국내 도축장 식육의 미생물 안전관리체계 검토 및 제언

Review of Microbiological Safety Management System of Slaughtered Meat in Korea

문진산, 이혜영, 김하영, 윤순식

Jin-San Moon, Hye Young Lee, Ha-Young Kim, Soon-Seek Yoon

농림축산검역본부 세균질병과

Bacterial Disease Division, Animal and Plant Quarantine Agency

Ⅰ. 서론

최근 국내외에서 다양한 유형의 식품에서 식중독 발생이 증가하면서 농수축산식품의 안전성에 대한 소비자의 관심이 높아지고 있다. 특히, 축산물은 영양소가 풍부하여 미생물 번식으로 인해 변질되기 쉬우므로 취급 및 보관 관리가 매우 중요하다. 따라서 축산물의 안전성을 확보하기 위해서 전세계적으로 사육, 도축, 가공, 운반, 보관, 판매, 소비까지 생산 · 가공 단계별로 연계된 일관성 있는 안전관리를 요구하고 있는 추세이다.

그리하여 세계 각국에서는 식품 매개에 의한 식중독 발병 위험을 줄이고 안전한 식품 생산과 공급을 위해 농장에서부터 소비자에 이르기까지 모든 단계를 모니터링하는 위해요소분석과 중요관리점(HACCP; Hazard Analysis and Critical Control Point) 제도를 도입하고 있다. 우리나라에서는 축산식품의 안전성 제고를 위하여 1997년에 축산물 가공장에서 HACCP 제도를 도입한 이래 축산물 생산 모든 단계(농장-사료-도축-집유-식육포장처리-가공-운반-보관-판매)에 식품안전관리인증기준(HACCP) 제도를 적용하고 있다.

식육의 위해요소로서 생물학적, 화학적, 물리적 요인이 있지만, 최근에는 식품안전에 있어서 생물학적 위해요소가 가장 중요시되고 있다. 식육 중 문제가 되는 주요 병원성 미생물로는 *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli* O157:H7 등이 있다. 이들 병원체들은 식육 또는 외부환경으로부터의 오염에 의하여 식중독을 일으킬 수 있다.

또한, 육류에서의 세균오염 수준은 도축 후 육류 내 존재하는 초기 오염 세균의 수, 저장기간과 온도, 위생 상태 등에 의해 결정되며, 시간이 경과됨에 따라 증가하게 된다. 그리하여 국내에서는 도축장 미생물 위생관리기준 설정과 모니터링을 위하여 「식품 및 축산물 안전관리인증기준」과 「식육 중 미생물 검사에 관한 규정」을 식품의약품안

* Corresponding author: Jin-San Moon
Bacterial disease division, Animal and plant Quarantine Agency, 177, Hyeoksin 8-ro, Gimcheon-si, Gyeongsangbuk-do 39660, Republic of Korea
Tel:+82-54-912-0729 Fax: +82-54-912-0759 E-mail: moonjs727@korea.kr

전처(식약처) 고시로 운용하고 있다. 이에 본 논단에서는 이러한 고시에 기초하여 도축장 HACCP 및 미생물 관리 기준을 국내외 규격과 비교해 보고, 국내 도축장 식육의 위생관리 상태를 평가하고자 2019년도에 정부에서 수행한 일반세균수, 대장균수 모니터링 검사 및 식중독 세균에 대한 탐색조사 결과를 소개하고자 한다.

