

도축과정중 식육의 미생물 오염실태 조사

김은주, 강원명, 정경주, 김우택, 김진희, 전창익, 임윤규*

제주도축산진흥원, 제주대학교 수의학과*

Microbiological quality of pork meat in the stage of slaughter process

Eun-Joo Kim, Won-Myoung Kang, Kyong-Joo Jeong, Woo-Taek Kim,
Jin-Hoe Kim, Chang-Ik Cheon, Yoon-Kyu Lim*

*Cheju Livestock Promotion Institute,
Department of Veterinary Medicine, Cheju National University**

Abstract

The growth of bacteria on the surface of the meat was monitored to investigate the relationships between microbiological quality and some environmental factors such as the chilling temperature, alcohol spraying, and transport in slaughter process of pigs. The temperature changes of the surface and inner part of pork carcass were monitored with GreenTrack[®] system during the process of chilling and transport. Of the 100 pigs tested, the prevalence of level on number of standard plate count (SPC) less than 10^4 CFU/cm² and *Escherichia coli* less than 10^2 CFU/cm² in pig were 82% and 80%, respectively. Surface bacterial numbers are decreased in the course of chilling process of the carcass. Alcohol spray process before packing meat also could decrease the surface bacterial count. In conclusion, this study could be overemphasized the importance of relationship between microbiological quality and refrigerating temperature in the process of refrigeration and cutting.

Key words : Microbiological quality, Total bacterial count, *E coli*, Slaughter process

서 론

고품질 청정 축산물에 대한 소비자의 선호도가 높아지고, 축산물에 의한 전염병 및 식중독의 위험으로 부터의 안전성의 확보에 대한 중요성이 더욱 강조되고 있다. 그러므로 축산물

의 생산·가공·유통·판매의 전 과정을 통해 발생할 수 있는 위해요인을 사전에 효과적으로 점검하고 예방하는 일관된 위생관리 체계의 구축이 시급한 과제이며, 우선적으로 그 첫 과정인 도축단계에서의 오염을 차단하는 것은 가장 중요한 일이라 할 수 있겠다. 제도적으로는,

2000년 10월을 기해 전국의 도축장을 대상으로 hazard analysis and critical control point (HACCP, 위해요소 중점관리) 제도의 시행이 공포된 바 있다.

식품의 오염으로 인한 식중독은 해마다 전 세계적으로 발생하고 있으며 동물성 식품과 관련된 주요 병원체는 *salmonella* sp, *campylobacter* sp, *escherichia coli*, *listeria monocytogenes*, *clostridium perfringens*, *staphylococcus aureus* 및 *bacillus cereus* 등을 포함하여 약 25종에 이르고 있다¹⁾. 이들 병원체들은 사육중인 가축 및 가금에 침입하여 질병을 일으키거나 소화관내에 잠복하여 정상 세균총으로 존재하게 된다. 이러한 병원체들의 대부분은 도축처리 과정에서 제거되지만 일부는 여전히 잔류하여 축산식품 유래의 식중독을 야기할 수 있다.

한편, 도축 후 지육의 표면에 존재하는 세균의 증식은 식육의 보존성과 밀접한 관계가 있는 만큼 유통기간에도 큰 영향을 미치게 된다. 또한 미생물에 의한 식품의 변패를 막기 위해서는 1차적인 오염을 방지하는 것도 중요하지만 식품의 가공, 유통 및 보존과정에서의 균 증식을 막는 것이 중요한 사항이다²⁾. 식품의 보관온도는 저장기간에 영향을 미칠 뿐 아니라 식중독균의 발육속도와 독소생산에도 영향을 미친다^{3,4)}. 또한 냉장온도라 할지라도 낮은 온도(2℃)에 보관할 때 7℃의 경우보다 미생물의 증식이 억제됨은 주지의 사실이다. 그러므로 유통과정중의 저온의 유지(chill chain)는 소비 직전 단계까지의 품질보증에 필수적이라 하겠다^{5,6)}.

