국내외 축산물에서 리스테리아 모노사이토제네스 검출법과 발생 현황 및 제어 대책

Detection Methods, Occurrence, and Control of *Listeria monocytogenes* in Domestic and Foreign Animal Products

김세형, 서건호*

Se-Hyung Kim, Kun-Ho Seo*

건국대학교 수의과대학 원헬스연구소

Center for One Health, College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

서론

리스테리아는 운동성을 보이는 그람 양성 간균으로, 식품위생학적 측면에 있어서 사람에게 감염형 식중독을 일으키는 중요한 인수공통전염병의 원인체 중 하나이다. 대부분의 감염은 식품매개로 일어나며, 사람과 동물 사이의 전파는 흔하지 않다. 현재까지 총 7종의 리스테리아가 발견되었으며, 그 중 리스테리아 모노사이토제네스(*Listeria monocytogenes*, LM)는 사람에서 리스테리아증(Listeriosis)을 일으켜 위장관염을 주로 하여 발열, 설사, 구역, 근육통, 두통 등의 증상을 나타내게 된다. LM균 중에서도 혈청형 1/2a, 1/2b, 4b가 공중보건학적으로 문제가 되고 있다. 특히 리스테리아균은 대표적 저온성균으로, 4 ℃에서도 생장이 가능해 식품을 냉장 보관하여도 문제가 될 수 있다. 리스테리아증은 임산부나 신생아 또는 면역력이 약해진 65세 이상의 노인에게서 감수성이 높다. 또한 침습성 리스테리아증에 이환되면 치사율이 30%에 이를 정도로 그 중요도가 높다. 임산부에서는 균혈증을 통해 전신에 영향을 주며, 신생아 분만 전후 기간에 감염되게 되면 사산 또는 조산 등이 일어날 수 있다. 신생아는 특히 더 위험하며, 패혈증 및 뇌수막염 등의 증상을 보일 수 있다. 미국 Centers for Disease Control and Prevention(CDC)에 따르면 매년 1,600명이 리스테리아에 감염되며 260명이 그로 인해 사망한다고 한다. 본 논단에서는 LM균에 대한 일반적인 내용과 축산물에서 국내외 검출현황 및 규격을 비교 분석해보고 식육에서 LM균 억제 및 biofilm 제어 대책에 대한 내용을 소개하고자 한다.

축산물과 리스테리아 모노사이토제네스

리스테리아는 토양, 하천, 풀, 콩류로 만든 사일리지 등의 환경을 비롯해 동물의 장에도 널리 분포되어 있어 식품을 부적절하게 취급하는 경우 오염될 가능성이 존재한다

* Correspondence to: Kun-Ho Seo
Center for One Health, College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 05029, Korea.
Tel: +82-2-450-4121 Fax: +82-2-3436-4128 E-mail: bracstu3@konkuk.ac.kr

(그림 1). 따라서 식품 제조 공정 중의 중요관리점(Critical Control Point, CCP)이 제대로 관리되지 않으면 가공 과정 중 식품에 오염될 가능성이 농후하다. LM균의 중요한 특성 중 하나는 biofilm을 형성하는 것으로, 세포외 기질(extracellular matrix)로 표면을 둘러싸 균을 보호하게 되어 생존률을 높여주게 되어 문제가 될 수 있다. 따라서 공정 중 칼이나 도마 등에 있어서 부적절한 세척 및 살균 시 문제가 될 수 있다.

우리나라 식품의약품안전처(이하 식약처)의 『식품의 기준 및 성분규격; 식품공전』[2]에 따르면, 식육(제조, 가공용 원료를 제외한다), 살균 또는 멸균처리 하였거나 더 이상의 가공, 가열조리를 하지 않고 그대로 섭취하는 가공품에서는 특성에 따라 LM균이 n=5, c=0, m=0/25g으로 검출되어야 한다. 즉, 불검출 규격으로 엄격히 관리하고 있다. 제외국의 통계를 보면 1990년대에는 주로 deli meat 과 핫도그를 섭취하여 주로 감염되었으나, 최근에는 유제품 및 그 가공품(치즈, 아이스크림 등) 및 즉석섭취(Ready-to-eat, RTE) 식품과 연관되어 발생하고 있다. 특히 비살균 원유로 만든 치즈의 경우 살균 원유로 만든 치즈보다 50~160배의 감염 가능성을 보인다[3].