II. 본론

1. 국내외 도축장 HACCP에서의 미생물 관리기준

1) 유럽연합 및 미국

국제식품규격위원회(CODEX)에서는 식육을 포함한 대부분의 식품을 국가별 소비 형태, 병원성 미생물 오염수준 등을 고려하여 HACCP 등을 통해 자율적으로 관리하도록 권장하고 있다. EU에서는 도축장에서의 HACCP 적용은 의무사항이며, 미생물 관리기준으로는 〈표 1〉에서와 같이 오염지표 세균으로서 일반세균수와 장내세균을 그리고 식중독 세균으로서 살모넬라균에 대하여 축종별로 기준을 정하여 운용하고 있다. HACCP 기준에 있어서 부적합한 경우에는 부적합 원인을 파악하여 시정조치하고, HACCP 계획 재검토 및 GHP(good hygiene practice) 등 재오염 방지를 위한 적절한 조치를 취하고 있다. 또한, 부적합 식품은 회수 처리하며, 살모넬라균이 검출된 기계적 분리육(Mechanically separated meat)은 반드시 열처리 용도로 사용하도록 되어 있다.

미국에서는 식품안전검사국(FSIS; Food Safety Inspection Service)의 기준에 따라 도축장 위생 수준을 관리하며, 미생물은 축종별로 대장균(generic *E. coli*)과 살모넬라균(*Salmonella* spp.), 캠필로박터균(*Campylobacter spp.*) 균을 정하여 관리하고 있다〈표 2, 3, 4〉. 작업장이 이행기준에 부합하지 않는 경우 작업장은 즉시 기준에 부합하기 위한 조치를 취해야 하며, 다음 번의 준수검사에서도 기준에 부합하지 못하면 작업장은 제품에 대한 안전관리인증기준 관리계획(HACCP plan)을 재평가해야 한다. 또한, 업체가 HACCP 관리계획에 따라 조치하는데 실패한 경우나 FSIS가 이행하는 3번 연속 검사에서 기준부합에 실패한 경우에는 위생상태 유지 실패 및 적합한 HACCP 관리계획 유지 실패로 간주한다.

이러한 경우 FSIS는 해당 작업장에 대한 검사업무를 중지하게 할 수 있다. 병원균 확산 감소를 위한 작업장이 제때에 취한 여러 가지 조치들 및 HACCP 시스템의 수정을 위해 취해진 조치들을 자세하게 작성한 확인서를 FSIS 책임자 또는 지정자에게 제출할 때까지 업무중지는 계속된다. 또한, 최대검출수를 초과한 경우에는 세트가 완료되든 안 되든 상관없이 3번 연속적인 세트에 대한 시료채취를 멈추도록 하고 있다.

표 1. EU 도축장 식육의 오염지표 세균 및 살모넬라 관리기준

축종	시료채취장소	검사항목	관리기준
소, 양, 염소, 말 지육	세척 후 (예냉실 전단계)	일반세균수	m=3.5 log cfu/cm^2 daily mean log M=5.0 log cfu/cm^2 daily mean log
		장내세균	m=1.5 log cfu/cm^2 daily mean log M=2.5 log cfu/cm^2 daily mean log
		살모넬라균	n=50, c=2, m=absence (불검출)
돼지 지육	세척 후 (예냉실 전단계)	일반세균수	m=4.0 log cfu/cm^2 daily mean log M=5.0 log cfu/cm^2 daily mean log
		장내세균	m=2.0 log cfu/cm^2 daily mean log M=3.0 log cfu/cm^2 daily mean log
		살모넬라균	n=50, c=5, m=absence (불검출)
계육	냉장 후 단계	살모넬라균	n=50, c=5, m=absence (불검출)
		캠필로박터균	n=50, c=15, 검출한계 1,000cfu/g ※ 2025년 이후에는 검출수 c=10으로 적용

* n: 시료수, c: 검출 수, m: 허용기준치, M: 최대허용한계치

표 2. 미국의 도축장 식육의 대장균 실행기준

축종	허용기준치 (m, CFU/㎠, ㎖)	최대허용한계치 (M, CFU/㎠, ㎖)	검사시료수	허용기준치 이상에서 최대허용한계치 이하까지 최대 허용 시료수
소, 양, 염소	불검출	100	13	3
돼지	10	10,000	13	3
닭	100	1,000	13	3