축산물의 경우 도축처리 후 급속냉각을 실시할 때 완속냉각에 비하여 미생물의 증식속도가 둔화된다는 보고도 있으므로⁷⁾ 대부분의 나라에서 도체의 냉각과 미생물증식에 관련한 도축미생물검사를 실시하는 경향이 높아지고 있으며, 요리 이전에 발생할 수 있는 각종 병원체로부터의 오염을 방지하고 나아가서는 냉장육 수출의 유통기한을 늘이기 위한 노력이 계속되고 있다¹⁾. 국내에서도 도축장을 대상으로 식육미생물오염도 모니터링을 실시하고 있으나 조사

결과에 대한 자료가 축적되지 못한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 제주도내 도축장에서 도축되는 돼지에 대한 오염지표미생물(일반세균, 대장균)검사, 공정 중 도체의 온도변화, 도축 후 냉각과 포장과정중의 세균오염 및 증식정도를 알아보고자 실시하였으며, 수출육 가공장에서의 식육의 미생물학적 위생상태를 조사하여 장차 제주도내 수출육가공장의 위생개선을 통한 상품 유통기한 연장에 도움이 될 기초 자료를 제시하고자 실시하였다.

재료 및 방법

세균분리재료 및 시료채취

제주도내 도축장에서 1999년 3월부터 9월까지 도축된 돼지(100두)를 무작위로 선정하여 도축 완료 후 냉장실에서 12시간 이상 경과된 도체표면을 대상으로 오염지표미생물검사와 병원성미생물검사를 실시하였다. 멸균 가아제를 10 ml buffered peptone water(BPW) 희석액에 적신 후 100cm³용 시료채취틀(template)을 사용하여 미생물오염이 가장 많은 복부, 둔부, 턱부 위 등 3개 부위로부터 채취하였으며, 즉시 BPW이 담겨진 50 ml병에 넣고 저온상태로 옮겨 시험에 사용하였다⁸⁾.

또한, 수출육가공장의 위생상태조사의 일환으로, 도내의 수출육가공장 3개소를 대상으로 3분도체 후 및 포장 전 지육시료를 취하여 오염지표미생물검사를 실시하였다. 낙하세균수는 가공작업이 진행중일 때 nutrient agar plate를 약 30분간 노출시킨 후 배양하였다.

오염지표미생물 시험방법

일반세균수: 시험 시료를 10배 단계로 희석하고, 희석액 1ml를 평판에 접종한 후 plate count agar(Merck, Germany) 10~20 ml를 부어 혼합시켰다. 응고된 plate는 35 ± 1℃에서 48 ± 3시간 배양한 후 집락수가 25~250개인 평판을 계수하였으며, 3반복 실험 결과의 평균수를 산출하였다.

대장균수: 일반세균수 검사와 동일한 방법으

로 평판에 접종하고 fluorocult *E. coli* agar (Merck, Germany) 10 - 20 ml를 부어 잘 혼합한 다음, 35 ± 1 °C에서 24 ± 3시간 배양하여 나타난 노란색 집락중 UV lamp에서 형광빛을 띄는 집락을 계수하여 총 대장균수를 산출하였다.

낙하세균수: Nutrient agar(Merck, Germany)를 plate에 분주하여 응고시킨 후, 가공이 진행 중인 육가공장 실내에서 작업중인 탁상에 약 30분간 노출시키고 실험실로 옮겨 35 ± 1 °C에서 24±3시간 배양하여 집락수를 계수하였다.

도체의 온도 모니터링 및 오염지표미생물검사: 온도 모니터링은 green track system (TDE, Gorinchem)를 사용하였다. 도체 외부와 내부의 온도는 green track을 도체 후지부 표면과 10 cm정도의 내부에 탐침자를 삽입시켜 측정하였다. 도축 후 냉각과 포장과정중의 세균오염 및 증식정도를 알아보기 위하여 도체표면의 일반세균수와 대장균수의 변화를 냉각과정의 시간대별로 측정하였다. 시료채취는 예냉실 입고 직전, 입고후 2, 4, 9 및 19시간에 실시하였으며, 3분도체 직후와 정육포장 직전의 시료도 취하여 일반세균수와 대장균수의 변화를 측정하였다.

결 과

돼지 도체표면의 오염지표 미생물(일반세균, 대장균)

제주도내 도축장에서 도축된 돼지 100두를 대상으로 오염지표미생물 검사를 실시한 결과, 일반세균수에 의하여 도축의 등급을 매기는 선진국의 기준⁹⁾과 비교하여 보았을 때 Table 1과 같이 일반세균수가 1000 CFU 이하인 excellent에 속하는 도체가 52%, 1,001~10,000의 범위에 속하는 good이 30%, 10,001~100,000의 범위에 속하는 acceptable이 10%이었고, 100,001 이상으로 바람직하지 않은 도체가 8%로 조사되었다.

