

서울특별시 보건환경연구원보 제58권 (2022)
Report of S.I.H.E., 58:21-31 (2022)

식품에서 분리한 리스테리아 모노사이토제네스의 병원성 유전자 및 항생제 내성 특성

미생물관리팀

장정임 · 진영희 · 김영은 · 최수정 · 한은정 · 김진영 · 최영희 · 이정숙 · 황인숙 · 이집호

Characterization of Virulence Genes and Antibiotic Resistance of *Listeria monocytogenes* Isolated from Foods

Microbial Control Team

Jung-im Jang, Young-hee Jin, Young-eun Kim, Su-jeong Choi, Eun-jung Han,
Jin-young Kim, Young-hee Choi, Jeong-sook Lee, In-sook Hwang and Jip-ho Lee

Abstract

Listeria monocytogenes is considered as one of causative agents of human gastroenteritis. It can survive at low temperature, thus being frequently isolated from environment and foods. Thus, *Listeria* contamination can be associated with non-heat-treated ready-to-eat (RTE) foods. In this study, we have characterized *L.monocytogenes* strains isolated from food samples collected during 2015-2020. Out of 7,516 food samples, *L. monocytogenes* were detected in 13 (0.17%) samples, especially among which 7 (53.8%) were non-heat-treated food items. All isolates harbored virulence-associated factors including *prfA*, *iap*, *fbpA*, *hlyA*, *plcA*, *plcB* and *inlB* genes that were responsible for invasion into and proliferation within host cells. The strains were serotyped as 1/2b (53.8%), 1/2a (38.5%) and 1/2c (7.7%), which types were frequently detected in strains isolated from foods. Antimicrobial resistance to cephalosporins (cefotetan, cefotaxime, cefepime; 100%) and to tetracycline (61.5%) were observed, whereas no resistance to gentamicin, vancomycin, trimethoprim/sulfamethoxazole were observed. These findings may provide insights for the incidence of *L. monocytogenes* contamination in retail foods and for control of raw RTE foods.

Key words : *Listeria monocytogenes*, ready-to-eat food, virulence, serotype, antibiotic resistance

서 론

최근 건강에 대한 소비자들의 관심이 크게 증가하면서 식습관에도 변화가 진행되고 있다. 바쁜 현대인들을 위해 간편하게 먹기 좋은 샐러드 형태로 출시된 즉석섭취(ready-to-eat; RTE) 식품들은 간단한 식사를 선호하고 시간을 유연하게 활용하고자 하는 직장인들에게 안성맞춤으로 인식되고 있다(1). 그러나, 식품은 미생물 생장에 필요한 다양한 영양분을 포함하고 있으며, 특히 유제품 및 식육가공품, 샐러드, 어패류 등 비가열 조리식품에서는 미생물 오염 사고가 빈번히 일어나고 있어, 식품 위생 관리에 주의가 필요하다(2).

리스테리아 모노사이토제네스(*Listeria monocytogenes*)는 통성혐기성 그람양성균으로서 아포를 형성하지 않으며, 편모에 의한 운동성이 있다. 특히, 주위 환경에 널리 존재하며, 저온 생장, 표면부착, 균막(biofilm) 형성 등의 특성으로 인해 식품이나 식품 가공 환경에서도 오랜 기간 생육이 가능하다(3). 식품 제조과정 시, 리스테리아 오염관리가 강조되고 있지만, 축산물과 유제품 등에서 리스테리아가 주로 검출되고 있으며, 수산물, 과일, 샐러드 등 비조리 식품에서도 리스테리아 오염이 확인되고 있어(4), 오염된 음식 섭취에 의한 리스테리아감염증(listeriosis)이 공중보건 측면에서 주요 관심사가 되었다.

리스테리아감염증은 건강한 사람에게서는 발생빈도가 낮으며, 발병 후에도 장염, 오한 등 약한 식중독 증상으로 종결된다. 그러나, 임신부, 신생아, 고령자 또는 만성질환자 등 감염 취약계층에서는 쉽게 발병하며, 진행 경과에 따라 입원, 사산, 패혈증, 사망 등에 이르기도 한다(5). 지난 수년간, 리스테리아감염증 집단발병사례들이 한국을 포함한 아시아, 아프리카, 유럽, 아메리카 등 전 세계적으로 보고되고 있다(6-9). 2018년에는 남아프리카공화국에서 가장 큰 리스테리아 집단감염 사례가 보고되었으며, 가공 소시지의 일종인 모르타델라 섭취 후 937명의 환자가 발생하였고, 이 중

193명이 사망하였다(10). 따라서, 식품에서 리스테리아 오염관리가 특히 중요하며, 검체에서 분리된 리스테리아균의 특성 연구는 식품위생 및 공중보건 관리를 위해 반드시 선행되어야 할 과제라 할 수 있다.