표 3. 미국의 소, 돼지 도축장 식육의 살모넬라균 실행기준

식품 종류	검사 시료수	양성 샘플수
거세우(steer), 미경산우(heifer) 도체	82	1
암소(cow), 숫소(bull) 도체	58	2
분쇄육(ground beef)	53	5
돼지 도체 (hog carcasses)	55	6

표 4. 미국의 닭 도축장의 살모넬라 및 캠필로박터균 실행기준

구분	식품 종류	양성 허용율(%)	양성 시료수 / 총검사시료수	규모가 작은 경우 최소 시료수
살모넬라균	육계 도체	9.8	5 / 51	11
	분쇄 계육	25.0	13 / 52	10
	부분육	15.4	8 / 52	10
캠필로박터균	육계 도체	15.7	8 / 51	10
	분쇄 계육	1.9	1 / 52	52
	부분육	7.7	4 / 52	13

2) 우리나라

우리나라에서도 도축장에서 HACCP 시스템이 효율적으로 운용되고 있는지를 검증하고자 「축산물 위생관리법」과 식약처 고시인 「식품 및 축산물 안전관리인증기준」에 따라서 도축장의 미생물 관리기준을 적용하고 있다. 도축장에 대한 미생물 검사항목 및 평가기준은 미국에서와 같이 대장균(*Escherichia coli* Biotype Ⅰ)과 살모넬라균(*Salmonella* spp.)으로 정하고 있다 〈표 5, 6〉. 도축장에서 처리하는 식육에 대하여 도축장의 영업자는 대장균 검사를 실시해야 하며, 시 · 도 축산물위생검사기관의 장은 살모넬라균 검사를 실시해야 한다. 검사주기는 미국에서와 같이 소는 300 도체마다, 돼지는 1,000 도체, 닭 · 오리는 22,000 도체마다 각 1건씩 검사하되, 1주간 도축두수가 이에 미달하는 도축장의 경우에는 축종별로 최소한 1주에 1건의 시료를 채취하여 검사를 실시하고 있다. 2020년부터는 대미 수출 도계장(닭, 오리) 경우에는 제외국과의 동등성 확보 차원에서 캠필로박터균(제주니/콜리) 검사를 22,000 도체마다 각 1건씩 검사하되 1일 도축두수가 이에 미달하는 경우는 최소한 축종별로 1건의 검체를 채취하여 검사를 실시한다. 검사 시료수 26건에서 최대허용 검출수 8건을 초과하면 부적합으로 판정한다. 다만, 도축장에서 년간 캠필로박터 검출률이 30%를 초과하면 부적합으로 판정한다.

대장균 검사 결과 부적합으로 판정되었거나, 시 · 도 축산물위생검사기관의 장으로부터 살모넬라균 검사 결과 부적합으로 통보를 받는 경우 도축장의 영업자는 즉시 부적합 원인을 조사하고 적절한 시정조치를 하여야 한다. 또한, 미생물검사 결과 부적합 판정을 받은 후 1년 이내에 다시 부적합 판정을 받은 경우 도축장의 영업자는 도축장의 HACCP 관리계획을 재평가하고 수정 · 보완하여야 한다.

살모넬라균 검사결과 부적합으로 판정되는 경우 시 · 도 축산물위생검사기관의 장은 그 세부내역을 시 · 도지사에게 보고하고 해당 도축장의 영업자에게 즉시 통보하여야 한다. 시 · 도 축산물위생검사기관의 장으로부터 살모넬라균 검사결과 부적합 통보를 받는 도축장의 영업자는 원인분석, 시정조치, HACCP 관리계획 재검토 등의 살모넬라균 재오염을 예방하기 위한 적절한 조치를 실시하고 그 결과를 조치 완료일로부터 1주일 이내에 관할 지역

표 5. 우리나라 도축장 식육의 대장균수 실행기준

도축장	허용기준치 (m) (CFU/㎠, ㎖)	최대 허용한계치 (M) (CFU/㎠, ㎖)	대장균수 평가기준	
			검사시료수	허용기준치(m) 이상에서 최대허용한계치(M) 이하까지 최대 허용 시료수
소	5 미만	100	13	3
돼지	10 미만	10,000	13	3
닭 · 오리	100 미만	1,000	13	3

