

원료돈육의 오염원 추적 및 위생기준 설정에 관한 연구

임대석 · 강희곤* · 김용곤** · 김창한†

건국대학교 동물자원연구센터, *서울시 보건환경연구원, **축산기술연구소

Study on Pursuit of Contamination Sources and Establishment of Sanitary Standard from Raw Pork Meat

D. S. Lim, H. G. Kang*, Y. G. Kim** and C. H. Kim†

Animal Resources Research Center, Konkuk University
*Seoul Public Health and Environment Research Institute
**National Livestock Research Institute

Abstract

The aims of this study were to examine contamination sources and provide the basic data in establishment of sanitary standard for raw pork meat. From "Random sampling (I)", initial total plate counts of post-slaughter samples for the group A, B and C were 1.5×10^4 cfu/cm², 5.5×10^5 cfu/cm² and 1.8×10^4 cfu/cm², respectively, and of post-prechilling samples for the group A, B and C were 1.0×10^4 cfu/cm², 4.6×10^5 cfu/cm² and 2.5×10^4 cfu/cm², respectively. Initial total plate counts of post-transportation samples for the group D, E and F did not increased, as did the group A, B and C. From "Normal sampling (II)", initial total plate counts of post-slaughter, post-prechilling, post-transportation and post-2 days preservation samples were 7.3×10^4 cfu/cm², 9.6×10^4 cfu/cm², 2.0×10^5 cfu/cm² and 2.5×10^5 cfu/cm², respectively. From "Clean sampling (III)", initial total plate counts of post-slaughter, post-prechilling, post-transportation and post-2 days preservation samples were decreased to 7.0×10^2 cfu/cm², 7.5×10^2 cfu/cm², 8.5×10^2 cfu/cm² and 5.5×10^3 cfu/cm², respectively, compared with "Normal sampling (II)". No E. coli O157:H7, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* were detected at each sampling step. Consequently, a slaughter method like "Clean sampling (III)" showed a better sanitary effect to low total plate counts of $10^2 \sim 10^3$ times, compared with "Normal sampling (II)". The one of contamination sources for raw pork meat was at a slaughtering step, and "Clean sampling" method may be considered as the one of sanitary standards.

Key words : contamination source, raw pork meat, sanitary standard, total plate count.

서 론

최근 전세계적으로 광우병 및 구제역 등의 각종 가축질환에 대한 우려가 날로 심각해져 가고 있는 상황에서, 식육의 유해 오염원을 정확히 규명해 내어 그것의 안전성을 도모하고자 하는 노력이 이전보다 활발히 진행되고 있다.

식육의 안전성은 원료의 채취, 가공 및 소비자가 구입하여 섭취할때까지의 각 단계마다 확보되지 않으면 건전한 육제품을 제공할 수 없으므로 각국에서는 위생관리규범 등을 설정하여 식육의 유통단계 및 소비자에 이르기까지 위생대책방안을 강구하고 있으나 최근 세계적으로 대형화하고 있는 식중독사건의 방지와 식육의 안전성 및 건전성을 확보하기 위해서는 시설을 위주로 하는 종래의 전통적 감시방법이나 경험적인 위생관리 방식으로는 곤란하다는 것이 국제적으로 인식되고 있다.

Corresponding author : C. H. Kim, Animal Resources Research Center, Konkuk University, 1, Hwayang-Dong, Kwangjin-Gu, Seoul, 143-701, Korea. E-mail address : chhan@kkucc.konkuk.ac.kr

