J. Fd Hyg. Safety
Vol. 26, No. 4, pp. 330~335 (2011)

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

포장돈육 가공공정 중 돈육과 작업자 손과의 *Listeria monocytogenes*의 교차오염 전이율

김성조[1] · 박명수[2] · 박경진[3] · 라 만[2] · 박중현[2] · 오덕환[2]*
[1]한국보건산업진흥원, [2]강원대학교 식품생명공학과, [3]군산대학교 식품영양학과

Transfer Rate of Cross Contamination of *Listeria monocytogenes* between Pork Meat and Workers' Hands during Pork Meat Processing

Seong-Jo Kim[1], Myoung-Su Park[2], Gyung-Kin Bahk[3], S.M.E. Rahman[2], Joong-Hyun Park[2], and Deog-Hwan Oh[2]*
[1]*Department of Food Industry Development, Korea Health Industry Development Institute*
[2]*Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University*
[3]*Department of food and Nutrition, Kunsan National University*
(Received August 19, 2011/Revised August 25, 2011/Accepted September 2, 2011)

ABSTRACT - This study was performed to determine the transfer rates of each foodborne pathogen from pork meat packaging during the processing. We analyzed the transfer rate of *Listeria monocytogenes* from contaminated pork meat to worker's hands (wearing polyethylene gloves, PEG; cotton gloves, CG; and bare hands), cutting boards and knives, and vice versa. Transfer rate of CG 100.00% was higher than that of bare hands 2.513% and PEG 1.511%. In particular, when wearing CG, the transfer rate from the CG to bare hands with CG was 0.08%. Also, the range of transfer rates from contaminated pork meat to cutting board and knife was 0.352-3.791%. In contrast, transfer rates from the workers' hands (with PEG/CG and bare hands) to cutting board, knife, and pork meat ranged from 0.001 to 0.141%. There was a lower transfer rate from workers' hands than from pork meat. These findings indicate that use of PEG could effectively reduce or prevent the cross-contamination compared to CG and provide important information concerning the consecutive transfer of *L. monocytogenes* during food processing.

Key words: *Listeria monoctogenes*, transfer rate, cross-contamination

최근 경제 발전에 따른 환경 변화와 더불어 과거에 비하여 육류의 소비가 늘어나면서 식생활 변화와 함께 생활 패턴이 다양화되었으며, 또한 외식 문화의 발달로 대표할 수 있는 식문화의 변화 등으로 현대인의 삶이 과거와는 전혀 다른 양상을 띠고 있다. 이러한 현실에서 질병 등이 현대인들의 주요 관심 사항이 되었으며 특히 여러 인체에 치명적인 병원성 미생물로부터의 안전성 확보는 소비자뿐만 아니라 공급자와 국가적인 차원에서도 가장 중요한 문제로 인정되고 있다[1]. 육류 및 그 가공식품의 생물학적 위해요소인 주요 식중독균에는 *Listeria monocytogenes, Salmonella* spp., *Escherichia coli* 0157:H7, *Clostridium botulinum, Staphylococcus aureus, Yersinia enterocolitica, Campylobacter jejuni/coli* 등이 있다[2,3]. *C. jejuni, E. coli* 0157:H7 및 *Listeria monocytogenes*는 근래 축산물유래 식중독균으로 인식되어 육류 및 그 가공식품에 대한 안전성 확보가 사회적인 관심사로 대두되고 있다[2-7].

Sammarco 등[8]은 도축장 작업환경과 작업기구, 작업자, 작업자 손등에서 *Salmonella, Listeria, Yersinia*가 분리되었다고 보고하였다. 국내에서도 도축과정에서 돼지도체의 총균수와 대장균군 및 식중독 유발균의 오염 정도를 파악하였으며, 도축 후 세척 전에 비해 세척 후 총균수와 대장균군은 오히려 증가하여 검출되었다고 보고하였다[9]. 이는 작업장 낙하균이나 작업자의 오염에 의한 것으로 볼 수 있으며, 따라서 돈육의 *Salmonella* spp.와 *Listeria monocytogenes* 등의 오염은 도축단계에서뿐만 아니라 도축 후의 가공 등에서도 충분히 발생된다고 볼 수 있다[8,9].