표 6. 우리나라 및 미국 도축장 식육의 살모넬라균 실행기준

도축장	검사 시료수	최대허용 검출 시료수	살모넬라균 검출률(연간)
소	미국 숫송아지/암송아지 82	1	1% 이내
	미국 숫소/암소 58	2	2.5% 이내
	한국 26	1	2.5% 이내
돼지	미국 51	6	7% 이내
	한국 26	2	7% 이내
닭 · 오리	미국 51	5	10% 이내
	한국 26	5	18% 이내

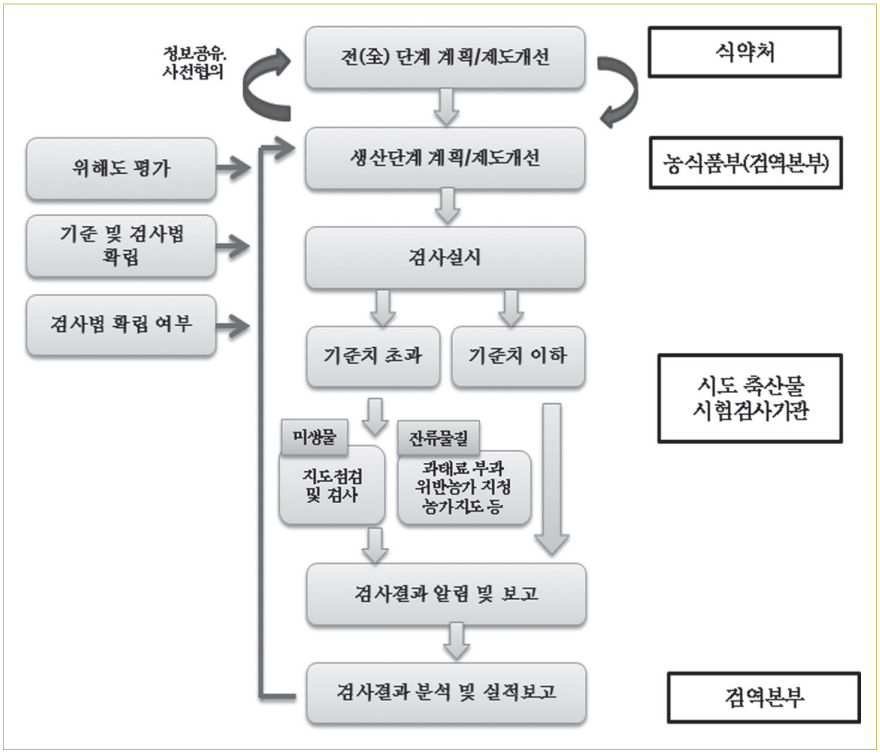

그림 1. 우리나라 축산물 안전성 검사 관리 체계도

시 · 도지사 및 시 · 도 축산물위생검사기관의 장에게 제출하여야 한다. 이 검사요령에 의한 살모넬라 검사결과 2회 연속 또는 최근 1년 동안 3회 이상 부적합 판정이 있는 도축장에 대해서는 시 · 도지사는 당해 영업자로 하여금 외부 전문가 1명과 당해 도축장 HACCP 팀이 도축장 HACCP 관리계획을 재검토 · 변경하고, 시설보완 등의 적절한 시정조치를 하도록 하여야 한다.

2. 국내산 식육 중 미생물 검사체계 및 모니터링 결과

우리나라의 경우 도축장 HACCP 이외에 식약처 고시인 「식육중 미생물 검사에 관한 규정」에 의하여 모니터링(monitoring) 검사와 탐색조사(exploratory)를 실시하고 있다. 모니터링 검사는 도축장 위생관리수준 파악 및 미생물의 오염을 방지 · 감소시킬 목적으로 실시하는 검사이며, 탐색조사는 모니터링 검사항목 이외의 병원성미생물을 대상으로 분포상황 등 오염도 조사를 통해 모니터링검사의 실효성을 평가하고 식육의 위생관리를 위한 검사계획 수립시 기초자료로 활용하기 위한 목적으로 실시하는 검사이다.

