

돼지도축장의 생물학적 위해요소에 대한 중요관리점 설정

옥천석, 정지영, 송은아, 이성식

경기도축산위생연구소
(접수 2001. 3. 28, 게재승인 2001. 4. 10)

A study on establishment of bio-hazard analysis and critical control point for pork slaughter house

Chun-Suk Ohk, Ji-Young Jung, Eun-A Song, Sung-Sik Lee

Gyeonggi Livestock and Veterinary Research Institute, Suwon, 441-640, Korea
(Received 28 March 2001, accepted in revised form 10 April 2001)

Abstract

To ensure the safety of domestic livestock products, the government made it obligatory to enforce the hazard analysis critical control point(HACCP) in all domestic slaughterhouses.

Under the HACCP, most of the hazards generated in slaughterhouses are bio-hazards, especially pathogenic bacteria. In order to reduce the pathogenic bacteria, critical control point (CCP) is established and controled in the process of slaughter.

A study was carried out to measure the level of bacterial contamination of swine carcass in 6 slaughterhouses selected. As a result, the aerobic plate counts(cfu/cm²) of all samples was 10²-10 in average, except slaughterhouse C. The level of the aerobic plate counts on the surface of lower loin in slaughterhouse C was 10⁴ and it was considered that slaughterhouse C should set the process of manual transport of carcass as the CCP.

Escherichia coli level was the highest in middle line cut surface. Especially, *E coli* level of slaughterhouses C and D were about 6.5- and 3.0-fold higher than that of other 4 slaughterhouses. Thus, it was considered that the slaughterhouses C and D should set the process of the entrails treatment as the CCP.

The air contamination was measured at two point in a slaughterhouse. The air contamination level was 4-13 times higher than that of the standard Japanese slaughterhouses.

Key words: Hazard analysis and critical control point(HACCP), Aerobic plate counts, *Escherichia coli*.

Corresponding author: Chun-Suk Ohk, Gyeonggi Livestock and Veterinary Research Institute, Suwon, 441-460, Korea. Tel) 031-294-6761, Fax) 031-294-6764

서 론

Hazard analysis critical control point (HACCP) 제도는 식품에 대한 안전성 관리방법으로서 FAO/WHO 합동국제식품규격위원회 (Codex Alimentarius Commission: AC)에서 채택한 기준이다. CAC가 기술한 바에 의하면 HACCP는 식품의 안전성을 보장하기 위하여 특정 위험을 확인하고 예방조치를 하는 위생관리제도이다. 이 방식은 최종 생산품 검사에 의존하던 기존의 위생관리 방식과는 달리 사전에 작업공정내의 위해 발생 가능성을 분석·평가하고, 그 예방방법을 설정하여 관리하는 예방에 중점을 두는 위생관리 방식이다.

축산물을 생산하는 도축장의 HACCP에 있어서 hazard analysis(HA)는 도축과정에서 생물학적, 화학적, 물리적 위해요소의 발생과 그 원인을 규명하는 것이며, critical control point (CCP)는 전 과정에 위생관리 방법이 적용되었을 때 위해 방지, 제거 또는 허용기준으로 회복될 수 있는 지점(point), 단계(step) 또는 공정(procedure)을 의미하며, 여기에서 CCP는 위해분석 결과와 작업공정의 특성에 따라 결정된다¹⁾.

도축장에서 발생하는 대부분의 위해요소는 생물학적 위해요소로서 주로 병원성 미생물이 문제가 되는데, 이러한 병원성 미생물은 축산물유래 전염병을 발생시키거나 식품에 의한 중독증을 야기 시키게 된다²⁾.

축산물 유래 전염병의 대표적인 것은 살모넬라증으로서 이는 병원성 *Salmonella* spp가 질병을 일으키기에 충분한 양으로 오염된 고기, 우유, 계란과 같은 축산물을 사람이 섭취함으로써 발병된다. 또한 이것은 동물로부터 사람에게 전파되는 살모넬라증의 가장 중요한 전파경로가 된다^{2,4)}. *Salmonella*는 1880년 Eberth에 의해 처음 사람의 조직에서 관찰되었고, 1884년 Gaffky에 의해 배양된 이후, Salmon과 Smith는 지구상에 2,000종 이상의 혈청형이 존재한다고 보고한 바 있으며, 우리나라에서 분리 보고된 살모넬라증을 일으키는 균종은 30여 종으로 알려져 있다^{3,4)}.

식중독과 관련된 질병을 일으키는 주요 병원 미생물로는 *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium botulinum*, *C. perfringens*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica* 등 9종으로 구분되는데, 이러한 병원미생물들에 의한 식중독은 미국에서 1988년부터 1992년까지 5년간 총 2,423건의 사고중 세균성이 796건으로 32.8%이며^{6,34)}, 한국에서는 1996년 천⁷⁾이 조사한 바에 의하면 1987년부터 1996년까지 10년간 283건의 식중독 발생사례 중 세균성 식중독이 200건으로 70.7%에 이르는 것으로 보아 선진국에 비해 식품의 위생측면에서 생산 및 유통관리가 미흡한 것으로 사료된다.