리스테리아의 병원성에 연관된 유전자들은 주로 *Listeria* Pathogenicity Island(LPI)에 위치하며, 인체 감염 시 중요한 역할을 한다. LPI-1(*prfA*, *hlyA*, *plcA*, *plcB*, *mpl*, *actA*)과 LPI-2(*inlA*, *inlB*, *inlC*, *inlJ*) 유전자들은 숙주세포의 부착, 침입, 이동에 관여하고 있다(11,12). 또한, LPI-3(*lIsA*, *lIsG*, *lIsH*, *lIsX*, *lIsB*, *lIsY*, *lIsD*, *lIsP*)에서 만들어지는 listeriolysin S는 용혈(hemolysis)과 독성(cytotoxicity) 능력이 있어, 감염 시 장내 미생물의 불균형을 유발한다(13). 최근에는 유전체분석 연구를 통하여 *ptsA* 당수송 복합체를 형성하는 EIIC, EIIB, EIIA, GLyA 등으로 구성된 LPI-4가 발견되었다(14). 또한 LPI 이외에도, *iap*(세포외 단백질 p60), *fbpA*(fibronectin 결합단백질), *lspA*(표면부착 단백질), *pdgA*(리소자임 저항), *oatA*(항미생물제제 저항) 등 다양한 유전자들이 리스테리아의 병원성에 관여하는 것으로 알려져 있다(15).

혈청형 분류법은 고전적인 세균의 분류 방법으로, 식품 오염사고 발생 시 주위 환경의 오염을 추정하고, 역학적인 측면에서 이용할 수 있다. 리스테리아는 세포막 항원(O)과 편모 항원(H)의 조합으로 혈청형이 결정된다. 현재까지 리스테리아 모노사이토제네스는 13개의 혈청형이 확인되었으며, 5개의 주요 혈청군(1/2a-3a, 1/2c-3c, 4b-4d-4e, 1/2b-3b, 4a-4c)으로 구분된다. 1/2a-3a, 1/2c-3c형은 주로 식품, 동물이나 산발적인 인체 감염 사례에서 확인되며(16), 리스테리아 집단감염은 주로 1/2b-3b, 4b-4d-4e 혈청형과 연관이 있다고 알려져 있다(17).

기본적으로 리스테리아증은 베타락탐 항생제(penicillin 또는 ampicillin)를 gentamicin과 병용하여 치료하며, vancomycin, trimethoprim-

sulfamethoxazole, erythromycin 등이 대체 치료제로 사용된다(18). 최근에는 가축과 인체에서 사용되는 항미생물제제의 선택압으로 인하여 리스테리아에서도 항생제에 내성을 가지는 클론들이 출현하고 있다. Wilson 등(19)은 항미생물제제를 세포 밖으로 내보내는 배출 펌프의 활성화, 균막 투과성의 감소, 항미생물제제 표적부위의 변이 등으로 리스테리아의 내성기전을 설명하였다. 하지만, 리스테리아의 항균제 내성 특성은 항균제 사용 종류, 지역별/시기별로 다르게 나타나므로(20), 리스테리아의 내성 특성 및 분포에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다.

본 연구에서는 식품에서 분리한 리스테리아 모노사이토제네스 균주에 대해 병원성 유전자 보유 여부와 혈청형 분석, 항균제 내성 현황을 조사하였다. 국내 유통 식품 중 리스테리아 모노사이토제네스 오염도와 조리식품 중 즉석섭취식품(ready-to-eat)의 유통 식품의 관리 방안에 대한 기초연구 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

2015년부터 2020년까지 서울시에서 유통되고 있는 가공식품(비가열 조리식품을 포함)과 식품접객업소 식품에 대하여 무작위로 수거하여 식품의약품안전처(MFDS) 식품공전 시험법(21) 중 미생물 시험법에 따라 실험하였다.

2. 리스테리아 모노사이토제네스 분리 및 동정

식품공전 미생물 시험법 중 4.15 리스테리아 모노사이토제네스 검사법에 따라 균 분리 및 동정 시험을 수행하였다. 무균적으로 채취된 시료 25 g에

Oxford 리스테리아 증균배지(Oxoid, UK) 225 ml을 첨가하고, 30°C, 48시간 동안 1차 배양하였다. 배양액 0.1 ml을 10 ml Fraser broth(Medion, Korea)에 접종하여, 35°C, 48시간 동안 2차 증균을 하였고, 증균액을 Oxford 한천배지에 희석 접종하여 35°C, 48시간 배양하였다. 진한 갈색 또는 검은색 환으로 둘러싸인 리스테리아 의심 집락들을 선별하여 0.6% yeast extract가 포함된 tryptic soy agar(Oxoid) 배지에 접종하여 30°C에서 48시간 배양하였다. 분리균은 VITEK 2 system(BioMerieux, France)의 GP 카드와 MALDI-TOF MS Biotyper(Bruker Daltonics, Germany)를 이용하여 최종 동정하였다.