미생물 검사체계 및 절차는 〈그림 1〉에서와 같이 진행되며, 검사내용와 검사주체, 그리고 위반시 조치사항 등은 〈표 7〉과 같다. 즉,

표 7. 국내산 식육 중 미생물 검사 내용 및 검사 주체와 위반시 조치사항

구분	검사내용	법적근거	검사주체	위반시 조치사항
식육 모니터링 검사	일반세균수 대장균수	식육 중 미생물 검사에 관한 규정 (식약처고시)	시 · 도 축산물 위생검사기관	■ 시 · 도지사는 해당 작업장 영업자에게 위생감독 강화 지시 ■ 시 · 도지사는 축산물위생관리법령에 의거 해당 작업장에 대한 위생관리기준, 자체 안전관리인증기준, 생체해체검사기준, 시설기준, 영업자 · 종업원 준수사항 등에 부합되는지 여부를 점검하고 위반사항이 있을 경우에 관련 규정에 따라 조치
식육 탐색 조사	국내외적으로 문제되는 병원성 미생물 (식중독균)	식육 중 미생물 검사에 관한 규정 (식약처고시)	농림축산검역본부 (포유류: 세균질병과) (조류: 조류질병과)	■ 대장균O157:H7, 리스테리아 모노사이토제네스가 검출된 경우에 관할 시 · 도 축산물위생검사기관이 향후 1개월간 해당 작업장에서 강화 검사(주1회 이상)를 실시하여 그 결과를 보고

각 시 · 도 축산물위생검사기관은 도축장, 식육포장처리장, 식육판매장에 식육으로부터 일반세균수와 대장균수를 모니터링하고 있으며, 검역본부에서는 미국에서와 같이 전국 도축장 식육을 대상으로 살모넬라균(*Salmonella* spp.), 황색포도알균(*Staphylococcus aureus*), 클로스트리디움 퍼프린젠스(*Clostridium perfringens*), 캠필로박터 제주니/콜리(*Campylobacter jejuni/coli*), 장출혈성대장균(*Escherichia coli* O157:H7 등) 및 리스테리아 모노사이토제네스(*Listeria monocytogenes*), 여시니아 엔테로콜리티카(*Yersinia enterocolitica*) 등의 식중독균에 대하여 탐색조사를 실시하고 있다.

국제식품규격위원회(CODEX)에서는 원료육에 대한 미생물 기준 및 규격에 대한 관련 규정은 없다. 식육에 대하여 미국, 호주, 뉴질랜드, 일본에서는 대장균을, EU에서는 장내세균을 오염지표로 설정하여 검사하고 있다. 캐나다와 호주, 뉴질랜드에서는 국제미생물기준설정위원회(International Commission on Microbiological Specifications for Foods; ICMSF)의 기준을 적용하고 있으며, 뼈를 제거한 식육에 대해 일반세균수(CFU/g) n=5, c=3, m=5×10^5, M=5×10^7으로 기준이 설정되어 있다. 일본은 가열하지 않는 식육 제품에 대해서는 대장균수(CFU/g) 최대값이 10^2으로 설정되어 있다. 유럽에서는 다지거나 소분된 식육의 경우 일반세균수(CFU/g) n=5, c=2, m=5×10^5, M=5×10^6, 대장균수(CFU/g) n=5, c=2, m=5×10^1, M=5×10^2으로 관리하고 있다. 우리나라에서는 오염지표세균으로서 일반세균수와 대장균수를 정하여 관리하고 있다. 도축한 쇠고기, 양고기, 돼지고기, 닭고기, 오리고기 모두에서 일반세균수 권장기준은 1×10^5 이하(CFU/g, ㎠)로, 대장균수는 쇠고기, 양고기의 경우는 1×10^2 이하, 돼지고기는 1×10^4 이하, 닭고기와 오리고기는 1×10^3 이하로 권장기준을 설정하여 관리하고 있다.