축산식품 특히 식육의 생산과정에서 1979년 Gill⁸⁾에 의하면 정상적인 동물의 근육조직에는 미생물의 오염이 없으나 간혹 림프절에 *Staphylococci*, *Streptococci*, *Listeria*, *Salmonella* 등이 오염될 경우가 있는 것으로 알려져 있다.

도축과정에서 주요 병원성 미생물의 분리 사례는 1997년 허 등⁹⁾이 *L. monocytogenes*가 출하 전 돼지도체 표면에서 14% 가량 분리되었다고 보고하였다. 축산식품에서 문제가 되는 *Listeria*는 5종의 혈청형으로 구분되는데, 이러한 *Listeria* spp에서 온혈동물과 사람에게 병원성을 일으키는 것은 유일하게 *L. monocytogenes* 뿐이다³⁾. 이는 사람에게서 유산의 원인이 되기도 하며¹⁰⁾, 감염경로는 주로 우유 및 유제품을 통하여 일어난다¹¹⁻¹⁴⁾. 그리고, 한 등¹⁵⁾은 도축되는 돼지의 장간막 림프절 600개의 시료에서 *Salmonella* spp가 37주(6.2%), 직장내용물에서 26주(4.3%)가 분리되었다고 하였다. 이러한 병원미생물들이 항생제에 저항성을 가진 균들일 경우에는 사람들에게 더욱 치명적인 위험을 초래할 수 있는데 1989년 미국에서는 penicillin 또는 tetracycline에 저항성이 있는 *Salmonella*에 의한 사망이 연간 30명으로 추정하기도 하였다^{16,17)}.

또한, 1999년 김 등¹⁸⁾은 도축우의 소장 내용물 101건중 51건(50.4%)에서 *C. perfringens*가

분리되었다고 하였으며, 특히 차 등¹⁹⁾은 도축되는 돼지 420마리의 분변에서 *E coli* O157:H7이 2마리에서 분리되었다고 하였는데, 이러한 대장균의 병원성은 혈청형에 따라 차이가 있으나, 대장균에는 최소한 164개의 O항원, 100개의 K항원, 50개의 H항원 등이 있다²⁰⁾. 최근 미국에서도 대장균성 식중독으로 크게 문제가 되고 있는데, 혈청형 *E coli* O157:H7은 출혈성 대장염을 일으키는 verotoxin을 생성한다. 현재 verotoxin을 생성하는 대장균은 43종의 혈청형이 밝혀져 있고, 이들 중 혈청형 O157은 verotoxin에 노출된 환자수의 절반이상에서 분리되며, 이는 유통되고 있는 여러 종류의 식육에서도 분리된다^{21~23)}. 외국의 경우 verotoxin을 생성하는 대장균이 소의 분변 재료에서 11~84%, 원유에서 10%, 돈육에서 1.5~3.8% 그리고 계육에서 0~1.5%가 분리 보고된 바 있어 이들 축산물을 재료로한 식품의 오염가능성 때문에 공중보건상 *E coli*의 오염을 매우 중요시하고 있다^{24,25)}.

그리고 최 등²⁶⁾에 의하면 도축 전 피부표면이 도축 후 지육표면보다 생균수의 차이는 3월에는 10배, 6~8월에는 10~1,000배정도 높은 것으로 조사되었으며, 분리된 주요 세균은 포도상구균, 곰팡이, 연쇄상구균 순으로 높았다. 이와 같은 병원미생물이 도축과정에서 신선육으로의 오염은 미생물이 지육표면에 기계적으로 흡착하는 것으로부터 시작되며, 흡착 미생물의 양은 오염량에 비례하게 된다. 또한 오염 미생물들은 박테리아의 표면 흡착물질에 의해 지육표면에 불가역적으로 흡착할 수 있으며, 이러한 흡착기작은 *E coli*와 *Pseudomonas* 등에서 알려지고 있다^{27,28)}. 이러한 흡착에 의해 오염된 미생물의 증식은 온도, pH, 삼투압 등 물리적 요소와 그 외 산소 등의 화학적 요소에 의해 크게 영향을 받지만, 증식 과정은 대개 이 분법에 의하는데, 분열시간이 어떤 미생물은 12~15분, 대부분 1~3시간 소요되지만 드물게는 24시간 이상 소요되는 것도 있다²⁹⁾. 축산식품에 있어서 질병을 야기할 수 있는 병원미생물의 양은 처음의 오염량에 따라 크게 좌우된다²⁾. 그러므로 병원미생물의 오염량은 식품의

안전성을 유지하기 위해 제어되어야 할 중요한 조건이 된다.