수년전 세계각국에서 발생한 병원성 대장균인 O157:H7이나 각종 식중독균 등에 대한 대

중매체의 영향에 의해 소비자들은 예전보다 더욱 식육의 안전성 문제에 깊은 관심을 가지게 되었다. 따라서 식육의 안전성을 확보하기 위해서는 우선 도축장에서부터 처리, 가공, 유통 및 소비자에 이르는 모든 공정에 있어서의 위해분석 및 중점관리점 (Hazard Analysis and Critical Control Point: HACCP)을 밝혀내어 유해 병원성 미생물 관리를 하지 않으면 안되게 되었다. 식육의 생산은 동물의 도살에서부터 시작하여 소비자에 이르는 과정을 거치면서 병원성 미생물에 의해 감염되어진다. 특히 도살과정중의 작업환경, 작업자, 작업도구, 작업대 등에 내재되어 있던 미생물에 의한 피할 수 없는 오염은 유통기간 중 신선육의 부패와 품질악화의 주된 요인으로 분석되고 있다^(1~4). 이러한 작업장내 미생물에 의한 직접적인 오염으로부터 식육으로의 감염을 감소시킴으로써 냉장육의 유통기한을 연장시키고자 다양한 연구가 계속적으로 진행되고 있으며, 일반적으로 유통중인 식육의 유통가능 총균수는 10^6 CFU/cm²~ 10^7 CFU/cm²으로 제시되고 있다⁽⁵⁾.

따라서 본 실험에서는 이미 저자들이 발표한 논문⁽⁶⁾을 기초로하여, 돈육의 생산과정중 일어나는 미생물에 의한 오염정도를 파악함으로써 그 오염원을 추적하여 국민에게 안전한 신선육을 공급하기 위한 기초자료 및 위생기준을 확립하고자 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

시료채취

처리구 I 은 3곳의 도축장과 예냉실(A, B 및 C 업체) 및 3곳의 일반정육점(D, E 및 F 업체)에서 돈육시료를 채취하였고, 시료채취부위는 앞다리부위, 배부 및 뒷다리부위에서 각각 양면, 모두 6군데였다. 시료채취방법은 소독된 시료채취틀을 시료채취부위에 대고 각 10×10 cm 면적에 대하여 멸균한 편셋으로 2겹의 멸균된 가아제패드를 이용하여 수평방향 및 수직방향으로 전면을 문질러 swab 방법⁽⁷⁾으로 채취하였다. 처리구 II 는 3곳의 도축장중 1곳을 선택하여 일반적인 방법을 이용하여 도축한 우육 및 예냉후 육, 그리고 냉방수송차를 추적하여 정육점에 이르기까지 시료를 동일화하여 상기에 제시된 시료부위를 채취하였다. 처리구 III

는 처리구 II 의 도축장에서 작업장의 환경상태, 즉 도축될 돼지주위를 정화수로 청결하게 세척하고 작업자의 장갑을 계속적으로 교환해 주며, 작업자의 칼을 알코올을 문힌 탈지면에 연속적으로 소독하게 지시하여 도축이 이루어진 돈육을 시료로 채취하였다. 이후의 돈육추적과정 및 시료채취부위는 처리구 II 와 동일하게 하였다.

미생물검사용 시료준비

미생물검사를 위한 시료는 미리 준비한 150 ml의 생리식염수가 들어있는 250 ml용 Erlenmyer flask에 무균적으로 6개의 가아제패드를 함께 넣어 vortex 시킨 후 그 용액자체를 미생물시험 원액으로 사용하였다.

총 생균수 측정

일반생균수는 식품공전⁽⁸⁾상의 표준평판법으로 시료를 10배 희석법으로 희석하여 실시하였으며, 배지는 standard plate count agar (Difco Lab., MI, USA)를 사용하였으며, 시료를 접종하여 평판을 만든 후 37°C 항온기에서 36~48시간 배양하여 나타난 colony를 계수하여 colony-forming unit (CFU)로 나타내었다.

대장균군 검사

각 시료의 대장균군수 측정은 표준평판법으로 실시하였으며, 배지는 MacConkey agar (Difco Lab., MI, USA)를 사용하였으며, 시료를 접종하여 평판을 만든 후 37°C 항온기에서 36~48시간 배양하여 나타난 적변 colony를 계수하여 colony-forming unit (CFU)로 나타내었다.