이러한 기준에 의하여 2019년 기준 소 61개, 돼지 72개, 양(염소) 33개, 닭 41개, 오리 13개 도축장 식육에 대하여 시 · 도 축산물위생검사기관에서 관내 도축장을 대상으로 월 4회 이상, 매회 축종별로 각 3건 이상의 시료를 채취하여 오염지표세균에 대한 모니터링을 실시하였다. 그 결과 〈표 8〉에서와 같이 일반세균수 및 대장균수 권장기준 초과율은 0.12%(131/109,945건)로서 최근 5년간 검사결과와 비교했을때 지속적으로 약간씩 증가하고 있는 것으로 나타났다('14년 0.04% → '15년 0.06% → '16년 0.09% → '17년 0.10% → '18년 0.09% → '19년 0.12%). 축종별 일반세균수 및 대장균수 권장기준 초과비율은 소(0.02%), 양(염소)(0.06%), 돼지(0.08%)에 비해 닭(0.26%)과 오리(0.49%)에서 높게 나타났다.

농림축산검역본부에서는 전년도 모니터링에서 기준을 초과하거나 탐색조사에서 대상 미생물이 검출된 도축장을 포함한 전국의 도축장을 대상으로(소 10개, 돼지 10개,

표 8. 2019년도 국내 도축장 식육 미생물 모니터링 결과

구분	소	양(염소)	돼지	닭	오리	합계
총 검사 건수	34,287	4,630	42,968	23,152	4,908	109,945
일반세균수(CFU/g, ㎠)	17,160	2,315	21,492	11,575	2,454	54,996
10^2이하	6,646	722	3,552	1,306	918	13,144
10^2초과~10^3이하	6,996	964	7,766	3,333	220	19,279
10^3초과~10^4이하	3,129	510	8,123	5,695	662	18,119
10^4초과~10^5이하	385	119	2,019	1,235	641	4,399
10^5초과~10^6이하	3	0	19	6	13	41
10^6초과	1	0	13	0	0	14
대장균수(CFU/g, ㎠)	17,127	2,315	21,476	11,577	2,454	54,949
10^1이하	16,944	2,251	20,894	2,908	1,485	44,482
10^1초과~10^2이하	180	61	505	5,578	566	6,890
10^2초과~10^3이하	3	3	63	3,036	392	3,497
10^3초과~10^4이하	0	0	10	51	11	72
10^4초과	0	0	4	4	0	8

닭과 오리 10개) 각 축종별로 10개 시료를 채취하여 리스테리아 모노사이토제네스 등 식중독균에 대하여 탐색조사를 실시하고 있다. 식약처의「식품의 기준 및 규격」에 따라서 소와 돼지는 도축 완료 후 예냉실에서 도체 표면(10cm ×10cm)의 3개 부위에서 멸균한 스폰지 또는 가아제 패드를 이용하여 시료를 채취하고, 닭과 오리는 최종 도체 1마리 전체를 BPW로 세척하여 식약처의「식품의 기준 및 규격」의 일반시험법 중 미생물시험법에 기초하여 8종의 식중독 세균에 대한 탐색조사를 실시하였다.