따라서, 본 연구는 향후 국내 중소규모 돼지 도축장에서 HACCP를 적용하는데 가장 중요한 것 중의 하나임과 동시에 위해요소의 대부분을 차지하고 있는 생물학적 위해 요소를 효과적으로 제어하기 위한 CCP를 설정하거나 시설개선을 위한 기초자료로 활용되고자 도축지육 중에서 오염예측이 가능한 주요 부위 5곳과 도축직전의 생체표면에 대한 미생물의 오염도와 작업 중인 도축장 내부의 공기 오염상황을 조사하였다.

재료 및 방법

도축 지육의 부위별 미생물오염도 조사

작업장 및 시료채취

2001년 7월 1일부터 HACCP 제도가 의무적으로 적용되어 하루 평균 500~1,000 마리를 도축하고 있는 돼지 도축장과 이와 시설규모가 비슷한 경기 남부지역의 6개 돼지도축장(A-F)을 대상으로 도축이 끝나 냉장실로 입고된 직후 거꾸로 매달린 상태의 지육 10 두를 무작위로 선정, 1마리 당 좌우 대칭되는 5개 동일부위에서 swab 방법으로 각각 시료를 채취하였다.

시료의 채취는 지육표면에 시료 채취틀(template)을 대고 가로세로 5×10 cm의 면적에 대하여 멸균한 2개의 면봉으로 수직 및 수평 방향으로 충분히 문지른 다음 생리식염액 10 ml가 담긴 50 ml용 멸균 캡튜브에 오염되지 않도록 잘라 넣은 후에 ice box로 신속히 실험실로 운반하였다.

일반세균수 검사 (Aerobic plate counts)

채취한 시료 10 ml를 희석액(멸균생리식염수) 30 ml에 혼합한 다음 10배씩 희석하였다. 각 단계(10^2 , 10^3 , 10^4)의 희석액 1 ml를 표준천배지(Difco, USA)에 접종하여 37°C에서 2일간 배양한 후에 농림부에서 고시된 "육류중미생물검사요령(제97-75호)"²⁹⁾의 균수산출방법에 따라 단위표면적당 집락수(cfu/cm²)로 환산하였다.

대장균 및 대장균군 검사 (*E coli*, coli-forms)

Swab 방법으로 채취한 시료의 희석액 1ml를 대장균 및 대장균군수 측정용 petrifilm plate (Microbiology Products 3M Health Care, USA: AOAC, 1995)에 접종하여 37°C에서 2일간 배양한 후 배지에서 가스를 생산하고 푸른 빛을 나타내는 집락과 가스는 생산하나 푸른빛을 나타내지 않는 직경 2mm 이상의 집락을 각각 대장균과 대장균군으로 계수하였다.

도축전 생체표면의 미생물오염도 조사

도축지육 부위별 오염도조사 대상 도축장 2곳에서 표본적으로 도축직전의 돼지 각 10두를 선정하여 세척되지 않은 상태의 생체표면 2.5×10 cm에서 생리식염액에 적신 멸균된 면봉 5개로 충분히 닦아낸 다음 생리식염액 40 ml가 담긴 멸균 캡튜브에 잘라 넣고 실험실로 옮겼다. 옮겨진 시료는 각 단계(10^{-1} - 10^{-6}) 희석한 후, 본 조사의 도축지육의 부위별 미생물오염도 조사의 실험방법과 같은 방법으로 실험하여 일반세균수와 대장균 및 대장균군수를 측정하였다.

작업장내 공기오염도 조사

일반세균수 검사 4개 도축장(A-D)에서 시료의 채취는 작업장내 2개 지점과 냉장실에서 표준평판배지(직경 8.7 cm/plate)를 5분간 노출한 다음 랩으로 밀폐하여 실험실로 운반하여 37°C에서 2일간 배양한 후 집락을 계수하였다³⁰⁾.

결 과

도축지육 부위별 미생물 오염도

6개 도축장에서 당일 도축이 완료되어 예냉실에 입고된 직후의 돼지도체를 대상으로 미리 선정된 5개 부위의 표면에서 일반세균수와 대장균수 및 대장균군수의 조사를 2회 실시하고 그 평균치를 Table 1~Table 5에 나타내었다.

조사대상의 모든 도축장에서 도살직전 생체에 대한 수세과정은 이루어지지 않고 있었으며, 사용하는 물은 수도물 또는 음용수 수질기준에 적합한 물을 사용하고 있었다. 주변환경은 A-D 도축장이 도심외곽에 위치하며 주변에 공장이나 건물이 있었고, E와 F도축장은 도심과 멀리 떨어져 있고 주변은 건물이 없는 농지였다.

도심 아래 부위의 표면 미생물 오염도조사

도축작업 중 해체과정에서는 대부분 자동이송장치에 의해 이동되고, 최종세척 단계에서부터 예냉실로 입고되는 과정에서는 수동으로 이동되고 있었다. 따라서 수동이동 과정에서 작업자 등에 의한 오염정도를 알아보기 위해 선정된 도심아래 부위의 오염도 조사결과를 Table 1에 나타내었다.

