 배지는 5% sheep blood를 첨가한 Mueller Hinton (Becton Dickinson, Bergen, USA) 배지를 사용하였다. 결과 판정은 EUCAST (2020)와 CLSI 그림양성 세균 기준(CLSI, 2018)에 따라 판독하였다.

결과 및 고찰

균 분리현황

연어 제품 65건에 대하여 리스테리아 모노사이토제네스를 검사한 결과 총 16건(24.6%)에서 리스테리아 모노사이토제네스가 검출되었다. 제품별로는 훈제연어 53건 중 15건(28.3%), 기타 연어 제품 12건 중 1건(8.3%)이 분리되어 훈제연어에서 검출률이 높은 것으로 확인되었고, 냉장 제품이 23건 중 6건(26.1%), 냉동 제품 42건 중 10건(23.8%) 분리되어 보관방법으로는 검출률에 큰 차이는 없었다. 연어의 원산지로는 노르웨이산 43건 중 13건

Table 1. Primers sequences and amplification conditions

Virulence genes	Primer sequences (5'→3')	Product size (bp)	References	Amplification conditions
<i>fbpA</i>	TTATTTCTCGCATCCTAGC TATCAATTCGACCTGCTGAG	435	Skowron et al., 2018	Ini. denaturation - 94°C, 2 min 35 cycles: denaturation - 94°C, 15 s annealing - 48.5°C, 30 s elongation - 72°C, 50 s Final elongation - 72°C, 1 min
<i>plcA</i>	ACACGAGCAATAAAATCCCT ATACTGACGAGGTGTGAATG	278	Suo et al., 2010	
<i>hlyA</i>	TTTTTCGATTGGCTCTTAGGA ACTGAAGCAAAGGATGCATCTG	101	Skowron et al., 2018	
<i>plcB</i>	GCAAGTGTCTAGTCTTTCCGG ACCTGCCAAAGTTTGCTGTGA	794	Franciosa et al., 2005	
<i>inlB</i>	TCCGACTAAACAAGGCTATG TGTACCATAATTTCCGCCA	302	Skowron et al., 2018	Ini. denaturation - 94°C, 2 min 16 cycles: denaturation - 94°C, 30 s annealing - 57°C, 45 s elongation - 72°C, 45 s 19 cycles: denaturation - 94°C, 30 s annealing - 49°C, 45 s elongation - 72°C, 45 s Final elongation - 72°C, 1 min
<i>actA</i>	ACGAACAAAGCAGACCTAAT TGTACCATAATTTCCGCCA	231		
<i>iap</i>	ACAAGCTGCACCTGTTGCAG TGACAGCGTGTGTAGTAGCA	131	Rawool et al., 2007	
<i>inlA</i>	CAGGCAGCTACAATTACACA ATATAGTCCGAAAACCATCT	2341	Franciosa et al., 2005	
<i>mpl</i>	TATGACGGTAAAAGCAGATT TTCCCAAGCTTCAGCAACTT	1458		
<i>prfA</i>	CATGAACGCTCAAGCAGAAG AATTTTCCCAAGTAGCAGGA	706		

(30.2%), 칠레산 22건 중 3건(13.6%)이 검출되어 노르웨이산 연어에서 검출률이 높았다(결과 미 제시). 국내 다른 연구와 비교해보면 Jeong 등(2014)은 즉석식품 등 식품에서 1.2%, 연어 제품은 18건 중 2건(11.1%)에서 리스테리아균이 분리되었다고 보고하여 본 연구보다 검출률이 낮았으며, Lee 등(2017)은 즉석섭취 해산물과 식품 제조 환경에서 리스테리아균을 33주 분리하였다고 하였는데 검사한 건수가 나와 있지 않아 검출률을 비교하기가 어려웠다. 국내에서는 연어를 포함한 식품에서 분리한 리스테리아균에 대한 연구가 많이 이루어지지 않아 검출률을 비교하기가 어려운 실정이다. 국외에서는 국내보다 더 많은 연구가 보고되었는데 아일랜드에서 판매되는 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%에서 검출되었다고 보고하여(Lee, 2018) 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 또한, Wiczorek와 Osek (2017)에 따르면 신선한 어류와 훈제 어류에서 리스테리아 모노사이토제네스 모니터링 결과 각각 21.5%와 17.0%의 검출률을 보였고, Ramires 등(2021)도 연어 스미에서 21.4% 검출되었다고 보고하여 본 연구결과는 국외의 모니터링 결과와 거의 비슷한 수준인 것으로 확인되었다. 국내에서 2018년 서울지역 OO 중학교에서 리스테리아 모노사이토제네스에 의한 집단식중독 사례가 최초로 보고되었고(Han 등, 2019) 연어 제품의 소비가 점점 늘고 있는 상황에서 리스테리아균에 의한 집단식중독 우려가 높아지는 상황이다. 따라서 앞으로 지속적인 모니터링을 통해 연어 제품의 위생관리가 필요할 것으로 사료된다.