돼지 도체표면의 대장균수는 Tabel 2와 같이 3 CFU 이하가 8%, 1~10의 범위가 32.0%, 11

Table 1. Distribution rates of total bacterial cell count in pork

Range(CFU/cm ²)	No of positive (%)	Cumulative %	Grade*
Less than 1	0	0	
1-10	0	0	Excellent
>10-10 ²	10 (10.0)	10.0	
>10 ² -10 ³	42 (42.0)	52.0	
>10 ³ -10 ⁴	30 (30.0)	82.0	Good
>10 ⁴ -10 ⁵	10 (10.0)	92.0	Acceptable
>10 ⁵ -10 ⁶	8 (8.0)	100.0	
>10 ⁶ -10 ⁷	0		Undesirable
Over than 10 ⁷	0		
Total	100 (100.0)		

*: Australian Quarantine and Inspection service. 1999.

~100의 범위가 40.0%, 101~1,000의 범위가 16.0%, 1,001~10,000의 범위가 4%로 조사되었으며 농림부 도축장 검사권장기준인 10,000 CFU를 초과한 경우는 없었다. 병원성미생물은 *S enteritidis*, *S typhimurium*, *E coli* O157:H7, *L monocytogenes* 등 4종에 대하여 각각 100건의 시료를 검사한 결과 모두 음성으로 나타났다.

Table 2. Distribution rates of *E coli* count in pork

Range (CFU/cm ²)	No of positive	%
Less than 3	8	8.0
1-10	32	32.0
>10-10 ²	40	40.0
>10 ² -10 ³	16	16.0
>10 ³ -10 ⁴	4	4.0
Over than 10 ⁴	0	0
Total	100	100.0

수출육가공장 식육의 미생물학적 위생상태

도내 수출육가공장 3개소에서 공정중인 식육의 미생물학적 위생상태를 조사하였다. 그 결과 Table 3과 같이 일반세균수(CFU)는 3분도체 후 A업소에서 4,400, B업소에서 6,800, C업소에서 7,400으로, 포장전에는 A업소에서 310, B업소에서 1,100, C업소에서 970으로 조사되었다.

대장균수(CFU)는 3분도체 후 A업소에서 4, B업소에서 21, C업소에서 17로, 포장전에는 A업소에서는 검출되지 않았으며, B업소에서 3, C업소에서 4로, 가공중 측정된 낙하세균수는 A업소에서 14, B업소에서 39, C업소에서 33으로 조사되었다.

예냉 및 가공과정중 도체의 심부온도와 표면 미생물 변화

예냉실 입고 후 냉각과정중의 도체 표면온도는 환경온도와 일치되는 변화를 보였으나 심부의 온도는 냉각과정이 끝나는 19시간 동안 점차적이며 지속적인 하강을 보여 19시간 이후에 표면의 냉각온도에 도달하였다. 일반세균수는 냉각처리과정 중 도체 심부온도가 낮아지는 것과 비례하여 점차로 감소하는 경향을 보였다. 그러나 3분도체를 위하여 작업원의 손이 접촉된 이후 급속한 세균수 증가를 보였으며, 정육포장 전단계의 가공기구와 도체표면의 알콜 소독이 이루어진 이후에는 다시 현저한 감소를 나타내었다 (Fig 1).

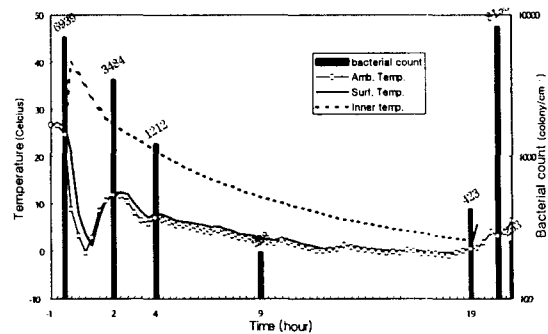


Fig. 1. Changes of temperature and surface bacterial counts of carcass according to ambient temperature during the process of refrigeration and cutting.

고 찰

미생물에 의한 식육의 오염과 그 방지는 모든 식육제품의 처리가공과 품질관리면에서 가장 중요한 문제로, 그 원인이 되는 식육의 미생물학적 품질은 최종제품의 품질을 근본적으로 좌우하게 된다. 따라서 미국을 비롯한 많은 나라들이 도체 표면에서 측정된 일반세균수에 의하여 도축의 등급을 매기고 있으나, 국내에서는 적용하지 못하고 있는 실정이다.