실험결과에서 HACCP 제도가 시범적으로 운영되고 있어 자동이송장치에 의한 이동이 예냉실까지 이루어지는 F도축장과 이동도구를

Table 1. Numbers of bacteria on the surface of lower loin

Slaughter house	Aerobic plate counts	<i>E coli</i>	Total coliforms	Transfer condition
A	$1.3 \times 10^{3*}$	1.0×10^0	3.2×10^0	Rubber gloves
B	1.0×10^3	1.2×10^0	3.4×10^0	"
C	1.3×10^4	0.5×10^0	2.4×10^0	Cotton gloves
D	4.0×10^2	0.8×10^0	1.8×10^0	Metal rod
E	1.1×10^2	0.2×10^0	0.4×10^0	"
F	2.6×10^2	0.1×10^0	0.6×10^0	Automatic

* cfu/cm²

이용한 이동작업자가 밀거나 당겨서 이동하고 있는 D와 E도축장에서는 10^2 cfu/cm² 수준이었고, 고무장갑을 낀 작업자가 직접 밀어서 이동하고 있는 A, B 도축장에서는 10^3 cfu/cm² 수준이었다. 반면에 일반작업자가 수시로 장갑을 낀 채 직접 밀어서 이동하고 있는 C도축장에서는 10^4 cfu/cm²으로 오염도가 우려되는 수준이었다. 또한 *E coli*와 대장균군수도 자동이송장치나 이동도구를 이용하는 D, E, F의 도축장에서 수동으로 이동하는 A, B 도축장에서 보다 더 적은 수로 측정되었다.

목심 아래 부위의 표면 미생물 오염도조사

작업장 바닥으로부터 튀어 오르는 이물질에 의한 오염이 예상되는 목심 아래 부위의 오염도 조사결과를 Table 2에 나타내었다.

일반세균수 조사에서는 이동되는 도체의 최저점이 바닥으로부터 1m 이상 유지되는 E와 F도축장에서는 10^2 cfu/cm² 수준이었고, 도체의 최저점이 바닥으로부터 50cm 정도인 C도축장과 그 이하인 나머지 3개 도축장에서는 10^3 cfu/cm² 수준으로서 현수된 도체가 바닥으로부터 멀리 떨어질수록 오염도는 낮게 조사되었다. 대장균수 및 대장균군수의 조사에서는 D도축장이 가장 높게 나타났다.

가슴부위의 표면 미생물 오염도조사

작업과정의 기계, 기구 등 외부의 접촉 및 전반적인 작업장의 위생수준을 알아보기 위해 현재 미국의 HACCP 도축장에서 실시하고 있는

대표적인 오염지표조사 부위중의 하나인 가슴(Belly) 부위에 대한 실험결과를 Table 3에 나타내었다.

일반세균수 조사에서 A, C, D 도축장은 10^3 cfu/cm² 수준이었고, B, E, F도축장은 10^2 cfu/cm² 수준으로, 현재 우리나라의 권장기준인 10^5 cfu/cm² 이하로 조사되었다. *E coli*와 대장균군수의 조사에서 D도축장의 경우에 가장 높게 조사되었다.

Table 3. Numbers of bacteria on the surface of belly

Slaughter house	Aerobic plate counts	<i>E coli</i>	Total coliforms
A	1.3×10^3 *	0.5×10^0	1.8×10^0
B	4.3×10^2	0.2×10^0	0.8×10^0
C	5.4×10^3	0.3×10^0	1.7×10^0
D	1.9×10^3	1.5×10^0	5.5×10^0
E	1.1×10^2	0.1×10^0	0.5×10^0
F	4.1×10^2	0.4×10^0	1.0×10^0

* cfu/cm²

흉복 절개부위의 표면 미생물 오염도조사

작업중 내장처리 과정의 오염도를 알아보기 위해 미생물의 흡착이 용이한 흉복부 절개부위에서의 조사결과를 Table 4로 나타내었다.

실험결과 각 도축장의 일반세균수는 A, B도

Table 2. Numbers of bacteria on the surface of collar butt

Slaughter house	Aerobic plate counts	<i>E coli</i>	Total coliforms	The lowest part of carcass from the bottom
A	1.8×10^3 *	0.6×10^0	1.6×10^0	30-50 cm
B	1.6×10^3	0.6×10^0	1.8×10^0	"
C	8.9×10^2	0.4×10^0	1.2×10^0	50 cm
D	1.5×10^3	1.3×10^0	3.7×10^0	30-50 cm
E	7.0×10^2	0	0.1×10^0	more than 100 cm
F	3.3×10^2	0.1×10^0	0.4×10^0	"

* cfu/cm²

축장에서는 10^2cfu/cm^2 수준이었고, E도축장에서는 10^1cfu/cm^2 수준인데 비해 C, D, F 도축장에서는 10^3cfu/cm^2 수준으로 비교적 높은 오염도를 나타내었다. 또한 D 도축장에서는 대장균수도 2.6cfu/cm^2 로 나타나 조사대상 도축장에서 가장 높게 나타났으며, F도축장에서도 1.2cfu/cm^2 로 비교적 높게 조사되었다.