혈청형 분석 결과

리스테리아 모노사이토제네스 16주에 대하여 혈청형을 분석한 결과 2가지 혈청형으로 나누어졌는데, 1/2a 형이 6균주(37.5%), 1/2b 형이 10균주(62.5%)로 확인되었다. 국내에서 Park 등(2016)과

Lee 등(2017)은 해산물, 즉석식품 등 식품에서 분리한 리스테리아균의 혈청형이 1/2b, 4b, 1/2a 3가지였다고 보고하였는데 4b 형을 제외하고는 본 연구와 동일하였다. 국외 결과와 비교해보면 일본의 Inoue 등(2000)에 따르면 해산물에서 분리한 균주는 1/2a와 1/2b 형이 우세하였고, 이탈리아 Korsak 등(2012)은 해산물에서 분리한 균주는 1/2a, 1/2b, 4b 형이 우세하다고 보고하였으며, 이란의 Jamali 등(2015)도 어류 및 어시장 환경에서 분리한 균주의 혈청형은 1/2a (72.1%), 4b (23.3%), 1/2b (4.7%) 순이라고 보고하여 국내·외 수산물을 포함한 식품에서 분리된 리스테리아균의 혈청형은 비율의 차이는 있으나 1/2a, 1/2b, 4b 형이 가장 흔한 혈청형임을 확인할 수 있었다.

연어 제품의 보관방법, 제조회사 및 연어의 원산지별 혈청형과의 연관성을 살펴본 결과 Table 2와 같이 보관방법에 따라 냉장 제품은 6균주 중에서 5균주가 1/2a 형으로 확인되었고, 냉동제품은 10균주 중에서 9균주가 1/2b 형으로 확인되었다. 보관 온도에 따라 우세한 혈청형이 존재하는지에 대한 연구 문헌은 현재 전무한 실정이어서 추후 더 많은 모니터링 자료와 연구를 통해 검증이 필요할 것으로 사료된다. 제조회사와 혈청형 간의 연관성을 확인한 결과 제조회사 5곳(A~E 회사) 중 B 회사를 제외하고는 같은 제조회사에서 분리된 연어 제품에서 동일한 혈청형이 확인되었고, 연어의 원산지별로는 연관성이 확인되지 않아 연어의 제조 공정상에서 균의 오염이 주로 이루어짐을 짐작할 수 있었다. 동일 제조회사에서 여러 종류의 다른 제품이 생산되고 있는 만큼 제조 공정 중의 오염관리는 무엇보다 중요한 것으로 생각된다. Lee (2018)는 훈제연어 가공은 원료육과 공정의 특성상 수작업의 비중이 높고, 각 단계에서 사용되는 장비의 표면과 접촉하는 면적과 시간이 많다는 식품위생학적 취약점을 지적하여 수산물 가공 공정에서 위해 요소를 분석하고 위생관리 지침 개발이 필요하다고 하였는데, 본 연구 결과도 위의 주장을 뒷받침할 근거자료가 될 것으로 생각된다.