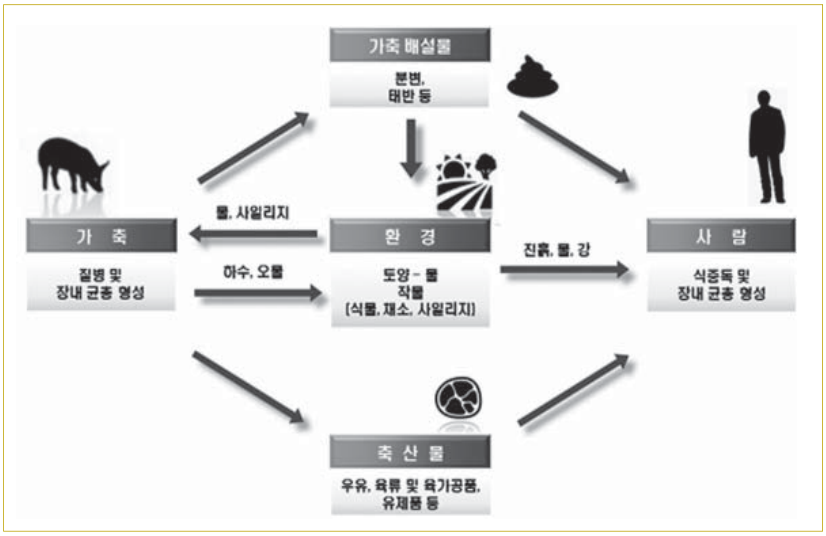

그림 1. 환경 및 동물로부터의 리스테리아 모노사이토제네스 감염경로 [1]

국내외 리스테리아 모노사이토제네스 식품 기준규격 비교

우리나라는 현재 빙과류, 식육가공품, 알가공품 그리고 유가공품 등의 축산물에서 LM균 불검출(n=5) 규격으로 엄격히 관리하고 있다. 반면 미국과 유럽은 RTE 식품을 중점적으로 LM균을 관리하고 있고, 유엔 국제연합식량농업기구(Food and Agriculture Organization of United Nations, FAO)에서 관리하고 있는 식품 내 LM균 관리를 위한 식품 위생 적용 가이드라인 (Guidelines on the Application of General Principles of Food Hygiene to the Control of *Listeria Monocytogenes* in Foods, CAC/GL 61-2007)에 따르면 식품의 특성에 따라 RTE 식품에서 LM균이 자랄 수 없는 경우에는 100cfu/g(n=5) 미만으로, 자랄 수 있는 경우 25g 내 불검출(n=5)로 관리하고 있다. 유럽은 유럽연합 집행위원회(European commission)에서 공표한 식품의 미생물 표준관리 지침(Commission Regulation (EC) No 2073/2005 on microbiological criteria for foods)에 따라 영유아나 의학적 목적으로 사용되는 RTE 식품의 경우 25g 내 불검출(n=10)로 엄격히 관리하고 있고, 영유아나 의학적 목적 외의 RTE 식품의 경우 미국처럼 LM균이 식품에서 자랄 수 있는 경우와 자랄 수 없는 경우로 구분하여 기준을 두고 있다. 단, 제조 후 또는 상점 입고 시점에서 판매 시점까지로 기준을 둔 미국과 달리 식품이 판매되는 시점을 구분하여 LM균이 자랄 수 있는 식품에서 식품 사업자의 관리 하에서는 25g 내 불검출(n=5), 식품이 상점에서 유통기한 내 판매되고 있는 동안은 100 cfu/g(n=5)로 관리하고 있다 (표 1).

표 1. 한국, 미국, 유럽의 리스테리아 모노사이토제네스 기준 규격

국가	규격	비고
한국 (식품 유형별)[a]	· 빙과류: n=5, c=0, m=0/25g	–
	· 식육가공품: n=5, c=0, m=0/25g	살균제품 또는 그대로 섭취하는 제품에 한함
	· 알가공품: n=5, c=0, m=0/25g	살균제품 또는 그대로 섭취하는 제품에 한함
	· 유가공품: n=5, c=0, m=0/25g	–
미국[b]	· 100cfu/g (n=5)	RTE 식품에서 LM이 자랄 수 없는 경우 (제조 후 또는 상점 입고 시점에서부터 판매 시점까지)
	· 25g 내 불검출 (n=5)	RTE 식품에서 LM이 자랄 수 있는 경우 (제조 후 또는 상점 입고 시점에서부터 판매 시점까지)
유럽[c]	· 25g 내 불검출 (n=10)	영유아나 의학적 목적으로 사용되는 RTE 식품
	· 25g 내 불검출 (n=5)	영유아나 의학적 목적 외 RTE 식품에서 LM이 자랄 수 있는 경우 (식품이 식품 사업자의 즉각적 관리를 벗어나기 전에)
	· 100 cfu/g (n=5)	영유아나 의학적 목적 외 RTE 식품에서 LM이 자랄 수 있는 경우 (상점에서 유통기한 내 판매 중)
		영유아나 의학적 목적 외 RTE 식품에서 LM이 자랄 수 없는 경우

출처: [a] 식품공전, 고시번호 2018-33호 (2018)
[b] Guidelines on the Application of General Principles of Food Hygiene to the Control of *Listeria Monocytogenes* in Foods (CAC/GL 61-2007),
[c] Commission Regulation (EC) No 2073/2005 on microbiological criteria for foods

국내외 리스테리아 모노사이토제네스 검출 방법

(1) 한국

우리나라 식약처의 『식품공전』에 따른 축산물에서 LM균 검출에 필요한 시약은 표 2와 같다. LM균을 검출하기 위한 증균 및 선택배지에 있어서 종류가 다양한 편이다. 우선 식육, 치즈, 원유 또는 환경에서 얻은 샘플을 증균배지(*Listeria* Enrichment Broth, PALCAM broth 또는 UVM-modified broth)에 넣은 후 30 ℃에서 24±2시간 배양 후 배양액 100μl을 10ml의 Fraser broth에 접종 후 35~37 ℃에서 24~48시간 동안 2차증균을 실시한다. 그 후 Fraser broth에서 LPM agar, Oxford agar 또는 PALCAM agar에 도말 후 LM균 의심집락을 Tryptic soy agar(0.6% yeast extract)에서 배양한다 (그림 2).