Table 4. Numbers of bacteria on the cut surface of middle line

Slaughter house	Aerobic plate counts	<i>E coli</i>	Total coliforms
A	$1.9 \times 10^{2*}$	0.2×10^0	1.0×10^0
B	4.8×10^2	0.5×10^0	1.8×10^0
C	1.4×10^3	0.4×10^0	2.5×10^0
D	1.8×10^3	2.6×10^0	7.5×10^0
E	7.2×10^1	0.5×10^0	0.6×10^0
F	2.2×10^3	1.2×10^0	3.4×10^0

* cfu/cm²

복벽 부위의 표면 미생물 오염도조사

내장처리 과정의 오염을 알아보기 위한 복벽 부위에서의 오염도 조사결과를 Table 5로 나타내었다.

복벽부위는 조사된 5개 부위중에서 제일 낮은 오염도를 나타내었다. 그 원인은 내측 복막의 코팅효과로 미생물의 흡착이 용이하지 못한

Table 5. Numbers of bacteria on the surface of abdominal inner wall

Slaughter house	Aerobic plate counts	Generic <i>E coli</i>	Total coliforms
A	$6.0 \times 10^{2*}$	0	0.1×10^0
B	1.1×10^2	0.1×10^0	0.4×10^0
C	1.3×10^2	0	0.2×10^0
D	1.9×10^2	1.7×10^0	2.3×10^0
E	3.0×10^2	0.1×10^0	0.6×10^0
F	4.8×10^1	0	0

* cfu/cm²

것으로 판단되어진다. 복벽부위의 일반세균수는 A도축장에서 $6.0 \times 10^2\text{cfu/cm}^2$ 수준으로 가장 높게 조사되었고, 대장균수 및 대장균군수는 D도축장에서 각각 1.7cfu/cm^2 및 2.3cfu/cm^2 로 가장 높게 조사되었다.

생축 피부의 미생물오염도 조사

표본적으로 2개 도축장에서 조사한 도축 직전의 돼지 생체 표면의 미생물오염도 조사결과를 Table 6에 나타내었다.

실험결과 일반세균수는 10^6cfu/cm^2 수준이었고, 대장균수 및 대장균군수는 10^2cfu/cm^2 정도의 수준으로 조사되었다.

Table 6. Numbers of bacteria on the skin surface of swine

Slaughter house	Aerobic plate counts	<i>E coli</i>	Total coliforms
A	$7.7 \times 10^{6*}$	5.5×10^2	9.6×10^2
B	7.2×10^6	7.5×10^1	1.4×10^2

* cfu/cm²

작업중 도축장내 공기오염도 조사

도축과정에 따라 도살 후 내장처리가 끝나는 지점까지를 작업장 전반부로 설정하였고, 이후 작업이 종료되는 최종세척 지점까지를 작업장 후반부로 설정하여 작업장내 2개 지점과 냉장실에서 5분간 공기에서 낙하되는 일반세균수를 조사하여 Table 7에 나타내었다.

조사대상 모든 도축장의 작업장 내부에는 공기 정화시설이 설치되어 있지 않았고, 환기장치도 미약한 상태였으며, A 도축장에서만 작업장 전반부와 후반부에 구조벽이 있었다. A와 D도축장은 도심과 근접하여 외부와 차단을 위해 상대적으로 작업장이 밀폐되어 있었으며, B와 C도축장은 비교적 도심외각에 위치하여 작업장 출입문이 없거나 완전 개폐된 상태에서 작업을 하고 있었다.

실험결과 모든 도축장의 작업장 후반부가 전반부보다 높게 조사되었으며, 특히 작업장 전반부와 후반부의 구조벽이 있는 A도축장에서

는 전반부에서 64cfu/직경8.7cm/5분으로 후반부의 342cfu/직경8.7cm/5분과 많은 오염도 차이를 보였다. 냉장실에서는 1~13cfu/직경8.7cm/5분으로 비교적 낮게 조사되었다.

Table 7. Aerobic plate counts in slaughter and refrigerator

Slaughter house	The first half area	The latter half area	Refrigerator
A	64*	342	1
B	268	315	13
C	297	320	1
D	548	758	5

* cfu/diameter 8.7cm plate/5 min.