3. 병원성 관련 유전자 확인

분리균을 대상으로 리스테리아 병원성과 관련된 10가지 유전자를 PCR 방법으로 스크리닝하였다(22): *fbpA*, *plcA*, *hlyA*, *plcB*, *inlB*, *actA*, *iap*, *inlA*, *mpl*, *prfA*. 분리균의 DNA는 PowerPrep™ Quick DNA Extract kit(Kogene, Korea)를 이용하여 추출하였고, 주형 DNA로 사용하였다. 각각의 PCR에 사용된 프라이머 및 실험 조건은 Table 2와 같다. PCR 증폭산물은 QIAxcel Advanced System(QIAGEN, Germany)으로 분석하였다. *prfA*, *iap* 유전자는 초기 미생물 스크리닝 과정에서 사용하는 PowerChek™ 20 Pathogen Multiplex PCR Kit(Kogene, Korea)를 이용하여, 7500 Fast Real-time PCR 장비(Applied Biosystems, USA)에서 중복으로 검사하였다.

4. 혈청형 확인

분리균의 혈청학적 동정은 단클론 리스테리아 항혈청(Denka Seiken, Japan)을 사용하였으며, 균체 O-항원은 슬라이드 응집법으로, 편모 H-항

원은 운동성 배지에서 시험관내 응집법으로 수행하였다.

5. 항균제 감수성 시험

항균제 감수성 시험은 Clinical and Laboratory Standard Institute(CLSI)의 지침(23)에 따라 디스크 확산법으로 수행하였다. 5% horse blood가 포함된 Mueller hinton agar(BD Difco, USA) 배지를 사용하였으며, 시험에 사용된 15종 항균제 디스크(Oxoid)는 다음과 같다: 10 U penicillin(P), 10 µg ampicillin(AMP), 30 µg amoxicillin/clavulanic acid(AMC), 20 µg ampicillin/sulbactam(SAM), 30 µg cephalothin(KF), 30 µg cefotetan CTT), 30 µg cefotaxime(CTX), 30 µg cefepime(FEP), 10 µg gentamicin(CN), 5 µg ciprofloxacin(CIP), 30 µg vancomycin(VA), 30 µg tetracycline(TE), 30 µg trimethoprim/sulfamethoxazole(SXT), 15 µg erythromycin(E), 30 µg chloramphenicol(C). 항균제 감수성 결과는 CLSI와 EUCAST(European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing, 2020)(24)의 그람양성 판정 기준에 따라 해석하였다. *Escherichia coli* ATCC 25922 균주를 정도관리를 위해 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 식품 중 리스테리아균 분리 현황

2015년부터 2020년까지 서울시에서 판매되고 있는 가공식품 및接客업소 식품을 대상으로 리스테리아 모노사이토제네스를 포함한 식중독균 9종에 대하여 미생물 규격 검사를 실시하였다. 총 12,947건 식품 검체 중 13건(0.17%)에서 리스테리아 모노사이토제네스가 검출되었으며, 연도별로는 2015년 5건, 2018년 3건, 2019년 2건, 2020

년 3건이 검출되었고, 2016년, 2017년에는 검출되지 않았다(Table 1). 제품별로는 상추, 버섯, 샐러드에서 각각 2건씩, 그 외 육회, 김밥, 어류, 냉면, 육수, 쫄면, 맛살무침, 콩나물밥 등에서도 리스테리아 오염이 확인되었다. 이번 연구의 검출빈도(0.17%)는 2010년에서 2011년까지 진행된 선행 연구의 검출률인 1.2% 보다 낮은 수치를 나타낸다(25). 선행연구에서는 김밥, 육회, 돼지고기, 연어 등에서 리스테리아가 집중적으로 검출됐지만, 이번 연구에서는 샐러드를 포함한 채소류, 버섯 등 비가열 식품에서도 리스테리아 모노사이토제네스 균이 검출되었다. 즉석섭취식품을 대상으로 검사한 다른 나라의 경우, 중국 6.87%(25/364건)(26), 이탈리아 9.5%(19/200건)(27), 일본 1.7%(52/2,980건)(28)의 검출률이 보고되었다.