표 2. 식약처에 따른 리스테리아 모노사이토제네스 검출에 필요한 시약

(가) *Listeria* Enrichment Broth(LEB)
(나) Fraser Broth
(다) PALCAM(Polymyxin Acriflavin LiCl Ceftazidime Esculin Mannitol) Agar
(라) Oxford Agar
(마) Lithium Chloride-Phenylethanol-Moxalactam (LPM) Agar
(바) Tryptic Soy Agar(TSA)
(사) UVM-modified *Listeria* Enrichment broth

출처: 식품공전, 고시번호 2018-33호 (2018)

(2) 미국

미국 Food and Drug Administration(FDA)에 기술되어 있는 Bacteriological Analytical Manual(BAM)에 따르면, 식품 및 환경 샘플에서 LM균을 검출하기 위한 방법은 그림 3과 같다. 우리나라와는 다르게, 1차 증균에서 pyruvate가 첨가된 Buffered *Listeria* Enrichment Broth를 사용하며, 2차 증균에 사용하던 Fraser Broth는 생략되고 바로 선택배지에 접종하는 방식을 취한다 (표 3).

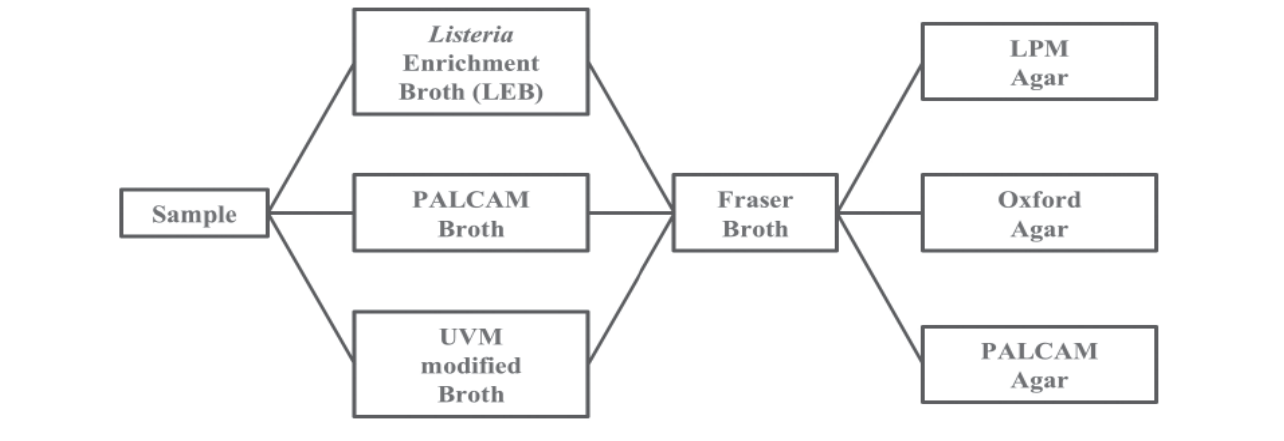

그림 2. 식약처에 따른 리스테리아 모노사이토제네스 검출 단계

출처: 식품공전, 고시번호 2018-33호 (2018)