The standards of semi-clean area for Japanese slaughter : 50 cfu/diameter 9cm plate/5 min

고 찰

미국 USDA/FSIS에서 운용하고 있는 "HACCP을 적용하는 도축장 지육 및 가공육에 대한 미생물검사프로그램"에서는 분변 오염의 지표세균으로 *Salmonella* spp 와 *E coli* 수를 1996부터 의무적으로 검사하고 있다. *Salmonella* spp 검사는 FSIS에서 직접 검사를 하고 있으며, 돼지 도체에서의 허용 기준을 8.7% (5건 이하/55건)로 정하여 도축장에 대한 위생 관리 및 검증을 실시하고 있다. *E coli*(biotype 1)에 대하여는 돼지 1,000두 마다 1두 또는 년간 도축두수가 20,000두 이하인 도축장에서는 1년중 6~8개월간 매주 1두의 시료에 대한 자체검사를 실시토록 하고있다. 허용기준(cfu/cmf)은 최근 12개월 기간중 10^4 을 초과하지 않아야 하고, 최근 13회 시험결과 10^1 - 10^4 범위로 3건 이하로 규정하고 있다. 따라서 대부분의 미국 HACCP 도축장에서는 스크리닝 검사로 일반세균수와 대장균수를 검사하고 있는 실정이다^{31~34)}.

본 조사에서는 6개 도축장에 대한 2회 검사 결과 어떤 지육부위에서도 이 기준을 초과한 예는 없는 것으로 조사되어 양호한 것으로 생

각되나 D도축장과 F도축장의 흉복강 절개부위에서 *E coli* 수가 2.6cfu/cmf 및 1.2cfu/cmf로 다른 4개 도축장의 평균에 비해 6.5배 및 3배 정도 높게 조사된 것으로 보아 내장처리에 상당한 문제점이 있는 것으로 조사되었다.

도축 지육에 대한 미생물오염의 주된 원인은 크게 두가지이다. 첫째는 조사대상의 모든 도축장에서 생축에 대한 피부세척이 전혀 이루어지지 않으므로서 기인되는데, 최 등²⁶⁾은 생균수에 있어서 도축전 피부 표면이 도축후의 지육 표면보다 10~1000배정도 많은 것으로 조사 보고한 바 있다. 본 조사에서도 도축지육의 모든 부위에서 고른 오염도를 나타낸 것으로 보아 세척되지 않은 생축으로부터 오염이 시작되어 그 오염량이 최초 도살직후 탕박, 세척 과정을 거치며 감소와 확산이 동시에 일어나는 것으로 생각된다. 두 번째는 내장처리의 부적절이다. 본 조사에서도 D와 F도축장은 다른 도축장과 다르게 흉복절개 부위 및 복벽 부위에서 다른 조사부위 보다 높게 나타났는데, 특히 D도축장에서는 흉복부 절개부위의 오염원인과의 상관관계가 제일 먼 등심아래 부위에서 일반세균수와 대장균수가 각각 4.0×10^2 및 0.8인데 비해 흉·복부 절개부위에서는 각각 1.8×10^3 및 2.6으로 등심아래 부위보다 3-4배정도 높게 조사되었다. 또한, F도축장에서는 등심아래 부위에서 일반세균수와 대장균수가 2.6×10^2 및 0.1인데 비해 흉복부 절개부위에서는 각각 2.2×10^3 , 1.2로 등심아래 부위보다 10배 이상 높게 조사되었다. 따라서, 이 두 도축장에서는 작업과정중 내장처리 단계를 CCP로 설정하여 생물학적 위해요소를 제어해야 할 것으로 판단되었다.

1999년 정 등³⁰⁾은 수출용 도축을 하는 3곳의 돼지 도축장에서 도체표면의 대장균수는 대부분 음성이었고, 대장균수는 10 이하였다고 조사한바 있으나, 본 조사에서는 대장균수의 부위별 평균이 복벽 부위에서는 0.3, 가슴 부위와 목심 아래부위에서 각 0.5, 등심아래 부위에서 0.6, 흉복부 절개부위에서 0.9로 흉복절개 부위에서 오염도가 제일 높은 것으로 나타났다. 또한 대장균수는 평균 복벽 부위에서 0.6,

가슴부위에서 1.9, 목심아래 부위에서 1.5, 등심아래 부위에서 2.0이었고, 흉복절개 부위에서는 2.7로 대장균수에 비해 거의 3배정도 높게 조사되었다. 따라서 정 등³⁰⁾의 조사에서는 대장균수는 대부분 음성이라고 하였으나, 본 조사에서는 대장균이 약간씩 검출되었고, 대장균수는 본 조사에서 약간 낮게 나타났으나 대체로 비슷한 조사 결과를 나타내었다.

또한, 본 조사에서 복벽 부위의 오염도가 가장 낮게 조사되었는데, 그 이유는 복벽을 형성하고 있는 복막의 코팅효과로 인해 고압 세척시 미생물의 흡착을 용이하지 못하게 하는 것 같다. 그리고 일반세균수의 오염량과 대장균수의 오염량은 일치할 보이지 않았다.