미국에서는 2010년부터 2013년까지 수거된 즉석섭취식품 중 0.37%(102/27389건)에서 리스테리아 모노사이토제네스가 검출되었으며, 절단 채소류로 한정할 경우, 검출률은 1.01%로 증가하였다(29). 따라서 즉석섭취식품 전반에 대한 관리가 필요하며, 특히 채소류에 대한 지속적인 위생관리 및 모니터링이 필요하다.

Table 1. Occurrence of *Listeria monocytogenes* strains recovered from foods, 2015-2020

Years	No. of samples tested	No. of samples positive for <i>L. monocytogenes</i> (%)
2015	1261	5 (0.4%)
2016	2390	0 (0.0%)
2017	2365	0 (0.0%)
2018	3996	3 (0.08%)
2019	2072	2 (0.1%)
2020	863	3 (0.3%)
total	12947	13(0.1%)

Table 2. Primers and PCR conditions

Target genes	Nucleotide sequences (5'→3')	size (bp)	PCR conditions
Multiplex-I			
<i>fbpA</i>	F: TTATTTCTCGCATCCTAGC R: TATCAATTCGACCTGCTGAG	435	94°C for 2 min 94°C for 15 s, 48.5°C for 30 s, 72°C for 50 s - 35 cycles 72°C for 1 min
<i>plcA</i>	F: ACACGAGCAATAAAATCCCT R: ATACTGACGAGGTGTGAATG	278	
<i>hlyA</i>	F: TTTTCGATTGGCGTCTTAGGA R: ACTGAAGCAAAGGATGCATCTG	101	
Multiplex-II			
<i>plcB</i>	F: GCAAGTGTCTAGTCTTTCCGG R: ACCTGCCAAAGTTTGCTGTGA	794	94°C for 2 min 94°C for 30 s, 57°C for 45 s, 72°C for 45 s - 16 cycles
<i>inlB</i>	F: TCCGACTAAACAAGGCTATG R: TGTACCATAATTTTCCGCCA	302	94°C for 30 s, 49°C for 45 s, 72°C for 45 s - 19 cycles
<i>actA</i>	F: ACGAACAAAGCAGACCTAAT R: TGTACCATAATTTTCCGCCA	231	72°C for 1 min
<i>iap</i>	F: ACAAGCTGCACCTGTTGCAG R: TGACAGCGTGTGTAGTAGCA	131	
Multiplex-III			
<i>inlA</i>	F: CAGGCAGCTACAATTACACA R: ATATAGTCCGAAAACCATCT	2341	94°C for 2 min 94°C for 30 s, 57°C for 45 s, 72°C for 45 s - 16 cycles
<i>mpl</i>	F: TATGACGGTAAAAGCAGATT R: TTCCCAAGCTTCAGCAACTT	1458	94°C for 30 s, 49°C for 45 s, 72°C for 45 s - 19 cycles
<i>prfA</i>	F: CATGAACGCTCAAGCAGAAG R: AATTTTCCCAAGTAGCAGGA	706	72°C for 1 min

2. 리스테리아균의 병원성 관련 유전자 분석

모든 분리균에서 4개의 LPI-1 유전자(*prfA*, *hlyA*, *plcA*, *plcB*), 1개의 LPI-2 유전자(*inlB*) 및 *iap*, *fbpA* 유전자가 확인되었다. 반면에 *mpl*, *actA*, *inlA* 유전자는 검출되지 않았다. InlB는 표면단백질로 숙주세포의 수용체와 결합한 뒤, 균의 세포 내 침입에 관여하며(30), LPI와 함께 리스테리아균의 세포 내 감염단계(부착-침투-생존-확산)에 중요하다(31). 일반적으로 *inlA* 유전자는 *inlB* 유전자와 함께 *inlA-inlB* 유전자좌 형태로 존재하지만, 이번 분리균에서는 *inlA* 유전자는 확인되지 않았다. 일부 리스테리아 균의 *inlA* 유전자에서 미성숙(premature) 종결 코돈이 확인되기도 하였다(16). 또한, LPI-1의 *hlyA*와 *actA*는 리스테리아 병원성에 있어 필요하다고 알려져 있지만(31, 32),

서울지역 연어제품에서 분리된 리스테리아 균주에서도 *actA*가 관찰되었다(33). 그러나 2020년 이집트 식품에서 분리된 리스테리아 균주들의 병원성에 관한 연구와 같이(34), 이번 연구에서 분리된 균에서는 *actA* 유전자가 관찰되지 않아, 병원성 여부를 최종적으로 확인할 수는 없었다. 최근 유전체분석을 통해 리스테리아의 병원성에 연관된 LPI들이 새롭게 밝혀지고 있어(31), 리스테리아 병원성 인자에 관한 심층적인 분석연구가 요구된다.