도체의 오염은 도축공정에서 감염된 돼지로부터 *Salmonella* spp.와 *Listeria monocytogenes* 등에 재 오염되는 것이 근본적인 문제이지만, 소비자에게 이르는 최종 돈육제품의 안

*Correspondence to: Deog-Hwan Oh, Department of Food Science and Biotechnology, School of Biotechnology and Bioengineering, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea
Tel: 82-33-250-6457, Fax: 82-33-241-0508
E-mail: deoghwa@kangwon.ac.kr

전성은 가공공정에서의 위생이 직접적인 영향을 준다[10,11]. 농장에서 식탁에 이르는 전 과정에 HACCP이 확대 적용되고 있으나 오염된 미생물을 살균 처리하는 공정이 없는 단순가공 공정에서의 위생관리는 어려운 실정이다. 특히, 작업자 손을 많이 거치는 단순가공 공정에서는 작업자의 비위생적인 작업행위가 교차오염 발생의 주요 원인이 되기도 하는데, 이러한 측면에서 Lim 등[11]은 교차오염의 중요성을 강조하였고, Little 등[12]은 이를 피하기 위한 개인위생의 중요성을 강조하였다.

교차오염 예방에 대한 중요성은 인식되고 있으나 가공공정에서 원료육, 작업환경, 작업자 상호간의 교차오염에 대하여 알려진 내용이 매우 적어, 실질적이고 효과적인 위생작업 수칙을 개발하는데 한계가 있다. 특히 작업환경 조건에서 접촉에 따른 교차오염의 강도 혹은 오염의 전이 정도에 대해서는 알려진 내용이 거의 없다[13]. 교차오염 전이율에 관한 자료는 작업장 시설 및 축산물작업장의 세부 위생관리기준 작성에 활용 가능하며 또한 미생물학적위해평가(Microbial Risk Assessment; MRA)에서 교차오염 모델개발에 유용한 정보를 제공해 준다. 따라서 본 연구에서는 포장돈육 가공공정중의 작업환경을 고려하여, 실제 돈육 가공과정에서 돈육과 빈번하게 접촉하는 작업자의 손(Polyethylene glove 착용, 면장갑 착용, 맨손) 및 작업도구(칼과 도마)를 대상으로 *Listeria monocytogenes*의 교차오염 전이율(transfer rate)을 비교 분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 돈육은 서울지역의 일반 시장에서 판매되는 삼겹살(fat meat)과 안심(red meat)을 구입한 후 1시간 이내로 냉장온도(5 ± 1ºC)를 최대한 유지한 아이스박스를 이용하여 실험실로 운반하였다. 운반한 돈육을 가능한 빠른 시간에 일정한 크기(5 × 5 × 2 cm)로 절단하고, 멸균팩으로 포장하였고, 포장돈육의 가공공정 환경에 맞추기 위하여 5ºC 배양기(Incubator MIR-533, Sanyo Electric Co., Japan)에서 24시간 보관한 후 실험시료로 사용하였다.

시험균주

본 실험에 사용한 *Listeria monocytogenes* KCL53는 강원대학교 식품생명공학과에서 분양받아 사용하였다. 분양받은 *L. monocytogenes* 균주는 10% glycerol을 첨가한 tryptic soy broth (TSB)에 넣어 −70ºC 급속냉동고(VWR 4503C, VWR Co., USA)에 동결보존하였고, 균주의 활성배양을 위하여 동결보존된 균을 냉장온도에서 녹인 후 TSB에 접종하였다. *Listeria monocytogenes* 배양은 35ºC에서 24시간 전배양하고, tryptic soy agar (TSA)에 도말접종하여 24시간 배양하였고, TSA상에 생육한 균을 백금이를 사용하여 멸균생리식염수에 현탁하여 초기균수(5.0×10^7 - 1.0×10^8 CFU/mL)를 조절하여 사용하였다.