작업중인 도축장내 공기오염도는 낙하 세균수를 조사하였는데, 정 등³⁰⁾이 조사한 수출도축장 3개소에서 1.6, 69.4 및 190.8 cfu/직경 9cm plate/5분으로 조사되었으나, 본 조사에서는 조사된 4개 도축장의 작업 전반부에서 64~548 cfu/직경 8.7cm plate/5분 그리고 작업후반부에서 315~718cfu/직경 8.7cm plate/5분으로 비교적 높게 나타났다. 특히 작업후반부가 전반부보다 일치되게 높게 나타났는데, 이는 오염된 지육의 세척과정에서 비산된 미생물이 낙하되는 것으로 생각된다. 냉장실에서는 1~13cfu/직경 8.7cm plate/5분으로 일본의 도축장 준청결구역 기준인 50 cfu 이하/직경 9cm plate/5분에 만족한 것으로 조사되었다^{31,35)}.

결 론

HACCP도축장에서 발생하는 대부분의 위해요소는 생물학적 위해요소로서 주로 병원미생물이 문제가 되는데, 이러한 병원미생물을 감소시키기 위하여 도축공정에 CCP를 설정하여 제어하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 6개의 도축장에서 도축된 각각의 돼지도체에서 오염예측이 가능한 5개 부위의 표면을 선정하여 미생물오염도를 조사하였다.

1. 일반세균의 오염도(cfu/cm²)는 조사 부위마다 약간의 차이는 있었으나 평균적으로

10²에서 10³ 수준이었고, 생축의 피부에서는 10⁶ 수준을 나타내었다.

2. 대장균의 오염도는 흉복절개 부위에서 평균 0.9로 가장 높게 조사되었고, 등심아래 부위, 가슴 부위 및 목심아래 부위, 그리고 복벽부위 순서로 나타났으며, 각 부위의 대장균수는 대장균수 보다 3배정도 일치되게 높게 조사되었다.
3. 자동 이송장치가 설치되지 않은 도축마무리 단계인 최종세척 지점에서부터 냉장실 입고 까지의 이동시 작업자에 의한 기계적 오염을 조사하기 위한 등심아래 부위에 대한 일반 세균의 오염도 조사에서는 작업중이던 작업자가 5~10두 단위로 직접 밀어서 이동하는 C도축장에서 10으로 우려할 수준이었고, 고무장갑을 착용한 이동작업자에 의한 이동이 이루어지는 A, B 도축장은 10³ 수준이었으며, 막대 등의 이동도구를 사용하거나 자동시설로 이동하는 D, E, F 도축장은 10²으로 조사되었다. 따라서 C 도축장은 수동이동 지점의 시설개선 또는 CCP 설정이 요구된다.
4. 대장균의 오염이 흉복절개 부위에서 다른 4개 도축장의 평균이 0.4 수준인데 비해 6.5배 높은 2.로 조사된 D도축장과 3배 높은 1.2로 조사된 F도축장에서는 작업중 내장처리 과정에서 문제점이 있는 것으로 판단되었다.
5. 바닥으로부터 튀어 오르는 오염도를 조사하기 위한 목심아래 부위에 대한 미생물오염도는 현수된 이동지육의 최저점이 바닥으로부터 50cm 또는 그 이하인 A, B, C, D 도축장에서의 일반세균수는 10³ 수준으로 높게 조사된 반면, 최저점이 1m 이상되는 E와 F도축장에서는 10² 이하로서 작업중 이동지육의 현수 높이에 따라 현저한 오염도의 차이가 있었다.
6. 작업중인 4개 도축장의 작업장내 공기오염도(cfu)는 직경 8.7cm plate/5분간 조사한 결과 A도축장은 203, B도축장은 292, C도축장은 308, 그리고 가장 높은 D도축장은 653으로 일본 도축장의 준청결구역