그 결과 2019년 포유류 및 가금류 도체 중의 주요 식중독균 검출률은 3.8%(178/4,700)로서 5년 전인 2014년 3.7%와 유사한 수준이었다('14년 3.7% → '15년 2.4% → '16년 2.6% → '17년 3.2% → '18년 3.2% → '19년 3.8%). 축종별로는 소, 돼지 보다는 도축 과정에서의 교차 오염 가능성이 높고, 시료 특성 및 검사 과정상 검출률이 높은 오리고기(12.0%), 닭고기(9.6%), 소고기(1.1%), 돼지고기(0.8%), 양(염소)고기(0.5%) 순으로 높은 식중독균 검출률을 보였다〈표 9〉. 식중독균별 검출률은 *Clostridium perfringens*(13.7%), *Campylobacter jejuni*(12.0%), *Staphylococcus aureus*(10.7%), *Campylobacter coli*(8.3%), *Salmonella* spp.(8.0%), *Yersinia enterocolitica*(3.7%), *Listeria monocytogenes*(3.0%)의 순으로 높았으며, 장출혈성대장균(EHEC)은 한 건도 검출되지 않았다. 위와 같이 국내에서 식육 중 미생물 관리를 위해서는 무엇보다도 닭과 오리에서의 살모넬라균, 캠필로박터균, 클로스트리디움 퍼프린젠스 등 장내세균에 대한 집중적인 관리가 필요하다. 이를 위해서는 사육단계에서의 질병관리와 도축 과정에서의 분변 오염 최소화, 교차 오염을 방지하기 위한 도축 기구들의 철저한 세척 및 소독 등의 위생관리가 좀더 체계적인 수행되어져야 할 것이다.

표 9. 2019년 국내 도축장 식육 식중독 세균 탐색조사 결과

식중독균	소	양(염소)	돼지	닭	오리	합계 (%)
Salmonella spp.	0/62	0/36	1/102	12/80	11/20	24/300 (8.0)
Listeria monocytogenes	0/62	0/36	2/102	7/80	0/20	9/300 (3.0)
Staphylococcus aureus	0/62	0/36	6/102	21/80	5/20	32/300 (10.7)
Clostridium perfringens	10/62	3/36	0/102	25/80	3/20	41/300 (13.7)
Campylobacter jejuni	1/62	0/36	0/102	31/80	4/20	36/300 (12.0)
Campylobacter coli	0/62	0/36	4/102	8/80	13/20	25/300 (8.3)
Yersinia enterocolitica	0/62	0/36	0/102	11/80	0/20	11/300 (3.7)
EHEC(*E. coli* O157:H7 등)	0/62	0/36	0/102	0/80	0/20	0/300 (0)

Ⅲ. 결론 및 요약

우리나라의 경우 도축단계에서의 식육의 미생물 오염 방지 · 감소를 통한 안전성 확보를 위하여 생산 및 소비단계에 이르는 전 과정에 걸쳐서 HACCP을 적용하고 있다. 미생물 안전관리를 위해 미국 및 EU에서와 같이 오염지표로서 일반세균수와 대장균수를 그리고 식중독균으로서 동물에서 가장 문제시되는 살모넬라균에 대한 관리기준을 국내 축종별 사육규모와 검사능력, 국제적 기준 등을 고려하여 설정하고, 소, 돼지, 양(염소 포함), 닭 및 오리 도체에 대하여 모니터링 함으로써 도축장 위생개선과 식육의 안전성을 확보하고자 노력하고 있다. 이와 더불어 식육 안전성 분석 및 관리방안 수립을 위한 기초자료로 활용하고자 각 시 · 도 축산물위생검사기관에서는 일반세균수와 대장균수에 대한 모니터링검사를, 농림축산검역본부에서는 *Listeria monocytogenes* 등 8종 식중독 세균에 대하여 탐색조사를 매년 정기적으로 실시하고 있다.

2019년 기준으로 국내 도축장 식육 중 일반세균수 및 대장균수 권장기준 초과율은 0.12%, 식중독균 검출율은 3.8%를 나타내었으며, 축종별로는 소, 돼지보다는 가금류에서 상대적으로 높은 검출율을 보였다. 가축 사육 및 도축 특성상 동물 분변 및 작업자로 인한 미생물 오염 가능성은 항상 존재하고, 완전한 미생물 제어에는 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 출하시 분변 오염을 최소화 하기 위한 절식 시간의 준수가 필요하며, 특히, 가금농장에서의 살모넬라균 및 캠필로박터균 오염 저감화에 대한 농장단계에서의 노력이 우선적으로 필요하다. 아울러 식육의 미생물학적 안전성을 확보하기 위해서는 미생물 위해요소에 대한 모니터링을 더욱 강화하고 이러한 결과에 기초하여 도축장 위생관리 문제점을 정확히 파악하고 개선해 나가는 노력이 있어야 할 것이다.