3. 리스테리아균의 혈청형 분석

혈청형 분석 결과, 13건의 리스테리아 모노사이토제네스에서 3가지 혈청형이 관찰되었으며, 1/2b형은 7주(53.8%), 1/2a형은 5주(38.5%), 1/2c형은 1주(7.7%)로 확인되었다(Table 3). 일반적으로

1/2a, 1/2b, 1/2c형은 식품에서 분리된 균주에서 주로 관찰되는 혈청형으로 알려져 있으며, 서울시에서 수행했던 선행연구와 연어 제품에서 분리된 리스테리아 연구에서도 같은 혈청형이 확인되었다(25, 33). 인체감염에서 주로 확인되는 4b형은 이번 연구에서는 확인되지 않았다. 폴란드에서는 즉석섭취식품의 육류에서 분리된 리스테리아균의 87%가 1/2a, 1/2b, 1/2c 혈청형이었고, 13%는 4ab-4b-4d-4e형이었다(34). 일본에서는, 즉석섭취식품에서 분리된 균의 혈청형은 1/2a(47.6%), 1/2b(20.6%), 1/2c(11.1%) 순으로 관찰되었고,

4b형도 14.3% 확인되었다(28). 이 밖에도 이탈리아 즉석섭취식품에서 분리된 균의 84.7%가 1/2a형으로 보고되었다(35).

4. 리스테리아균의 항생제 내성 경향

리스테리아는 일반적으로 세팔로스포린계열 항균제에 내성이 있으며(36), 이번 연구에서 분리된 리스테리아 모노사이토제네스 균주들 역시 세팔로스포린계열 항균제인 cefotan, cefotaxime, cefepime에 내성을 나타내었다(Table 3). 또한 7

Table 3. Characteristics of *Listeria monocytogenes* strains from foods, 2015–2020

Strains	Year	Foods	Virulence genes	Serotypes	Resistance to ¹⁾
2015-L1	2015	Lettuce	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2b	CTT, CTX, FEP, TE
2015-L2	2015	Fishery	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2b	CTT, CTX, FEP, TE
2015-L4	2015	Lettuce	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2b	CTT, CTX, FEP, TE
2015-L9	2015	Naengmyeon broth	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2a	CTT, CTX, FEP
2015-L10	2015	Kimbab	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2a	CTT, CTX, FEP
2018-L1	2018	Seasoned with mungbean and seafood stick	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2a	CTT, CTX, FEP
2018-L2	2018	Pudding salad	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2b	CTT, CTX, FEP
2018-L3	2018	Spicy chewy noodles	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2b	CTT, CTX, FEP, TE
2019-L1	2019	Rice with Korean soybean sprouts	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2b	CTT, CTX, FEP, TE
2019-L2	2019	Salad with seafood stick	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2b	CTT, CTX, FEP, TE
2020-L1	2020	Enoki Mushroom	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2a	CTT, CTX, FEP
2020-L2	2020	Mushroom for Shabu-shabu	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2c	CTT, CTX, FEP, TE
2020-L3	2020	Beef Tartare	<i>prfA, fbpA, hlyA, plcA, plcB, inlB, iaP</i>	1/2a	CTT, CTX, FEP, TE

¹⁾ CTT, cefotetan; CTX, cefotaxime; FEP, cefepime; TE, tetracycline.

주(53.8%)에서는 추가적으로 tetracycline 내성이 확인되었는데, Jeong 등(25)의 연구에서는 식품 분리주의 25%, Jin 등(33)의 연구에서는 연어 제품 분리군의 6.3%에서 tetracycline 내성률이 보고되어서는 내성이 확인되지 않았다. 특히, 리스테리아감염증 치료에 사용되는 penicillin, ampicillin, gentamicin, vancomycin, trimethoprim/sulfamethoxazole 등의 항균제에 대한 내성률이 높았는데, 주로 훈제 연어와 같이 해산물을 재료로 하는 즉석섭취식품의 높은 검출률에 기인한 것으로 보인다. 리스테리아의 항생제 내성률은 인체 및 가축의 항균제 사용량과 지역 차이에 따라 다양하게 나타난다. 국외의 경우, 칠레(37)나 폴란드(38)의 즉석섭취 식품 분리 군주에서도 세팔로스포린계열 항균제를 제외하고, 거의 모든 항균제에 감수성을 나타냈다. 반면에 모로코의 Bouymajane 등(20)은 식품에서 분리한 리스테리아균에서 erythromycin(60%), sulphamethoxazole(40%) 내성률을 확인하였다. 최근 농장, 어장, 가축 등에서 성장촉진이나 세균감염에 대비하여 다량의 항생제가 사용되고 있으며, 잔류항생제들은 주변 환경에 흔히 존재하는 리스테리아 모노사이토제네스균의 내성획득에 대한 선택압으로 작용할 수 있다(20, 39). 최근 항생제 내성 리스테리아균이 여러 지역에서 보고되고 있는 만큼, 식품에서 분리된 리스테리아 모노사이토제네스균의 항균제 내성 경향과 내성인자에 대한 지속적인 감시가 필요하다.