한편 건강한 돼지가 도축되었을 때 위생적으로 도축된 경우라도 완전한 무균상태는 아니므로 보통 100 CFU/cm² 수준의 호기성세균이 존재한다. 세균의 종류와 균수는 도체의 건강상태, 도축과정, 계절 등에 따라 다르지만 일반적

Table 3. Distribution rates of total bacterial cells, *E coli* and falling bacterial cell count in plants

Items	Plants		
	A	B	C
Total bacterial cells(CFU/cm ²)			
I ^a	4,400	6,800	7400
II ^b	310	1,100	970
<i>E coli</i> (CFU/cm ²)			
I ^a	4	21	17
II ^b	-	3	4
Falling bacterial cells(30 min)	14	39	33

a : After 3 part cut, b : Before packing

으로 도축과정에서 부적절한 방법으로 도축됨으로 인해 세균이 도축에 이용되는 기구를 통해서 오염되거나 불완전한 냉각효과 등에 의해서 세균 증가의 원인이 된다. 따라서 미국을 비롯한 대부분의 국가들에서는 HACCP실시의 일환으로 미생물검사를 실시하고 있다⁸⁾. 그리하여 본 연구에서도 제주도 소재 도축장과 수출육가공장 3개소를 대상으로 위생상태를 조사하였다.

일반세균수는 excellent에 속하는 도체가 52%, good이 30%, acceptable이 10% 이었으며, 바람직하지 않은 도체가 4%로 조사되었다. Excellent의 경우 미국 24.6%, 호주 30%, 한국 15.8%보다 높은 52%로서 큰 차이를 보였으며, acceptable내에 속하는 누계는 본 실험에서 92%로 나타나 미국 91.6%, 호주 88%와는 별 차이가 없었지만 한국 84.4%에 비하여 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 도내 도축장의 위생상태를 개선하기 위하여 '97년도부터 도체 표면에서 오염지표미생물 검사와 병원성미생물 검사를 지속적으로 실시한 결과가 반영된 것으로 사료된다.

한편, 수출가공공장에서의 오염지표 미생물 검사 결과 3개소의 가공공장에서 조사된 일반세균수, 대장균수 그리고 낙하세균수가 가공공장 별로 현저한 차이를 보였는데, 이는 가공공장내 온도유지, 작업원의 위생개념, 도축장과의 거리, 운반차량의 내부 온도유지 등이 잘 이루어지지 않은 것 때문으로 사료된다. 냉각과정 중의 도체 표면온도는 외부환경온도와 일치되는 변화를 보였으나 심부의 온도는 냉각과정이 끝나는 19시간이 되어야 표면의 냉각온도에 도달하였다. 일본이나 EC 국가에서 도축장에서 출고되는 소의 도체 및 부분육은 심부온도가 7°C이하가 되어야 하며, 미국에서는 도축 후 5시간 이내에 도체의 표면온도가 10°C 이하가 되고, 도축 후 24시간 이내에 심부온도가 4.4°C이어야 한다는 규정을 두고 엄격히 준수하고 있다¹⁰⁾. 이러한 사항은 국내에서도 경쟁력을 갖추기 위하여 반드시 적용되어 져야 할 것으로 판단된다.

일반세균수는 냉각처리과정 중 접차로 감소

하는 경향을 보였으며 이는 도축후 예냉실에서 18시간 경과 후 출고되는 도체에서 대장균의 수가 줄어들었다는 보고와 관계가 있다고 볼 수 있겠다¹¹⁾. 그러나 3분도체를 위하여 작업원의 손이 접촉된 이후 급속한 세균수 증가를 보였으며, 정육포장 전단계의 가공기구와 도체표면의 알콜소독이 이루어진 이후에는 다시 현저한 감소를 나타내었다.

이상의 내용을 종합해 볼 때 도내 수출육가공 공장이 냉장육 유통기한을 연장하기 위해서는 우선 도축장에서 위생적으로 도체의 처리가 이루어져야 하며, 처리된 도체는 즉시 빙점에 가까운 온도로 낮추기 위한 급속한 냉각이 이루어져 외부온도와 동일한 온도로 유지되어야 하고, 가공공장으로의 운반거리가 짧거나, 냉장차량을 이용하여 운송할 때와 정육을 처리할 때 발생할 수 있는 작업원에 의한 오염원을 차단해야 한다. 마지막으로 가공공장에서 정육을 처리하는 작업원의 위생개념이 무엇보다 중요하겠으며, 유통의 모든 단계에서 온도의 변화 폭이 3°C 이내이어야 한다는 냉장유통의 기본 원칙을 준수해야 할 것이다.