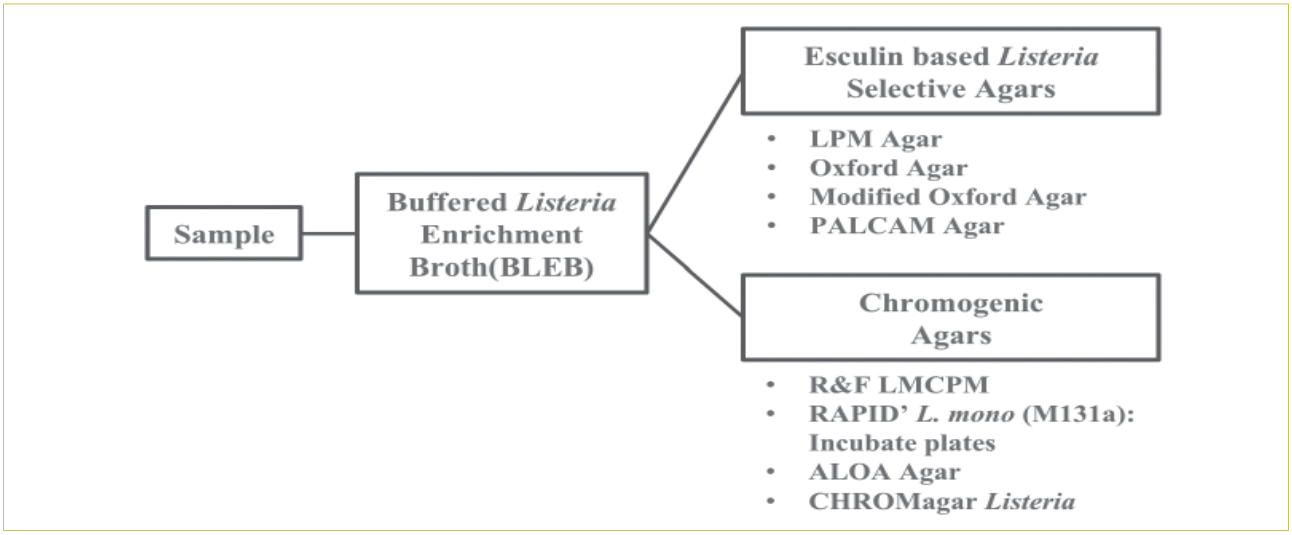

그림 3. FDA-BAM에 따른 리스테리아 모노사이토제네스 검출 단계

출처: Food and Drug Administration(FDA): Bacteriological Analytical Manual (BAM) updated 03/2017

표 3. 한국과 미국의 리스테리아 모노사이토제네스 검출법 비교

	한국	미국	
1차 증균	· *Listeria* Enrichment broth · PALCAM broth · UVM-modified broth	· Buffered *Listeria* Enrichment broth	
2차 증균	· Fraser broth	–	
선택배지	· LPM agar · Oxford agar · PALCAM agar	– Esculin based agars · LPM agar · (Modified) Oxford agar · PALCAM agar	– Chromogenic agar · R&F LMCPM · RAPID' *L. mono* (M131a): Incubate plates · ALOA agar · CHROMagar *Listeria*

(3) 유전자 검출법

종래의 방법은 1차, 2차 증균과 선택배양을 거쳐야 해 최소 5-7일이 소요된다. 현재 우리나라에서는 식품공전상 유전학적 검출법을 언급하고 있지는 아니하고 있으나 미국 FDA에서는 검증된 진단키트나 유전학적 방법을 권장하고 있다. 따라서 최근엔 PCR을 이용, LM균에 특이적인 프라이머를 통해서 빠르게 검출하고 있는 방법이 많이 사용되고 있다. 특히 이전 연구에 따르면 기존 배지 배양법(Oxford agar; 58.13%, PALCAM agar; 58.75%) 및 conventional PCR(61.25%)보다 real-time PCR(68.25%)을 사용하였을 때 더 높은 검출률을 보여주었다[4](그림 4).

(4) 혈청형 확인

현재 LM균의 혈청형을 구분하기 위해서 특이적 프라이머에 대한 연구도 진행되고 있는데, 지금까지 특정 혈청형, 특히 공중보건학적으로 사람에게 문제가 되고 있는 1/2a, 1/2b, 4b을 특이적으로 구별해 낼 수 있는 프라이머는 아직 없는 상태로, 현재로서는 혈청그룹(serogroup)까지만 구분 가능하므로 일반적으로 serotyping kit가 이용되고 있다. 향후 연구가 더욱 진행되어 혈청형까지 one-step으로 구분할 수 있는 특이적 프라이머가 개발된다면 식품 안전성의 발전에 기여할 수 있을 것으로 보인다.

국내외 축산물에서의 리스테리아 모노사이토제네스 발생 현황

(1) 한국

식약처에 따르면 우리나라는 아직까지 LM균에 의한 식중독이 대규모로 발생한 사례는 없으며, 최근 5년간 리스테리아 식중독이 일어난 사례 또한 없다. 하지만 질병관리본부의 『2012-2015년 국내 급성설사질환 유발 원인 세균의 분리현황 및 특성』에 따르면, 총 70,406명의 환자의 설사 분변에서 총 12건의 LM (0.1%)이 분리되었다[5]. 따라서 이를 토대로 보면 사람에서 LM이 감염되어 있는 환자도 존재하고 있다는 것을 알 수 있다. 그 외에 리스테리아가 감염된 동물은 계속 유지되고 있으며, 농림축산검역