Escherichia coli O157:H7 검사

각 시료의 *E. coli* O157:H7 존재 유무 측정은 시료 1 ml을 10 ml의 EC broth (Difco Lab., MI, USA)에 접종하여 37°C에서 18시간 동안 증균배양한 후, 10% sorbitol을 함유한 MacConkey agar를 이용하여 37°C에서 36~48시간 배양후 생성된 colony중, 무색의 집락을 선별하여 선택배양하였다. 배양된 단일 colony는 TSI medium에 접종되어 37°C 배양후 황색 유무를 확인 후, 배지 고층부를 황색으로 변화시킨 선택균을 API 20E kit (Bro-Mrieux, France)를 이용하여 동정하였다. 그중 indole 양성반응, urease 음성반응, arabinose 양성반응 및 lysine

양성반응을 나타내면, 전형적인 대장균으로 확인하고 tryptic soy broth에서 44.5°C에서 24시간 배양하였다. 배양상태가 양호한 것은 일반적인 대장균으로 동정하고, 배양상태가 불량한 것은 *E. coli* O157:H7으로 1차 판정을 내렸다. 그 후의 최종판결은 국립수의과학연구원에게 최종분석시험을 의뢰하였다.

Staphylococcus aureus 검사

각 시료의 *S. aureus* 존재 유무 측정은 시료 1 ml를 tryptic soy broth (Difco Lab., MI, USA) 10 ml가 들어있는 시험관에 접종하여 37°C에서 16시간 배양하여 증균한 후, *Staphylococcus medium* 110 agar (Difco Lab., MI, USA)를 이용하여 37°C에서 36~48시간 배양 후 생성된 colony중, 황색의 colony를 선별하여 tryptic soy broth에 이식하여 37°C에서 24시간 배양하였다. 배양액을 3,000 rpm으로 10분간 원심분리하여 균체를 회수하고 API staph kit (Bro-Mrieux, France)에 적용하여 *S. aureus* 여부를 동정하였다.

Salmonella 검사

각 시료의 *Salmonella* 존재 유무 측정은 시료 1ml를 selenite-cystine broth (Difco Lab., MI, USA) 10 ml에 접종하여 37°C에서 48시간 증균배양한 후, SS agar (Difco Lab., MI, USA)를 이용하여 37°C에서 36~48시간 배양 후 생성된 colony중, 흑적색 colony를 선별하여 triple sugar iron agar (Difco Lab., MI, USA) 반고층배지에 천자이식하여 37°C에서 24시간 배양하였다. 균이 증식한 TSI 반고층배지의 성상을 육안으로 관찰하여 배지표면이 적색 혹은 흑색인 것과 배지 하층부가 황색인 경우, 그리고 가스발생이 관찰된 모든 시험관에서 균을 취하여 nutrient agar (Difco Lab., MI, USA) 평판에 희석 접종하여 37°C에서 24시간 배양하였다. 배양된 평판에 나타난 colony중에서 혈청 검사를 실시하여 응집반응이 나타나면 *Salmonella* 양성으로 판정하였다⁽⁸⁾.

오염원 확인 및 위생기준 확립

상기의 실험결과를 분석하여 돈육의 유통과정 중 오염원을 추적·확인함은 물론, 확인된 오염원의 오염 가능성을 최소화하기 위하여 도

축과정시 부분적 위생기준을 확립하였다.

결과 및 고찰

Random Sampling (처리구 I)에 의한 오염원 추적

3곳의 도축장과 예냉실(A, B 및 C 업체) 및 3곳의 냉방차와 일반정육점(D, E 및 F 업체)에서 돈육시료를 앞다리부위, 배부 및 뒷다리 부위에서 각각 양면, 모두 6군데의 표면검체를 swab 방법⁽⁷⁾으로 채취하여 미생물실험을 실시한 결과, Table 1과 같았다. 총 6개 도축장 및 정육점에서 검사를 실시한 바, 일반생균수 수치에 있어서 A업체(중소기업)가 B업체에 비해, 도축 직후 및 예냉 직후 시료에 있어서 10배 낮은 수치를 나타내었다. 대장균군수도 B업체가 도축 직후 15 cfu/cm², 예냉후 45 cfu/cm²인데 비해 A업체는 각각 7, 13 cfu/cm²로 검출되었다. 우육시료의 오염원 연구⁽⁶⁾와 마찬가지로 중소기업의 도축장(A)보다 대기업의 도축장(B)에서 미생물이 다량의 검출빈도로 나타난 것으로 볼 때, 육안적으로 청결하다고 확인된 작업장의 시설이나 환경으로 지육의 오염수치를 예측할 수는 없다고 사료되었다.