Table 2. Serotypes and information of *L. monocytogenes* isolates from salmon products

Strain No.	Serotype	Storage method	Manufacturing company	Country of origin
LM200501	1/2b	freeze ¹⁾	A	Norway
LM200502	1/2a	cold ²⁾	B	Norway
LM200703	1/2b	freeze	C	Norway
LM200704	1/2b	freeze	C	Norway
LM200705	1/2b	freeze	C	Norway
LM200706	1/2a	cold	B	Norway
LM200707	1/2b	cold	B	Norway
LM200708	1/2a	cold	B	Norway
LM200709	1/2a	cold	B	Norway
LM200710	1/2b	freeze	C	Norway
LM200711	1/2b	freeze	C	Norway
LM200712	1/2b	freeze	C	Norway
LM200713	1/2a	cold	D	Chile
LM200714	1/2b	freeze	E	Chile
LM200715	1/2a	freeze	D	Norway
LM200716	1/2b	freeze	E	Chile

¹⁾represent a temperature below -18°C

²⁾represent a temperature below 5°C

Table 3. Antimicrobial resistance of *L. monocytogenes* isolates from salmon products

Antimicrobial	No. of isolates (%)		
	Susceptible	Intermediate	Resistant
Penicillin G	16 (100)	0	0
Ampicillin	16 (100)	0	0
Amoxicillin/Clavulanic acid	16 (100)	0	0
Ampicillin/Sulbactam	16 (100)	0	0
Cephalothin	16 (100)	0	0
Cefotetan	0	0	16 (100)
Cefotaxime	0	2 (12.5)	14 (87.5)
Cefepime	1 (6.3)	10 (62.5)	5 (31.3)
Gentamicin	16 (100)	0	0
Ciprofloxacin	16 (100)	0	0
Vancomycin	16 (100)	0	0
Tetracycline	15 (93.8)	0	1 (6.3)
Trimethoprim/Sulfamethoxazole	16 (100)	0	0
Erythromycin	15 (93.8)	0	1 (6.3)
Chloramphenicol	16 (100)	0	0

병원성 관련 유전자(virulence gene) 분석 결과

리스테리아 모노사이토제네스 16주에 대하여 병원성과 관련이 있는 독성유전자(*plcA*, *plcB*, *hlyA*, *actA*, *prf*, *fbpA*, *iap*, *mpl*)와 internalin 단백질 발현 유전자(*inlA*, *inlB*)에 대한 PCR 검사 결과 모든 균주에서 10가지 병원성 관련 유전자가 검출되어 잠재적으로 병원성이 확인되었다. 리스테리아 모노사이토제네스의 병원성은 많은 독성유전자와 숙주세포 침입과 감염 단계에서 중요한 역할을 수행하는 internalin 단백질과 관련이 있다(Liu 등, 2007). 국내(Park 등, 2016) 및 국외에서 보고된 여러 연구 결과에 따르면 연어를 포함한 어류 및 식품에서 분리한 리스테리아 모노사이토제네스는 대부분 병원성 유전자를 가지고 있는 것으로 보고되어(Jamali 등, 2015; Skowron 등, 2018; Wiczorek와 Osek, 2017) 노약자나 임산부 및 면역 저하자는 연어 제품을 섭취할 때 특히 주의가 필요할 것으로 생각된다.

항균제 내성결과

리스테리아 모노사이토제네스 16주에 대한 항균제 감수성 검사 결과는 Table 3과 같이 15종의 항균제 중에서 cefotetan 16주(100%), cefotaxime 14주(87.5%), cefepime 5주(31.3%), erythromycin과 tetracycline에 각각 1주(6.3%) 순으로 내성을 나타내었다. Penicillin, ampicillin, amoxicillin/clavulanic acid, ampicillin/sulbactam, cephalothin, gentamicin, chloramphenicol, trimethoprim/sulfamethoxazole, vancomycin, ciprofloxacin 등 10종의 항균제에는 모두 감수성을 나타내었다. 리스테리아 모노사이토제네스는 본질적으로 cephalosporine 계 항균제에 내성을 나타내는 것으로 알려져 있어(CLSI, 2018) cefotetan, cefotaxime, cefepime과 같은 cephalosporine 계 항균제를 제외하면 항균제 내성률은 매우 낮음을 확인하였다. 국내의 Jeong 등(2014)에 따르면 식품에서 분리한 12균주에 대한 항균제 감수성 검사 결과 cephalosporine계 항균제인 cefotetan, cefoxaxime, cefepime에 내성이 높았고, tetracycline에 25%의 내성률을 보였다고 하였는데, tetracycline의 내성률의 차이를 제외하고는 본 연구와 유사한 결과를 나타내었