참고 문헌

1. 가금제품 미국 수출관련 검역 · 검사지침 (식약처지침서-0038-02; 2019. 3.29)
2. 식육 중 미생물 검사에 관한 규정 (농식품부고시 제2020-42호, 2020.5.29)
3. 식품 및 축산물 안전관리인증기준 (식약처고시 제2020-15호; 2020. 3. 11.)
4. 식품의 기준 및 규격 (식약처고시 제2020-24호; 2020. 4. 14.)
5. 축산물 위생관리법 (법률 제17091호, 2020. 3. 24.)
6. Animal, Plant and Fisheries Quarantine and Inspection Agency. (2008) Meat retail business HACCP manual (No. 11-1541002-000045-01), p. 8.
7. Arnold T et al. (2004) Impact of *invA*-PCR and culture detection methods on occurrence and survival of

salmonella in the flesh, internal organs and lymphoid tissues of experimentally infected pigs. *J. Vet. Med.*, 2 B, 51:459-463.

8. Borch E. and Arinder P. (2002) Bacteriological safety issues in red meat and ready-to-eat meat products, as well as control measures. *Meat Sci.*, 62(3):381-390.

9. Cai HY et al. (2003) Molecular genetic methods in the veterinary clinical bacteriology laboratory: current usage and future applications. *Anim. Health Res. Rev.*, 4(2):73-93.

10. COMMISSION REGULATION (EC) No. 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs.

11. Docket No. FSIS-2014-0023 / FSIS Directive 10.250.1/ 9 CFR 381.170.

12. Havelaar AH et al. (2015) World health organization global estimates and regional Comparisons of the burden of foodborne disease in 2010. *PLoS Med.*, 12(12):e1001923.

13. Hong CH et al. (2010) Comparative analysis for improving the effective application of HACCP prerequisite items in meat markets. *Korean J. Vet. Serv.*, 33(4):393-399.

14. Jung BY et al. (2003) Development of differential media and multiplex PCR assays for the rapid detection od *Listeria monocytogenes*. *Korean J. Vet. Res.*, 43(2):231-237.

15. Kim HJ et al. (2006) Classification of *Listeria monocytogenes* Isolates from Korean Domestic Foods Using Random Amplification of Polymorphic DNA and Serotyping Analysis, *Korean J. Microbiol, Biotechnol.*, 34(1):23-27.

16. Lantz PG et al. (1998) Detection of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in enrichment media and pork by a multiplex PCR: a study of sample preparation and PCR-inhibitory components. *Int. J. Food Microbiol.*, 45(2):93-105.

17. Lee BO. (2007) The Structure and Characteristics of HACCP System for Livestock Products in Korea. *Korean Journal of Agricultural Management and Policy*, 34:456-472.

18. Lee JK et al. (2016) Systemic analysis of foodborne disease outbreak in Korea. *Foodborne Pathog. Dis.*, 13(2):101-

19. Lee MS et al. (2004) Guidelines for Microbiological Standards of Food in Foreign Countries, *J. Fd Hyg. Safety*, 19(3):140-150.

20. Linton D et al. (1997) PCR detection, identification to species level, and fingerprinting of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* direct from diarrheic samples. *J. Clin. Microbiol.*, 35(10):2568-2572.

21. Yoo HS et al. (1997) Molecular typing and epidemiological suevey of prevalence of *Clostridium perfringens* types by multiplex PCR. *J. Clin. Microbiol.*, 35(1):228-232.