Food samples	Trial No.	Inoculum (CFU/500g of sample)	No. of positive samples / No. of samples tested (%)			
			Culture method		Conventional PCR	Real-time PCR
			Oxford agar	PALCAM agar		
Milk	1	43	11/20 (55)	11/20 (55)	11/20 (55)	12/20 (60)
	2	107	18/20 (90)	18/20 (90)	18/20 (90)	19/20 (95)
	Total		29/40 (72.5)	29/40 (72.5)	29/40 (72.5)	31/40 (77.5)
Cheese	1	46	9/20 (45)	9/20 (45)	9/20 (45)	11/20 (55)
	2	98	17/20 (85)	17/20 (85)	17/20 (85)	18/20 (90)
	Total		26/40 (65)	26/40 (65)	26/40 (65)	29/40 (72.5)
Vegetable salad	1	485	6/20 (30)	6/20 (30)	8/20 (40)	10/20 (50)
	2	1040	9/20 (45)	9/20 (45)	10/20 (50)	12/20 (60)
	Total		15/40 (37.5)	15/40 (37.5)	18/40 (45)	22/40 (55)
Raw beef	1	450	13/20 (65)	13/20 (65)	14/20 (70)	15/20 (75)
	2	113	10/20 (50)	11/20 (55)	11/20 (55)	12/20 (60)
	Total		23/40 (57.5)	24/40 (60)	25/40 (62.5)	27/40 (67.5)
Grand total			93/160 (58.13)*	94/160 (58.75)*	98/160 (61.25)	109/160 (68.13)

*Significantly difference compared with real-time PCR (McNemar test, $p<0.05$).
PALCAM, polymyxin-acriflavine-LiCl-ceftazidime-aesculin-mannitol; PCR, polymerase chain reaction.

그림 4. 기존 배양 검출법과 Conventional PCR 및 Real-time PCR을 이용한 리스테리아 모노사이토제네스 검출률 비교

Kim *et al.*, (2014)

본부의 2017년 포유류 질병진단 사례를 보면 총 23마리의 염소 중 7마리(30.4%)가 리스테리아에 감염된 것으로 보고되었고, 소에선 충남 서산에서 1건이 보고되었다[6]. 이에 따르면 우리나라는 소보단 염소에서 리스테리아증이 더 문제시 되는 것을 알 수 있다. 2016년 조사에 따르면 가축 농장에서 분변, 토양을 포함해 총 2,018개의 샘플 중에서 3개(0.15%)의 리스테리아가 검출되었다[7]. 2010년에서 2011년 사이에 수집한 식품에서 소고기 육회 152개 시료 중 4개(2.6%), 조리된 돼지고기 17개 중에서 1개(5.9%), RTE 식품인 김밥에서는 498개 중 4개(0.8%) 수준으로 조사되었다. 그 외에 조리된 오리 및 닭, 샌드위치 및 햄버거, 도시락에서는 검출되지 않았다[8]. 2009년에서 2011년 사이에 수집된 샘플 조사에서 돼지고기와 소고기에서의 LM균 검출률이 5.2%로 다른 RTE(1.8%)와 생선(1.1%)보다 높았다[9]. 하지만 현재 유럽 등 선진국에서 문제가 되고 있는 유제품 및 치즈 등에서의 LM균 조사는 아직 이루어지지 않은 상태로, 추가적 조사 연구가 필요한 상황이다.

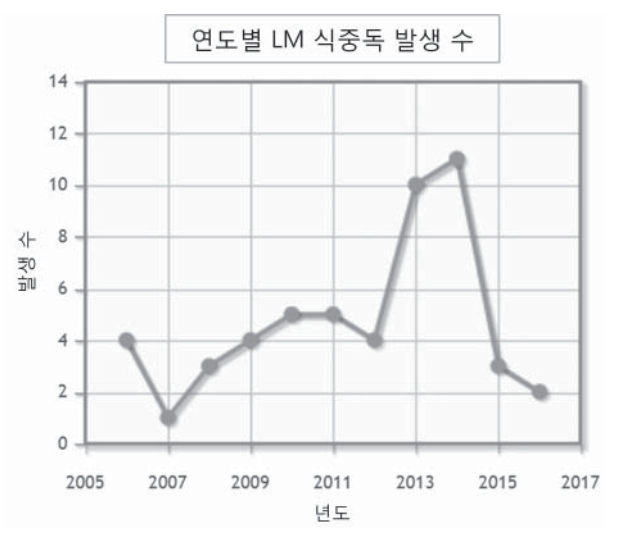

그림 5. 미국에서 연도별 리스테리아 식중독 발생 수

출처: CDC: National Outbreak Reporting System; NORS (2018)

(2) 미국 (USA)

미국은 최근 2017년에도 원유로 만든 치즈로 인한 리스테리아증이 뉴욕과 플로리다 주변부에서 8건 발생하였다. 그 중 2명은 결국 사망하였으며, 특히 1명은 신생아로 보고되었다. 그 외에 2016년에 캘리포니아와 플로리다에서 원유로 인해 2명이 리스테리아에 감염되었다. CDC에 따르면, 연도별 리스테리아증 발생 건수는 2013-14년 폭발적으로 증가 후 최근에는 그 건수가 감소하였다. 미국 내 리스테리아 식중독 발생현황은 그림 5와 표 4에서 정리하였다. 최근 수년간 리스테리아 식중독은 육류보다는 유가공품에서 대부분 발생하고 있다는 것을 볼 수 있다[10]. 2014년 유제품 모니터링에서 우유 집적 탱크(Bulk tank milk) 및 우유 필터(milk filter)에서 19.9%에서 리스테리아가 검출되었으며, 3.0%가 LM균으로 확인되었다[11]. 또한 2010년부터 2013년까지 캘리포니아, 매릴랜드, 코네티컷, 조지아주(州)의 대형 체인 슈퍼마켓과 식품점에서 해산물, 농산물, 유제품, 고기, 달걀, 복합식품 등을 조사한 결과 치즈에선 최저 0.05%에서 최고 0.21%까지 검출되었으며, 특히 원유는 0.63%로 유제품 항목 중에선 가장 높은 검출률을 보였다. 또한 육류에서는 Deli meat에서 0.25%, 소시지에서 0.18%로 확인되었으나 계란에선 검출되지 않았다[12].