다. Lee 등(2017)은 즉석 섭취 해산물과 식품 제조 환경에서 분리한 33주에서 benzyl penicillin (100%), clindamycin (100%), oxacillin (100%), ampicillin (97%), tetracycline (18%) 순으로 내성을 보였다고 하였는데, 본 연구에서 검사한 항균제와 비교하면 penicillin과 ampicillin의 내성률에서 큰 차이를 보였다. 국외의 경우 폴란드의 Wiczorek와 Osek (2017)는 신선한 어류와 훈제 어류에서 분리한 균주에서 MIC 법으로 검사한 결과 oxacillin, ceftriaxone, clindamycin을 제외하고는 검사한 14종의 항균제에 모두 감수성을 보였다고 하였으며, 중국의 Su 등(2016)도 식품과 인체에서 분리한 균주에 대하여 MIC 법으로 검사한 결과 ceftriaxone 10.8%, tetracycline 5.8%의 내성만을 보여 리스테리아 모노사이토제네스의 항균제 내성률은 아주 낮은 편이라고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 그러나, 폴란드의 Skowron 등(2018)은 어류와 어류 제조공장에서 분리한 리스테리아 모노사이토제네스 70주에 대해 5종의 항균제에 대해 검사한 결과 erythromycin과 trimethoprim/sulfamethoxazole에 47.1%, meropenem 40%, penicillin 41.1%, ampicillin 17.1%의 높은 내성률을 보고하였다. 또한 이란의 Fallah 등(2013)은 어류 및 어시장 환경에서 분리한 균주에서 ampicillin 38.5%, penicillin 38.1%, vancomycin 20.9%, tetracycline 18.7%, ciprofloxacin 17.6%의 내성률을 보고하였고, 다른 연구자인 Jamali 등(2015)도 동일한 환경에서 분리한 균주에 대해 검사한 결과 tetracycline 27.9%, ampicillin 20.9%, penicillin G 16.3%, streptomycin 16.3%, cephalothin 16.3%, erythromycin 14% 순이었다고 보고하여 본 연구와 비교했을 때 매우 높은 내성률을 나타내어 각 나라별로 내성률의 차이가 큰 것으로 확인되었다. 리스테리아 모노사이토제네스의 경우 CLSI 가이드라인에 일부 항균제에 대해서만 MIC 기준이 설정되어 있고, EUCAST에도 Benzylpenicillin, ampicillin, meropenem, erythromycin, trimethoprim/sulfamethoxazole에 대해서만 디스크 확산법에 대한 기준이 설정되어 있어, 연구자마다 기준 설정이 다른 실정이다. 이로 인해서 항균제 내성률 차이에 영향이 있었을 것이라고 생각되며, 따라서 리스테리아 모노사이토

제네스의 항균제 감수성 시험- 디스크 확산 법의 표준화된 기준 설정이 필요할 것으로 판단된다. 본 연구 결과에 의하면 국내 언어 제품에서 분리된 리스테리아 모노사이토제네스의 항균제 내성률은 낮은 편으로 항생제 치료에 있어서 큰 문제가 없는 것으로 확인이 되었다. 그러나 양식 언어의 경우 질병 치료 및 예방의 목적으로 많은 양의 항생제를 사용하고, 다양한 환경에 존재하는 항생제 내성균이 다른 균으로 내성 유전자를 전파할 수 있기 때문에 앞으로도 지속적인 모니터링을 통해 리스테리아균의 항생제 내성 현황을 파악하는 것은 매우 중요하다고 생각된다.