A, B 및 C업체에서 대장균군수가 도축후 시료에서 각각 7, 15 및 9 cfu/cm², 예냉후 시료에서 각각 13, 45 및 30 cfu/cm²로 다소 증가한 이유는 작업장의 청결도 뿐만 아니라 작업자의 손을 거치는 과정에서 오염이 증가된 것으로 추정할 수 있었다. 나머지 D, E 및 F업체에서는 일반생균수 및 대장균군수가 냉방차 수송 직후 및 정육점 2일 보존후의 시료에서 증가하는 경향이 없었다.

한편, *E. coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus* 및 *Salmonella*는 API kit를 이용한 동정·확인실험 결과 검출되지 않았다.

전반적으로 검사된 모든 도축장, 예냉실, 냉방차 및 정육점 시료에서 Table 2에 나타난 농림부 검사권장기준⁽⁷⁾, 일반세균수 5×10⁶ 이하, 대장균군수 10³ 이하에 못 미치는 양호한 수준으로 판정되었다.

Normal Sampling (처리구 II)에 의한 오염원 추적

3곳의 도축장(A, B 및 C) 중 1개 업체(A)

Table 1. Measurement of total plate count, coliform, *E. coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* under pork meat marketing process

Item	Post-Slaughter			Post-Prechilling		
	A ^b	B ^b	C ^b	A	B	C
Total plate count (cfu ^a /cm ²)	1.5×10 ⁴	5.5×10 ⁵	1.8×10 ⁴	1.0×10 ⁴	4.6×10 ⁵	2.5×10 ⁴
Coli form (cfu ^a /cm ²)	7.0	15.0	9.0	13.0	45.0	30.0
<i>E. coli</i> O157:H7	- ^c	-	-	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Salmonella</i>	-	-	-	-	-	-

Item	Post-Transportation			Post-2 days preservation		
	D ^b	E ^b	F ^b	D	E	F
Total plate count (cfu ^a /cm ²)	7.0×10 ⁴	9.0×10 ⁴	7.5×10 ⁴	2.5×10 ³	2.7×10 ⁴	2.3×10 ⁴
Coli form (cfu ^a /cm ²)	20.0	20.0	9.5	25.0	20.0	10.0
<i>E. coli</i> O157:H7	- ^c	-	-	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Salmonella</i>	-	-	-	-	-	-

a: Colony forming unit.

b: Group A, B, C, D, E and F.

c: Not detected (by identification test).

* Each count value is mean of triplication.

Table 2. 검사권장 기준 (단위: cfu/cm²)

	쇠고기	돼지고기	닭고기
일반세균수	5×10 ⁶ 이하	5×10 ⁶ 이하	5×10 ⁶ 이하
대장균군수	10 ³ 이하	10 ⁴ 이하	10 ⁴ 이하
식중독세균	음 성	음 성	음 성

를 선정하여 일반적인 방법을 이용하여 도축한 돈육 및 예냉후 육, 그리고 냉방수송차를 추적하여 정육점에 이르기까지 시료를 동일화하여, 처리구 I 과 같이 시료를 채취한 결과, 일반세균수에 있어서 도축직후 및 예냉후의 시료에서 10⁴수준으로 나타났으며, 냉방차 수송 직후 및 정육점 2일 보관후의 시료에서 10⁵으로 10배 증가하였다. 정육점에서의 세균수 증가원인은

지육을 부분육으로 나누는 과정에서 오염된 것으로 추정되었다. 대장균군수에 있어서도 일반세균수의 증가와 비슷한 경향을 나타내었다.

한편, *E. coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus* 및 *Salmonella*는 kit를 이용한 동정·확인 실험 결과 검출되지 않았다.

Clean Sampling (처리구 III)에 의한 오염원 추적

Clean sampling은 처리구 II의 도축장에서 작업장의 환경상태, 즉 도축될 돼지주위를 정화수로 청결하게 세척하고 작업자의 장갑을 계속적으로 교환해 주며, 작업자의 칼을 알코올을 묻힌 탈지면에 연속적으로 소독하게 지시하여 도축이 이루어진 돈육을 시료로 채취하였다.