(3) 유럽 (Europe)

ECDC(Europe Centre for Disease Prevention and Control)의 2016년도 유럽 내 리스테리아 감염 보고서에 따르면, 총 2,536명이 감염되었으며, 그 중 62%가 65세 이상의 노인이었다. 식품의 종류에 따른 LM균 분리율에선 RTE 생선 식품에서 4.9%, RTE 식육 식품에서 2.6%, 치즈에서 0.7%로 치즈보다는 식육, 식육보다는 생선 식품에서 더 많이 검출되는 것을 알 수 있다[13) 14)]. 2015년부터 2016년까지 북아일랜드에서 식품을 7개의 카테고리로 나눠 총 24개의 식품제조 공장을 조사한 결과, 조리한 고기에서 27개(12.0%)가 검출되었으나 유제품에선 281개의 샘플 모두 검출되지 않았다[15].

표 4. 미국 리스테리아 모노사이토제네스 식중독 발생 현황

연도	감염	입원	사망	식품	식품종류
2006	3	2	1	other cheese, pasteurized	Dairy
	3			ham, unspecified	Pork
2007	5	5	3	skim milk, pasteurized; other milk, pasteurized	Dairy
2008	8	8	0	mexican style cheese, pasteurized	Dairy
2009	8	3	0	mexican style cheese, pasteurized	Dairy
	18	11	0	mexican-style cheese	Dairy
2010	6	4	1	mexican style cheese, pasteurized	Dairy
	10	10	3	ice cream, commercial	Multiple
2011	2	2	1	ackawi cheese, pasteurized; chives cheese, pasteurized	Dairy
	2	2	0	mexican style cheese, pasteurized	Dairy
	15	1	1	blue-veined cheese, unpasteurized	Dairy
2012	23	21	5	ricotta salata cheese	Dairy
2013	6	6	1	cheese-le frere	Dairy
	8	7	1	latin style soft cheese	Dairy
	9	8	1	mexican style cheese, pasteurized	Dairy
2014	3	2	1	mexican style cheese, pasteurized	Dairy
	2	2	0	milkshake	Multiple
	2	2	1	raw milk	Dairy
2015	2	0	0	sour cream	Dairy
	2	1	1	american cheese, pasteurized	Dairy
2016	10	9	2	artisinal soft cheese, unpasteurized	Dairy

출처: CDC: National Outbreak Reporting System; NORS (2018)

(4) 아시아 (Asia)

– 일본

일본에서는 닭 생가슴살과 닭 생간을 먹는 경우가 흔해 닭고기에 대한 리스테리아 조사가 이루어졌다. 2012년 닭 가공 공장에서 조사한 결과, 닭 생가슴살에선 16.8%, 닭 생간에선 2.3%의 검출률을 보였다[16]. 또한 일본 도쿄에서 2000년부터 2012년까지의 RTE 식품의 LM균 오염율을 조사한 결과 총 2,980개의 샘플 중 52개(1.7%)의 검출률을 보였다. 특히 앞의 2000년부터 2005년에서는 2.2%, 이후 2006년부터 2012년 사이에는 1.2%의 검출률을 보여 최근에는 리스테리아에 오염된 RTE 식품이 감소되었음을 볼 수 있다.

– 중국

중국에서 이루어진 RTE 식품점과 양고기 레스토랑에서 얻은 식재료를 분석한 결과, RTE 돼지고기에선 16.2%, 요리된 양고기 또는 하기스(양의 내장으로 만든 스코틀랜드 음식)에서는 24.0%의 검출률을 보여 양고기에서 상대적으로 LM균이 많이 오염되어 있는 것을 알 수 있다. 12개월동안 중국의 시장에서 판매되는 생 돼지고기에서는 13.0%, 다져진 고기에서는 21.5%의 검출률을 보였다[17].