결 론

본 연구는 2015년부터 2020년에 식품접객업소의 조리 식품으로부터 분리한 리스테리아 모노사이토제네스균의 병원성유전자, 혈청형, 항균제 내성의 특성을 확인하였다. 리스테리아 검출률은 0.17%(13/7,516건)이었으며, 검출된 식품 중 53.8%가 비가열 조리식품이었다. 모든 군주에서 숙주세포 침입과 증식에 필요한 7가지 병원성 인자

(*prfA*, *iap*, *fbpA*, *hlyA*, *plcA*, *plcB* and *inlB*)를 확인하였다. 혈청형 분석 결과, 1/2b형이 7주(53.8%), 1/2a형과 1/2c형이 각각 5주(38.5%), 1주(7.7%)씩 관찰되었으며, 모두 식품에서 분리된 리스테리아균의 주요 혈청형이었다. 모든 군주가 cefotetan, cefotaxime, cefepime 등 세팔로스포린 계열 항균제에 내성을 나타내었고, 7주(53.8%)는 tetracycline에도 내성이었지만, 그 외 나머지 항균제에는 모두 감수성을 보였다. 최근 식품의 변화로 간편식 소비가 증가하고 있는 상황에서, 조리식품, 특히 비가열 식품에 대한 리스테리아 모노사이토제네스의 모니터링과 안전관리가 더욱 강화되어야 하겠다.

참고문헌

1. Contini, C, Romano, C, Scozzafava, G and Casini, L: Food habits and the increase in ready-to-eat and easy-to-prepare products. Academic Press. San Diego., p3-14, 2016.
2. Archer, DL: The evolution of FDA's policy on *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods in the United States. *Curr Opin Food Sci.*, 20:64-68, 2018.
3. Ferreira, V, Wiedmann, M, Teixeira, P and Stasiewicz, MJ: *Listeria monocytogenes* persistence in food-associated environments: epidemiology, strain characteristics, and implications for public health. *J Food Prot.*, 77(1):150-170, 2014.
4. Hoelzer, K, Oliver, HF, Kohl, LR, Hollingsworth, J, Wells, MT and Wiedmann, M: Structured expert elicitation about *Listeria monocytogenes* cross-contamination in the environment of retail deli operations in the United States. *Risk Anal.*,