기준 (50 cfu)보다 4~13배 높게 조사되었으며, 또한 작업장의 밀폐도가 심한 도심 근교의 도축장에서 그 오염도가 높게 나타났다. 이처럼 작업장내 공기오염이 심각한 것은 본 실험 결과를 통하여 유추해볼 때 세척되지 아니한 생축으로부터 도축과정에서 지육표면의 오염이 확산되거나 지육 세척과정에서 공기중으로 비산되는 것으로 생각된다. 따라서, 모든 도축장에서는 도살직전 생축 세척시설의 설비·보완과 함께 중점관리 하여야 할 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. 홍종해. 1996. 돈육생산의 안전성관리를 위한 HACCP제도 도입방안. 안전축산물 생산실천대책 학술발표자료: 33~42.
2. 김현욱. 1997. 낙농 및 식품미생물학. 선진문화사. 서울: 241~250.
3. Buxton A, Fraser G. 1977. *Animal Microbiology*. Blackwell Scientific Publications. London: 103~114.
4. 한국수의공중보건학회 및 수의공중보건학 교육협의회. 1997. 수의공중보건학. 문운당. 서울: 185~257.
5. 농림부. 1999. 도축장위해요소 중점관리기준(HACCP) 적용 매뉴얼: 801~831.
6. USA DHHS CDC MMWR. 1996. Surveillance for Foodborne-Disease Outbreaks-United States, 1988-1992. : 1~55.
7. 천석조. 1996. 식품산업과 HACCP 세미나 자료.
8. Gill CO. 1979. Intrinsic bacteria in meat. *J Appl Bacteriol* 47: 367~378.
9. 허정호, 손성기, 이주홍 등. 1997. 도축처리 단계별 도체 및 환경재료에서 *Listeria monocytogenes*의 분리. *한가위지* 20(1): 69~78.
10. Bottone EJ, Sierra MF. 1977. *Listeria monocytogenes*: Another look at the "Cinderella among pathogenic bacteria." *Mt Sinai J Med* 44: 42~59.
11. Fleming DW, Cochi SL, MacDonald KL, et al. 1985. Pasteurized milk as a vehicle of infection in an outbreak of listeriosis. *N Engl J Med* 312: 404~407.
12. Sipka M, Stajner B, Zakula S. 1973. Detection of *Listeria* in milk. *Wien Tierarztl Monatsschr* 60: 50~52.
13. Hyslop NSG. 1976. Epidemiologic and immunological factors in listeriosis. In: Woodbine M, ed., *Problems of Listeriosis*. Leicester University Press, Leicester, England: 19~103.
14. Jasinska S, Lewandowski L, Sobiech T, et al. 1969. Environmental studies on the incidence of *Listeria monocytogenes* in endemic areas. *Weterynaria (Wroclaw)* 24: 53~68.
15. 한창희, 이국천, 이주홍 등. 1994. 도살돈의 장간막립프절과 직장내용물로부터 *Salmonella* spp. 분리정도와 약제감수성시험. *한가위지* 17(3): 181~189.
16. 이서래. 1993. 식품의 안전성 연구. 이화여자대학교출판부. 서울: 187~225.
17. Swartz MN. 1989. Human health risk with the subtherapeutic use of penicillin or tetracyclines in animal feed. Washington D.C. National Academy Press: 105~185.
18. 김정화, 최일영, 홍현표 등. 1999. 도축우소장에서 *Clostridium perfringens* 분리 및 시간경과에 따른 균수추이. *한가위지* 22(2): 151~158.
19. 차인호, 김용환. 1996. 동물분변에서 *Escherichia coli* O157:H7의 분리 및 이들 균이 산생하는 verotoxin-2의 생물화학적특성. *대한수의학회지* 36(2): 371~378.
20. 대한미생물학회. 1997. 의학미생물학. 서흥출판사 서울: 37~42.
21. Hockin JC, Lior H. 1987. Hemorrhagic colitis and hemolytic uremic syndrome

- caused by to *Escherichia coli* O157:H7 in Canada. *Can Dis Wkly Rep* 13:203~204.
22. Karmali MA. 1985. Infection by verotoxin-producing *Escherichia coli*. *J Infect Dis* 151:775~782.
 23. Albert B, William JH Jr, Henry DI, et al. 1991. MJ. *Manual of clinical microbiology*, 5th ed. Washington, D.C.:ASM Press:367~370.
 24. Read SC, Gyles CL, Clarke RC, et al. 1990. Prevalence of verocytotoxigenic *Escherichia coli* in ground beef, pork and chicken in Southwestern Ontario. *Epidemiol Infect* 105:11~20.
 25. Suthienkul O, Brown JE, Seriwatana J. 1990. shiga-liketoxin-producing *Escherichia coli* in retail meats and cattle in Thailand. *Appl Environ Microbiol* 56:1135~1139.
 26. 최해연, 정운선. 1994. 소, 돼지 도축지육 표면의 세균분포조사. *한가위지* 17(1):61~66.
 27. Firstenberg-Eden R. 1981. Attachment of bacteria to meat surfaces:A review. *J Food Protection*. 44(8):602~607.
 28. Butler JL. 1979. Attachment of microorganisms to pork skin and surface of beef and lamb carcasses. *J Food Protection* 42:401~406.
 29. 농림부. 1997. '98육류중미생물검사요령. 농림부 고시(제97-75호).
 30. 정석찬, 변성근, 정명헌 등. 1999. 미생물제어를 이용한 대일 수출 냉장돈육의 저장성 향상에 관한 연구. *수의과학검역원연구보고서*:515~534.
 31. 농림부. 2000. 일본 및 미국의 도축장 HACCP 현장적용 실태·제도 조사보고서:113~116.
 32. USDA/FSIS. 2000. Microbiological testing program for meat and poultry.:1~4.
 33. USDA/FSIS. 1999. Generic HACCP model:Generic HACCP Model for Raw, Not Ground Meat and Poultry Products:1~40.
 34. Kenneth ES, Bernard DT. 1995. Establishing hazard analysis critical control point programs workshop manual. Washington, DC:The Food Processors Institute, 2nd ed.:1-45.
 35. 高坂和久. 1991. 畜産物 鮮度保持. 范波書房. 東京.:52.