축산물에서의 리스테리아 모노사이토제네스 제어 대책

LM균은 환경에도 널리 분포되어 있으며 또한 저온의

표 5. 국내외 축산물에서의 리스테리아 모노사이토제네스 검출 현황 [18)]

국가	연도	샘플	검출률	출처
한국	2016	Farm environmental sample	0.15%	Oh *et al.*, (2016)
	2010–2011	Sandwich and burger	0.0%	Jeong *et al.*, (2014)
		Beef (yukhoe)	2.6%	
		Duck and chicken (cooked)	0.0%	
		Pork (cooked)	5.9%	
	2009–2011	Pork and beef	5.2%	Park *et al.*, (2016)
미국	2014	Bulk tank milk and milk filter	3.0%	Sonnier *et al.*, (2018)
	2010–2013	Artisan cheese	0.21%	Luchansky *et al.*, (2017)
		Soft–ripened and semisoft cheese	0.05%	
		Cultured milk product	0.21%	
		Raw milk	0.63%	
		Deli meat	0.25%	
		Sausage	0.18%	
		Eggs	0.00%	
북아일랜드	2015–2016	Cooked meat	12.0%	Robert *et al.*, (2018)
		Dairy	0.0%	
영국	2008–2009	Cooked meat	2.2%	Meldrum *et al.*, (2010)
		Fermented meats	1.9%	
스웨덴	2010	Heat treated meat products	1.2%	Lambertz *et al.*, (2010)
일본	2012	Raw chicken breast	16.8%	Yoshimasa *et al.*, (2014)
		Raw chicken liver	2.3%	
	2000–2012	RTE raw meats	3.1%	Shimojima *et al.*, (2016)
		Heat treated meat products	0.8%	
중국	2015	RTE (Ready–to–eat) pork	13.5%	Wang *et al.*, (2018)
		Cooked mutton or cooked haggis	24.0%	
	2015	Minced meat	21.5%	Luo *et al.*, (2017)
		Pork pieces	13.0%	

환경에서도 생존할 수 있기 때문에 식품 가공 중 청결 유지 및 교차 오염 방지 등의 대책이 필요하다. 특히 앞서 서술되었던 biofilm은 식품을 절단하거나 세공할 때 사용 되는 도마, 칼 등에 형성되면 다른 균의 교차오염도 발생시킬뿐더러 일반적 세척으로는 멸균이 어렵기 때문에 특히 더 관리가 필요하다. 따라서 본 문단에선 (1) 식육에서의 LM균 억제 및 (2) biofilm 제어를 위한 방법을 정리해 보았다.

(1) 식육에서의 리스테리아 모노사이토제네스 억제

식육 같은 경우 식품 특성상 수분이 많기 때문에 쉽게 부패하기 쉬우므로, 제조 공정 중 냉동 및 포장 단계 등 CCP가 적용 될 수 있는 부분에서 많은 주의가 필요하다. 특히 최근 항생제 내성균의 발생과 소비자의 무첨가 식품(additive–free foods)의 수요 및 기대치 증가로 인해 여러 기술적 방법들이 사용되고 있다 [19)] (표 6).

표 6. 식육에서의 리스테리아 모노사이토제네스 억제 방법

방법	효과	출처
Air and MAP (Modified Atmosphere Packaging, 30% CO2+70% N2)	정균 효과(bacteriostatic effect)	Melero *et al.*, (2013)
Irradiation 2.5 kGy	처음 7일 4 ℃에서 검출 불가능한 수준으로 감소	Gursel and Gurakan (1997)
Bacteriophage A511	6 ℃에서도 6일간 보관하였을 때 1 log 감소	Guenther *et al.*, (2009)
Bacteriocin을 분비하는 균종 (*Lactobacillus sakei*가 분비한 Sakacin P)	정균 효과(bacteriostatic effect)	Aasen *et al.*, (2003)
Pullulan films with silver or zinc nanoparticles를 통한 antimicrobial packaging	높은 수준의 리스테리아 모노사이토제네스 감소	Fernandez-Pan *et al.*, (2013)

(2) 리스테리아 모노사이토제네스 biofilm 제어

앞서 설명한 바와 같이 LM균에 의한 biofilm이 식품 제조 공정 중 기구, 장비 등에 형성되면 일반적인 세척방법으로는 불충분할 수 있다. 만약 기구가 손상되었거나, 공장 설계 배열이 쉽게 세척할 수 없는 구조로 되어있으면 LM균이 집락을 이루고 biofilm을 형성할 가능성이 높다. 이러한 biofilm을 억제하기 위해 bacteriophage 및 endolysin을 통한 세균벽 용해에 따른 사멸, 경쟁적 세균 - Lactic Acid Bacteria(LAB) - 등을 이용한 리스테리아 성장 방해, 다른 미생물이 생성한 항생대사물질, 에센셜 오일 등 식물에서 추출한 항생물질 등이 사용될 수 있다[20].

특히 인위적으로 생산된 항생제를 대체하기 위해 미생물이 생성하는 천연항생물질을 이용하는 방법이 연구되고 있다. 하지만 이러한 방법들도 소비자에게 완전히 용납될 수는 없는 수준이며, 따라서 이를 해결하기 위한 방법이 더욱 연구되어야 할 것이다. 무엇보다도 임산부나 면역력이 약한 환자들의 경우 음식을 반드시 가열 또는 조리해서 먹도록 하고 조리가 덜된 육류, 살균되지 않은 원유로 만든 치즈 등은 섭취하지 않도록 해야 한다.

감사의 글

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

참고 문헌

1. 〈유해물질 바로알기〉리스테리아 모노사이토제네스 http://www.foodtoday.or.kr/news/article.html?no=143078 Accessed on June 04 (2018).