- 32(7):1139-1156, 2012.
5. Lomonaco, S, Nucera, D and Filipello, V: The evolution and epidemiology of *Listeria monocytogenes* in Europe and the United States. *Infect Genet Evol.*, 35:172-183, 2015.
 6. 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 and Oh, YH: Food-borne outbreak of *Listeria monocytogenes* in school students in Seoul, Korea. *J Food Hyg Saf.*, 5(3):146-154, 2020.
 7. Makino, SI, Kawamoto, K, Takeshi, K, Okada, Y, Yamasaki, M, Yamamoto, S and Igimi, S: An outbreak of food-borne listeriosis due to cheese in Japan, during 2001. *Int J Food Microbiol.*, 104(2):189-196, 2005.
 8. de Castro, V, Escudero, J, Rodriguez, J, Muniozguren, N, Uribarri, J, Saez, D and Vazquez, J: Listeriosis outbreak caused by Latin-style fresh cheese, Bizkaia, Spain, August 2012. *Euro Surveill.*, 17(42), 2012.
 9. Self, JL, Conrad, A, Stroika, S, Jackson, A, Whitlock, L, Jackson, KA, Beal, J, Wellman, A, Fatica, MK, Bidol, S, Huth, PP, Hamel, M, Franklin, K, Tschetter, L, Kopko, C, Kirsch, P, Wise, ME and Basler, C: Multistate outbreak of listeriosis associated with packaged leafy green salads, United States and Canada, 2015-2016. *Emerg Infect Dis.*, 25(8):1461-1468, 2019.
 10. Thomas, J, Govender, N, McCarthy, KM, Erasmus, LK, Doyle, TJ, Allam, M, Ismail, A, Ramalwa, N, Sekwadi, P, Ntshoe, G, Shonhiwa, A, Essel, V, Tau, N, Smouse, S, Ngomane, HM, Disenyeng, B, Page, NA, Govender, NP, Duse, AG, Stewart, R, Thomas, T, Mahoney, D, Tourdjman, M, Disson, O, Thouvenot, P, Maury, MM, Leclercq, A, Lecuit, M, Smith, AM and Blumberg, LH: Outbreak of Listeriosis in South Africa Associated with Processed Meat. *N Engl J Med.*, 382(7):632-643, 2020.
 11. Hadjilouka, A, Paramithiotis, S and Drosinos, EH: Genetic analysis of the *Listeria* pathogenicity island 1 of *Listeria monocytogenes* 1/2a and 4b isolates. *Curr Microbiol.*, 75(7):857-865, 2018.
 12. Radoshevich, L and Cossart, P: *Listeria monocytogenes*: towards a complete picture of its physiology and pathogenesis. *Nat Rev Microbiol.*, 16(1):32-46, 2018.
 13. Quereda, JJ, Meza-Torres, J, Cossart, P and Pizarro-Cerda, J: Listeriolysin S: A bacteriocin from epidemic *Listeria monocytogenes* strains that targets the gut microbiota. *Gut Microbes.*, 8(4):384-391, 2017.
 14. Maury, MM, Tsai, YH, Charlier, C, Touchon, M, Chenal-Francois, V, Leclercq, A, Criscuolo, A, Gaultier, C, Roussel, S, Brisabois, A, Disson, O, Rocha, EPC, Brisse, S and Lecuit, M: Uncovering *Listeria monocytogenes* hypervirulence by harnessing its biodiversity. *Nat Genet.*, 48(3):308-313, 2016.
 15. Vazquez-Boland, JA, Kuhn, M, Berche, P, Chakraborty, T, Dominguez-Bernal, G, Goebel, W, Gonzalez-Zorn, B, Wehland, J and Kreft, J: *Listeria*

- pathogenesis and molecular virulence determinants. *Clin Microbiol Rev.*, 14(3):584-640, 2001.
16. Orsi, RH, den Bakker, HC and Wiedmann, M: *Listeria monocytogenes* lineages: Genomics, evolution, ecology, and phenotypic characteristics. *Int J Med Microbiol.*, 301(2):79-96, 2011.
 17. Datta, AR and Burall, LS: Serotype to genotype: The changing landscape of listeriosis outbreak investigations. *Food Microbiol.*, 75:18-27, 2018.
 18. Dickstein, Y, Oster, Y, Shimon, O, Neshet, L, Yahav, D, Wiener-Well, Y, Cohen, R, Ben-Ami, R, Weinberger, M, Rahav, G, Maor, Y, Chowers, M, Nir-Paz, R and Paul, M: Antibiotic treatment for invasive nonpregnancy-associated listeriosis and mortality: a retrospective cohort study. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.*, 38(12):2243-2251, 2019.
 19. Wilson, A, Gray, J, Chandry, PS and Fox, EM: Phenotypic and genotypic analysis of antimicrobial resistance among *Listeria monocytogenes* isolated from Australian food production chains. *Genes (Basel)*, 9(2), 2018.
 20. Bouymajane, A, Rhazi Filali, F, Oulghazi, S, Lafkih, N, Ed-Dra, A, Aboukacem, A, El Allaoui, A, Ouhmidou, B and Moumni, M: Occurrence, antimicrobial resistance, serotyping and virulence genes of *Listeria monocytogenes* isolated from foods. *Heliyon.*, 7(2):e06169, 2021.
 21. 식품공전, 식품의약품안전처. (<https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/>)
 22. Skowron, K, Kwiecinska-Pirog, J, Grudlewska, K, Swieca, A, Paluszak, Z, Bauza-Kaszewska, J, Walecka-Zacharska, E and 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.
 23. 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.
 24. European Committee on Antimicrobial Susceptibility testing (EUCAST). *Listeria monocytogenes*. Ver.10.0, : pp.89. Sweden, 2020.
 25. Jeong, HW, Park, SH, Lee, JH, Kim, SJ, Ryu, SH, Song, MO, Park, SH, Cho, JY, Park GY and Choi, SM: Prevalence and antibiotic resistance patterns in *Listeria monocytogenes* isolated from Food. *Korean J Food Sci Technol.*, 29(1):26-30, 2014.
 26. Shi, W, Qingping, W, Jumei, Z, Moutong, C and Zéan, Y: Prevalence, antibiotic resistance and genetic diversity of *Listeria monocytogenes* isolated from retail ready-to-eat foods in China. *Food Control.*, 47:340-347, 2015.
 27. Meloni, D, Galluzzo, P, Mureddu, A, Piras, F, Griffiths, M and Mazzette, R: *Listeria monocytogenes* in RTE foods marketed in Italy: prevalence and automated EcoRI ribotyping of the isolates. *Int J Food Microbiol.*, 129(2):166-173, 2009.
 28. Shimojima, Y, Ida, M, Nakama, A, Nishino, Y, Fukui, R, Kuroda, S, Hirai, A, Kai, A and Sadamasu, K: Prevalence