Table 3. Measurement of total plate count, coli form, *E. coli* 157:H7, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* by "Normal sampling" under pork meat marketing process

Item	Sample	Post - Slaughter	Post - Prechilling	Post - Transportation	Post - 2days preservation
Total plate count (cfu ^a /cm ²)		7.3 × 10 ⁴	9.6 × 10 ⁴	2.0 × 10 ³	2.5 × 10 ⁵
Coli form (cfu ^a /cm ²)		19.0	20.0	30.0	27.0
<i>E. coli</i> O157:H7		- ^b	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>		-	-	-	-
<i>Salmonella</i>		-	-	-	-

a: Colony forming unit.

b: Not detected (by identification test).

* Each count value is mean of triplication.

Table 4. Measurement of total plate count, coli form, *E. coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* by "Clean sampling" under pork meat marketing process

Item	Sample	Post - Slaughter	Post - Prechilling	Post - Transportation	Post - 2days preservation
Total plate count (cfu ^a /cm ²)		7.0 × 10 ²	7.5 × 10 ²	8.5 × 10 ²	5.5 × 10 ³
Coli form (cfu ^a /cm ²)		4.0	5.0	10.0	15.0
<i>E. coli</i> O157:H7		- ^b	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>		-	-	-	-
<i>Salmonella</i>		-	-	-	-

a: Colony forming unit.

b: Not detected (by identification test).

* Each count value is mean of triplication.

처리구 II와 동일하게 시료부위를 채취하여 유통과정중 미생물 오염원을 추적한 결과, Table 4와 같았다. 돈육의 유통과정중 일반세균수의 변화는 도축 직후, 예냉후 및 냉장차 수송 직후의 시료에서 10²수준으로 유지되다가 정육점 2 일보관후의 시료에서 10배 정도 증가하였다. 대장균수는 전과정에서 다소 증가하는 경향을 나타내었으나 전반적으로 상당히 우수한 위생수준을 나타내었다.

한편, *E. coli* O157:H7, *Staphylococcus aur-*

us 및 *Salmonella*는 kit를 이용한 동정·확인 실험 결과 검출되지 않았다.

결과적으로 "Normal sampling" 처리구와 "Clean sampling" 처리구의 실험결과를 비교하였을 때, 일반세균수에 있어서 도축 직후 및 예냉후의 시료에서 10²배 정도의 차이를 나타내었으며, 냉장차 수송후에서는 10³배 정도의 큰 차이를 나타내었다. 대장균수도 "Normal Sampling" 처리구가 2~4배 정도로 높았으며, *E. coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus* 및

*Salmonella*는 API kit를 이용한 동정·확인 실험 결과 검출되지 않았다.

상기의 결과에서, 모든 처리구에서 농림부권 장기준⁽⁷⁾과 비교하여 양호한 수준으로 나타났으나, 특히, 도축장에서의 작업장환경, 즉, 바닥, 및 작업자의 손, 그리고 작업자가 사용하는 칼 등의 위생상태가 철저히 지켜진다면 돈육의 유통과정중 발생할 수 있는 미생물오염의 발생 빈도를 상당히 위생적인 수준으로 저하시킬 수 있다고 사료되었다.

본 연구결과, 소비자에게 이르기까지의 돈육의 유통과정중 우육의 경우⁽⁶⁾와 마찬가지로 초기단계인 도축장에서의 오염도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 그 원인은 돼지도축시 주위 환경의 불결함 및 작업자의 무분별한 위생개념 인식 등으로 추적될 수 있었다. 특히, 도축과정중 작업자가 사용하는 장갑과 칼 등으로 인한 오염이 전체오염의 중요한 부분을 차지하고 있는 것으로 추정할 수 있었으며, 본 연구수행중 "Clean sampling" 처리구의 실험방법을 변형·이용하여 적어도 도축이 진행되어야 할 것으로 사료되었다.

따라서 본 연구는 도축장과 예냉실내, 냉방차 수송과정 및 정육점 내에서의 위생기준이 기존의 HACCP 개념과 병행하여 실질적 기준으로 이루어질 가능성을 제시할 수 있었다.