2. 식품의약품안전처고시 제2018-33호 (2018).

3. Joint FDA / Health Canada Quantitative Assessment of the Risk of Listeriosis from Soft-Ripened Cheese Consumption in the United States and Canada: Draft Interpretative Summary (2015).

4. Kim, D., Chon, J., Kim, H., Kim, H., Choi, D., Kim, Y., Yim, J., Moon, J., Seo, K.:Comparison of Culture, Conventional and Real-time PCR Methods for *Listeria monocytogenes* in Foods. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(5), 665-673 (2014).

5. 김난옥, 홍사현, 곽효선.:2012-2015년 국내 급성설사질환 유발 원인 세균의 분리현황 및 특성. 질병관리본부. 주간 건강과 질병. 제9권 46호 (2016).

6. 2017년도 포유류 질병진단 실적 및 특이 진단사례 보고. 농림축산검역본부. (2018)

7. Oh, H., Kim, S., Lee, S., Lee, H., Ha, J., Lee, J., Choi, Y., Choi, K., Yoon, Y.:Prevalence and Genetic Characteristics of Meatborne *Listeria monocytogenes*

Isolates from Livestock Farms in Korea. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(6), 779-786 (2016).

8. 정효원, 박상훈, 이집호, 김수진, 류승희, 송미옥, 박선희, 조정윤, 박건용, 최성민.:식품에서 분리된 리스테리아 모노사이토젠스의 분포 및 항생제 내성. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 29(1), 26-30 (2014).

9. Park, S., Jung, H., Lee, M., Choi, H., Kim, J., Jung, J., Park, S., Kim, M., Kim, K., Oh, Y., Chung, A., Jung, K.:Detection of *Listeria monocytogenes* in Foods and Characterization by PFGE. *Advances in Microbiology*, 06(04), 343-349 (2016).

10. Multistate Outbreak of Listeriosis Linked to Soft Raw Milk Cheese Made by Vulto Creamery. Centers for Disease Control and Prevention https://www.cdc.gov/listeria/outbreaks/soft-cheese-03-17/index.html Accessed on June 04 (2018).

11. Sonnier, J. L., Karns, J. S., Lombard, J. E., Kopral, C. A., Haley, B. J., Kim, S., Kessel, J. A.: Prevalence of Salmonella enterica, *Listeria monocytogenes*, and pathogenic *Escherichia coli* in bulk tank milk and milk filters from US dairy operations in the National Animal Health Monitoring System Dairy 2014 study. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 1943-1956 (2018).

12. Luchansky, J. B., Chen, Y., Porto-Fett, A. C., Pouillot, R., Shoyer, B. A., Johnson-Derycke, R., Eblen, D. R., Hoelzer, K., Shaw, W. K. Jr., van Doren, J. M., Catlin, M., Lee, J., Tikekar, R., Gallagher, D., Lindsay, J. A., *Listeria* Market Basket Survey Multi-Institutional Team, 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. *Journal of Food Protection*, 80(6), 903-921 (2017).

13. The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2016. EFSA Journal, 15(12), (2017).

14. Infographic: *Listeria* infections in the EU in 2016 https://ecdc.europa.eu/en/publications-data/infographic-listeria-infections-eu-2016 Accessed on June 04 (2018).

15. Madden, R. H., Hutchison, M., Jordan, K., Pennone, V., Gundogdu, O., Corcionivoschi, N.:Prevalence and persistence of *Listeria monocytogenes* in premises and products of small food business operators in Northern Ireland. *Food Control*, 87, 70-78 (2018).

16. Sasaki, Y., Haruna, M., Murakami, M., Hayashida, M., Takahashi, N., Urushiyama, T., ITO, K., Yamada, Y.:Contamination of Poultry Products with *Listeria monocytogenes* at Poultry Processing Plants. *Journal of Veterinary Medical Science*, 76(1), 129-132 (2014).

17. Luo, L., Zhang, Z., Wang, H., Wang, P., Lan, R., Deng, J., Miao, Y., Wang, Y., Wang, Y., Xu, J., Zhang, L., Sun, S., Liu, X., Zhou, Y., Chen, X., Li, Q., YE, C.:A 12-month longitudinal study of *Listeria monocytogenes* contamination and persistence in pork retail markets in China. *Food Control*, 76, 66-73 (2017).

18. Kurpas, M., Wieczorek, K., Osek, J.:Ready-to-eat meat products as a source of *Listeria monocytogenes*. *Journal of Veterinary Research*, 62(1), 49-55 (2018).

19. Silva, F., Domingues, F. C., Nerín, C.:Trends in microbial control techniques for poultry products. *Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(4), 591-609 (2018).

20. Gray, J. A., Chandry, P. S., Kaur, M., Kocharunchitt, C., Bowman, J. P., Fox, E. M.:Novel Biocontrol Methods for *Listeria monocytogenes* Biofilms in Food Production Facilities. *Frontiers in Microbiology*, 9:605 (2018).