요 약

본 연구는 2020년 5월부터 7월까지 서울시내 대형마트에서 수거한 언어 제품 65건에 대해서 리스테리아 모노사이토제네스를 분리하고, 분리한 균주에 대해서 혈청형, 병원성 관련 유전자 유무 및 항균제 내성 현황을 조사하였다. 언어 제품 65건 중에서 훈제언어 제품 53건 중 15건(28.3%), 기타 언어 제품 12건 중 1건(8.3%)에서 리스테리아 모노사이토제네스가 분리되었다. 리스테리아 모노사이토제네스 16균주의 혈청형을 분석한 결과 1/2a 형이 6균주(37.5%), 1/2b 형이 10균주(62.5%)로 1/2b 형이 우세한 것으로 확인되었다. 언어 제품의 보관방법, 제조회사 및 언어의 원산지별 혈청형과의 연관성을 살펴본 결과 냉장보관 제품에서는 1/2a 형이, 냉동제품에는 1/2b 형이 우세하였으며, 동일 제조 회사 제품에서 동일한 혈청형이 확인되었고, 언어 원산지별과는 연관성이 확인되지 않아 언어 제조과정상에서 균의 오염이 주로 이루어짐을 짐작할 수 있었다. 리스테리아 모노사이토제네스의 병원성과 관련된 10가지 유전자에 대해 PCR 검사를 수행한 결과 16균주 모두 병원성 관련 유전자가 검출되어 잠재적으로 병원성이 확인되었다. 분리된 16균주에 대하여 15종의 항균제에 대한 감수성 시험을 실시한 결과 cefotetan 16주(100%), cefotaxime 14주(87.5%), cefepime 5주(31.3%), erythromycin과 tetracycline에 각각 1주(6.3%) 순으로 내성을 나타내었고, 나머지 10종의 항균제에 대해서는 모두 감수성을 나타내었다. 리스테리아 모노사이토제네스는 본질적으로 cefotetan, cefotaxime, cefepime과 같은 cephalosporine 계 항균제에 내성을 나타내는 것을 감안하면 대부분의 항균제에 감수성을 나타내는 것으로 확인되었다. 국내에서 소비가 점점 늘고 있고, 비가열 섭취가 대부분인 언어 제품에서 소비자의 안전성 확보를 위해 리스테리아 모노사이토제네스에 대한 지속적인 모니터링 및 관련 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

- Charpentier E, Courvalin P. Antibiotic resistance in *Listeria* spp. Antimicrob. Agents Ch. 43: 2103-2108 (1999)
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Methods for antimicrobial dilution and disk susceptibility testing of infrequently isolated or fastidious bacteria: *Listeria monocytogenes*. M45, 3rd ed. pp. 44. Wayne, PA, USA (2018)
- Datta AR, Burall LS. Serotype to genotype: The changing landscape of listeriosis outbreak investigations. Food Microbiol. 75: 18-27 (2018)
- Elbashir S, Parveen S, Schwarz J, Rippen T, Jahncke M, DePaola A. Seafood pathogens and information on antimicrobial resistance: A review. Food Microbiol. 70: 85-93 (2018)
- European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST). *Listeria monocytogenes*. Ver. 10.0, pp. 89. Sweden (2020)
- Fallah AA, Saei-Dehkordi SS, Mahzounieh M. Occurrence and antibiotic resistance profiles of *Listeria monocytogenes* isolated from seafood products and market and processing environments in Iran. Food Control 34: 630-636 (2013)
- Food and Drug Administration (FDA). Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook: *Listeria monocytogenes*. Silver spring, MD, USA (2007)
- Franciosa G, Maugliani A, Floridi F, Aureli P. Molecular and experimental virulence of *Listeria monocytogenes* strains isolated from cases with invasive listeriosis and febrile gastroenteritis. FEMS Immunol. Med. Mic. 43: 431-439 (2005)
- Han SH, Park SH, Choi SS, Jin YH, Kim HS, Kim JS, Park JH, Ryu JK, Kang MJ, Jeon SJ, Hong CK, Park SY, Oh AR, Kim YJ, Park SH, Lee JH, Oh YH. Food-borne outbreak of *Listeria monocytogenes* in school students in Seoul, Korea. J. Food Hyg. Saf. 5: 146-154 (2019)
- Inoue S, Nakama A, Arai Y, Kokubo Y, maruyama T, Saito A, Yoshida T, Terao M, Yamamoto S, Kumagai S. Prevalence and contamination levels of *Listeria monocytogenes* in retail foods in Japan. Int. J. Food Microbiol. 59: 73-77 (2000)
- Jamali H, Paydar M, Ismail S, Looi CY, Wong WF, Radmehr B, Abedini A. Prevalence, antimicrobial susceptibility and virulotyping of *Listeria* species and *Listeria monocytogenes* isolated from open-air fish markets. BMC Microbiol. 15:144 (2015)
- Jeong HW, Park SH, Lee JH, Kim SJ, Ryu SSH, Song MO, Park SH, Jo JY, Park GY, Choi SM. Prevalence and antibiotic resistance patterns in *Listeria monocytogenes* isolated from food. J. Food Hyg. Saf. 29: 26-30 (2014)
- Korsak D, Borek A, Daniluk S, Grabowska A, Pappelbaum K. Antimicrobial susceptibilities of *Listeria monocytogenes* strains isolated from food and food processing environment in Poland. Int. J. Food Microbiol. 158: 203-208 (2012)
- Lee DY, Ha JH, Lee MK, Cho YS. Antimicrobial susceptibility and serotyping of *Listeria monocytogenes* isolated from ready-to-eat seafood and food processing environments in Korea. Food Sci. Biotechnol. 26: 287-291 (2017)
- Lee EW. Occurrence and control of *Listeria monocytogenes* from domestic and foreign fishery products. Safe Food 13: 34-40 (2018)
- Liu D. Identification, subtyping and virulence determination of *Listeria monocytogenes*, an important foodborne pathogen. J. Med. Microbiol. 55: 645-659 (2006)
- Liu D, Lawrence ML, Austin FW, Ainsworth AJ. A multiplex PCR for species-and virulence-specific determination of *Listeria monocytogenes*. J. Microbiol. Meth. 71: 133-140 (2007)
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). Risk assessment of *Listeria monocytogenes* in agriculture, livestock and fishery products. Available from: https://www.nifds.go.kr/brd/m_271/view.do?seq=12550. Accessed Jul. 06 (2020a)
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS). Korean Food Standards Codex. Cheongju, Korea (2020b)
- Ministry of Oceans and Fisheries (MOF). Salmon consumption statistics. Available from: <https://www.mof.go.kr/iframe/article/view.do?articleKey=13842&boardKey=10¤tPageNo=1>. Accessed Nov. 07 (2016)
- Ministry of Oceans and Fisheries (MOF). Statistics system. Available from: https://www.mof.go.kr/statPortal/bbs/report/view.do?ntt_id=679&pageIndex=1&searchType=0&searchQuery=. Accessed Feb. 13 (2017)
- Orsi RH, den Bakker HC, Wiedmann M. *Listeria monocytogenes* lineages: genomics, evolution, ecology, and phenotypic characteristics. Int. J. Med. Microbiol. 301: 79-96 (2011)
- Park SH, Jung HW, Lee MS, Choi HJ, Kim JM, Jung JH, Park SK, Kim MS, Kim KS, Oh YH, Chung AH, Jung K. Detection of *Listeria monocytogenes* in foods and characterization by PFGE. Adv. Microbiol. 6: 343-349 (2016)
- Ramires T, Kleinubing NR, Iglesias MA, Vitola HRS, Nuncio ASP, Kroning IS, Moreira GMSG, Fiorentini AM, da Silva WP. Genetic diversity, biofilm and virulence characteristics of *Listeria monocytogenes* in salmon sushi. Food Res. Int. 140: 109871 (2021)
- Rawool DB, Malik SVS, Barbuddhe SB, Shakuntala I, Aurora R. A multiplex PCR for detection of virulence associated genes in *Listeria monocytogenes*. Int. J. Food Saf. 9: 56-62 (2007)