요 약

돈육의 유통과정중, 6개 업체에서 "Random sampling"에 의한 미생물오염원 추적 및 그중 1곳을 선택하여 "Normal sampling" 및 "Clean sampling"에 의한 미생물오염원 추적실험 결과, "Random sampling (I)"에 의한 미생물오염원 추적실험에서, A, B 및 C업체의 도축 직후 시료의 일반세균수는 각각 1.5×10^4 cfu/cm², 5.5×10^5 cfu/cm² 및 1.8×10^4 cfu/cm²로 나타났으며, 예냉후 시료의 일반세균수는 각각 1.0×10^4 cfu/cm², 4.6×10^5 cfu/cm² and 2.5×10^4 cfu/cm²로 나타났다. D, E 및 F업체의 냉방차 수송직후 시료의 일반세균수는 A, B 및 C업체와 비슷하게 증가경향을 보이지 않았다. 6개의 업체중 1곳을 선택하여 "Normal sampling (II)"에 의한 미생물오염원 추적실험결과, 도축직후, 예냉후, 냉방차 수송후 및 정육점 2일

보관후 시료의 일반세균수는 각각 7.3×10^4 cfu/cm², 9.6×10^4 cfu/cm², 2.0×10^5 cfu/cm² 및 2.5×10^5 cfu/cm²로 나타났다. 한편, "Clean sampling (III)"에 의한 미생물오염원 추적실험결과는 도축 직후, 예냉후, 냉방차 수송후 및 정육점 2일보관후 시료의 일반세균수가 "Normal sampling (II)" 처리구와 비교해서 각각 7.0×10^2 cfu/cm², 7.5×10^2 cfu/cm², 8.5×10^2 cfu/cm² 및 5.5×10^3 cfu/cm²의 낮은 수치로 나타났다. *E. coli* O157:H7, *Staphylococcus aureus* 및 *Salmonella*는 각각의 시료채취단계에서 검출되지 않았다.

따라서 "Clean sampling (III)"과 같은 도축방법이 "Normal sampling (II)"과 비교할 때, 일반세균수에 있어서 $10^2 \sim 10^3$ 배 낮은 효율적인 위생효과를 보였다. 상기의 결과에서, 돈육 유통과정중 미생물오염원은 도축단계로 나타났으며, "Clean sampling" 처리구의 도축방법이 효과적인 위생기준에 수반될 좋은 예로서 나타났다.

참고문헌

1. Kim, I. S., Kim, D. H., Hwang, S. K., Shin, D. K. and Lee, M. H.: Assessment of microbial contamination of pork carcasses during the slaughtering process. *Kor. J. Anim. Sci.*, 41, 199 (1999).
2. Mackey, B. M. and Derrick, C. M.: Contamination of the deep tissues of carcasses by bacteria present of the slaughter instruments of in the gut. *J. Appl. Bacteriol.*, 46, 355 (1979).
3. Dickson, J. S. and Anderson, M. E.: Microbiological decontamination of food animal carcasses by washing and sanitizing systems- a review. *J. Food Prot.*, 55, 133 (1992).
4. Selgas, D., Marin, M. L., Pin, C. and Casas, C.: Attachment of bacteria to meat surfaces: a review. *Meat Sci.*, 34, 265 (1993).
5. Ayres, J. C.: The relationship of organisms of the genus *Pseudomonas* to the spoilage of meat, poultry and eggs. *J. Ap-*

- pl. Bacteriol.*, 23, 471 (1960).
6. Lim, D. S., Choi, B. L., Park, B. G., Kang, H. G., Kim, Y. J., Kim, Y. G. and Kim, C. H.: Pursuit of contamination sources and establishment of sanitary standard from raw beef meat. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.*, 19, 240 (1999).
 7. '97 육류중 미생물 검사요령, 농림부 고시 제 1997-13호, 2. (1997).
 8. 한국식품공업협회: 식품공전 (1996).
 9. Choi, S. K., Lee, M. S., Lee, K. H., Lim, D. S., Lee, K. H., Choi, K. H. and Kim, C. H.: Changes in quality of hamburger and sandwich during storage under simulated temperature and time. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.*, 18, 27 (1998).
-
- (2001년 4월 19일 접수)