- and contamination levels of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods in Tokyo, Japan. J Vet Med Sci., 78(7):1183-1187, 2016.
29. Luchansky, JB, Chen, Y, Porto-Fett, ACS, Pouillot, R, Shoyer, BA, Johnson-DeRycke, R, Eblen, DR, Hoelzer, K, Shaw, WK, Jr., van Doren, JM, Catlin, M, Lee, J, Tikekar, R, Gallagher, D, Lindsay, JA, The Listeria Market Basket Survey Multi-Institutional, T and Dennis, S: Survey for *Listeria monocytogenes* in and on ready-to-eat foods from retail establishments in the United States (2010 through 2013): Assessing potential changes of pathogen prevalence and levels in a decade. J Food Prot., 80(6):903-921, 2017.
 30. Lecuit, M: *Listeria monocytogenes*, a model in infection biology. Cell Microbiol., 22(4):e13186, 2020.
 31. Quereda, JJ, Moron-Garcia, A, Palacios-Gorba, C, Dessaux, C, Garcia-Del Portillo, F, Pucciarelli, MG and Ortega, AD: Pathogenicity and virulence of *Listeria monocytogenes*: A trip from environmental to medical microbiology. Virulence., 12(1):2509-2545, 2021.
 32. Barry, RA, Bouwer, HG, Portnoy, DA and Hinrichs, DJ: Pathogenicity and immunogenicity of *Listeria monocytogenes* small-plaque mutants defective for intracellular growth and cell-to-cell spread. Infect Immun., 60(4):1625-1632, 1992.
 33. Jin, YH, Ryu, SH, Kwak, JE, Kim, RR, Choi, YH, Lee, MS and Hwang, IS: Prevalence, virulence characteristics and antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* isolated from salmon products. Korean J Food Sci Technol., 53(4):495-500, 2021.
 34. Mackiw, E, Stasiak, M, Kowalska, J, Kucharek, K, Korsak, D and Postupolski, J: Occurrence and characteristics of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat meat products in Poland. J Food Prot., 83(6):1002-1009, 2020.
 35. Iannetti, L, Acciari, VA, Antoci, S, Addante, N, Bardasi, L, Bilei, S, Calistri, P, Cito, F, Cogoni, P, D'Aurelio, R, Decastelli, L, Iannetti, S, Iannitto, G, Marino, AMF, Muliari, R, Neri, D, Perilli, M, Pomilio, F, Prencipe, VA, Proroga, Y, Santarelli, GA, Sericola, M, Torresi, M and Migliorati, G: *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods in Italy: Prevalence of contamination at retail and characterisation of strains from meat products and cheese. Food Control., 68:55-61, 2016.
 36. Matereke, LT and Okoh, AI: *Listeria monocytogenes* Virulence, Antimicrobial Resistance and Environmental Persistence: A Review. Pathogens., 9(7), 2020.
 37. Parra-Flores, J, Holý, O, Bustamante, F, Lepuschitz, S, Pietzka, A, Contreras-Fernández, A, Castillo, C, Ovalle, C, Alarcón-Lavín, MP, Cruz-Córdova, A, Xicohtencatl-Cortes, J, Mancilla-Rojano, J, Troncoso, M, Figueroa, G and Ruppitsch, W: Virulence and antibiotic resistance genes in *Listeria monocytogenes* strains isolated from ready-to-eat foods in Chile. Front Microbiol., 12, 2022.

38. Mackiw, E, Korsak, D, Kowalska, J, Felix, B, Stasiak, M, Kucharek, K and Postupolski, J: Incidence and genetic variability of *Listeria monocytogenes* isolated from vegetables in Poland. Int J Food Microbiol., 339:109023, 2021.
39. Luque-Sastre, L, Arroyo, C, Fox, EM, McMahon, BJ, Bai, L, Li, F and Fanning, S: Antimicrobial resistance in *Listeria* species. Microbiol Spectr., 6(4), 2018.