- Ray B, Bhunia A. Fundamental food microbiology. 4thed. pp. 288-294. CRC, NY, USA (2007)
- Shen J, Rump L, Zhang Y, Chen Y, Wang X, Meng J. Molecular subtyping and virulence gene analysis of *Listeria monocytogenes* isolates from food. Food Microbiol. 35: 58-64 (2013)
- Skowron K, Kwiecinska-Pirog J, Grudlewska K, Swieca A, Paluszak Z, Bauza-Kaszewska J, Walecka-Zacharska E, Gospodarek-Komkowska E. The occurrence, transmission, virulence and antibiotic resistance of *Listeria monocytogenes* in fish processing plant. Int. J. Food Microbiol. 282: 71-83 (2018)
- Su X, Zhang J, Shi W, Yang X, Li Y, Pan H, Kuang D, Xu X, Shi X, Meng J. Molecular characterization and antimicrobial susceptibility of *Listeria monocytogenes* isolated from foods and humans. Food Control 70: 96-102 (2016)
- Suo B, He Y, Tu S, Shi X. A multiplex real-time polymerase chain reaction for simultaneous detection of *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157, and *Listeria monocytogenes* in meat products. Foodborne Pathog. Dis. 7: 619-628 (2010)
- Wieczorek K, Osek J. Prevalence, genetic diversity and antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* isolated from fresh and smoked fish in Poland. Food Microbiol. 64: 164-171 (2017)