결 론

본 연구에서는 1999년 3월부터 9월까지 제주 도내 도축장과 수출육가공 공장에서 무작위로 선정한 돼지(100두)와 공정 중에 있는 정육에 대하여 오염지표미생물검사, 공정 중 도체의 온도변화, 도축후 냉각과 공장에서의 포장과정 중의 세균오염 및 증식정도를 조사하였다.

오염지표미생물인 일반세균수 (CFU/ml)는 1000이하 도체가 52%, 1,001~10,000의 범위가 30%, 10,001~100,000이 10%이었으며, 100,001 이상으로 바람직하지 않은 도체가 8%로 조사되었고, 대장균수는 3이하가 8, 1~10의 범위가 32.0, 11~100이 40.0, 101~1,000이 16.0, 1,001~10,000이 4%로 조사되었다. 병원성미생물인 *S enteritidis*, *S typhimurium*, *E coli* O157:H7 및 *L monocytogenes*는 분리되지 않았다.

도내 수출육가공공장 3개소에서 가공처리되

는 식육의 미생물학적 위생상태를 조사한 결과 일반세균수(CFU)는 3분 도체 후 A업소에서 4,400, B업소에서 6,800, C업소에서 7,400으로 조사되었으며 포장전에는 A업소에서 310, B업소에서 1,100, C업소에서 970으로 조사되었다. 대장균수는 3분 도체 후 A업소에서 4, B업소에서 21, C업소에서 17로 조사되었으며 포장전에는 A업소에서는 검출되지 않았으나, B업소에서 3, C업소에서 4로 조사되었다. 낙하세균수는 A업소에서 14, B업소에서 39, C업소에서 33으로 각각 조사되었다.

냉각과정중의 도체 표면온도는 환경온도와 일치되는 변화를 보였으나 심부의 온도는 냉각과정이 끝나는 19시간 이후에 표면의 냉각실온에 도달하였다. 일반세균수는 냉각처리과정 중 점차로 감소하는 경향을 보였다. 그리고 정육포장 직전의 기구와 도체 표면의 알콜 소독은 세균수를 현저히 감소시켰다.

참고문헌

1. 정석찬, 정병열. 1997. 식품관련 유해미생물의 특성. *Kor J Vet Publ Hlth* Vol21(2): 181~194.
2. Muntada Garriga JM, Rodriguez Jerez JJ, Lopez Sabater EI, et al. 1995. Effect of chill and freezing temperatures on survival of *Vibrio parahaemolyticus* inoculated in homogenates of oyster meat. *Lett Appl Microbiol* 20(4): 225~227.
3. Peck MW, Lund BM, Fairbairn DA, et al. 1995. Effect of heat treatment on survival of, and growth from, spores of nonproteolytic *Clostridium botulinum* at refrigeration temperatures. *Appl Environ Microbiol* 61(5): 1780~1785.
4. Hyytia E, Higl S, Mokka M, et al. 1999. Predicted and observed growth and toxigenesis by *Clostridium botulinum* type E in vacuum-packaged fishery product challenge tests. *Int J Food Microbiol* 47(2): 169.
5. Gamage SD, Faith NG, Luchansky JB, et al. 1997. Inhibition of microbial growth in chub-packed ground beef by refrigeration (2 degrees C) and medium-dose (2.2 to 2.4 kGy) irradiation. *Int J Food Microbiol* 37(2-3): 175~182.
6. Tolstoy A. 1991. Practical monitoring of the chill chain. *Int J Food Microbiol* 13(3): 225~229.
7. Pavlov A. 1979. Microfloral study of beef in refrigeration and storage. *Vet Med* 16(3): 8~14.
8. 농림부: 고시 제 1998-84호, 1998 축산물의 가공기준 및 성분규격.
9. 변정목, 모의원, 2000. 소·돼지 도체표면의 미생물학적 고찰. *Kor J Vet Serv* 23(2): 105~112.
10. Tewari G, Jayas DS. 1999. Centralized packing of retail meat cuts. A Review. *J Food Protect* 62(4): 418~425.
11. Sofos JN, Smith GC. 1999. Extent of beef carcass contamination with *Escherichia coli* and probabilities of passing U.S. Regulatory Criteria. *J Food Protect* 62(3): 234~238.