돈육, 식품접촉면 및 작업자 손의 전처리

돈육

돈육의 표면에 부착되어 있는 정상균총(natural microflora)을 제거하기 위하여 70% ethanol (Junsei Chemical, Tokyo, Japan)로 진탕하여 살균처리하였다. 돈육(삼겹살 및 안심)을 전처리하고 포장하는 가공시간을 고려하여 돈육 표면온도를 10ºC로 유지하고, 실온(약 20ºC)에서 5분간 접촉한 후 작업자 전이율을 조사하였다. 돈육 처리는 돈육 포장공정의 방법에 따라 돈육 표면온도 10ºC, 도마 표면온도 5ºC를 유지하였다.

식품접촉면(도마, 칼)

식품접촉면으로 포장돈육의 가공공정 작업장 작업환경을 고려하여 칼 (스테인리스 스틸: Type STS 410, Twin-Gourmet, Henckels, German, 일반 육류절단용, 칼날길이: 160 mm)과 도마(polyethylene, 430 × 375 × 13 mm)를 선정하였으며, 실험 전 세척과 살균처리를 하였다. 도마와 칼은 1 N NaOH (Yakuri Pure Chemicals, Japan) 용액에서 6시간 침지하여 1차 세척하였다. 1차 세척 후 증류수로 충분히 세척하여 잔존되어 있는 NaOH 용액을 제거하였으며, 식품접촉면의 찌꺼기(garbage)를 제거하기 위한 2차 세척에는 acetone (Junsei Chemical, Japan)을 사용하여 1시간 침지한 후, 증류수로 세척하여 실온에서 건조하였다. 2차 세척이 끝난 후 70% ethanol에 담가두어 살균처리하여 사용하였다. 실험 시 도마의 온도는 돈육의 포장(커팅)작업실의 온도 관리기준인 5ºC로 설정하였고, 1회 작업 소요시간을 고려하여 돈육과 5분간 접촉하는 것을 기준으로 실험하였다.

작업자 손

작업자의 손으로 포장돈육의 가공공정 작업장 작업환경을 고려하여 polyethylene glove (PEG, Gyeonggi province, Korea)와 면장갑(cotton glove (CG) Gyeonggi province, Korea), 맨손을 설정하였다. 각 장갑은 70% ethanol로 살균처리하였다. 그리고 clean bench (clean bench laminar flow cabinets, Jeil Scintific IND. Co., Korea)내에서 UV를 조사하며, 제균된 clean bench 순환 공기로 장갑표면의 수분이 완전히 제거될 때까지 건조한 후 사용하였다. 맨손(bare hand)은 70% 에탄올을 분무하고 비비면서 clean bench 내의 깨끗한 공기로 실온에서 손 표면의 수분이 완전히 제거될 때까지 건조한 후 실험하였다.

전이율 분석

작업자와 돈육간의 전이율 분석은 돈육의 포장공정과 동

일한 작업조건 및 방법으로 실시하였다. 첫째, 돈육 표면에 시험균 용액을 초기균수가 약 5-6 log cfu/g 또는 5-6 log cfu/surface가 되게 한 후, 돈육에서 작업자 손(PEG 착용, 면장갑 착용, 맨손) 및 식품접촉면(도마, 칼)으로의 전이율을 분석하였다. 둘째, 맨손에 시험균 용액을 접종한 후 작업자 손에서 식품접촉면(도마, 칼) 및 돈육으로의 전이율을 분석하였다.

돈육에서 작업자 손 및 식품접촉면으로의 전이율 분석

살균 처리된 돈육(5 × 5 × 2 cm)의 표면에 시험균 용액 1 mL를 골고루 접종하고, clean bench의 깨끗한 공기로 표면의 물기가 마르도록 실온에서 15분간 건조하였다. 멸균처리된 도마에서 오염된 돈육을 PG 착용, 면장갑 착용, 맨손으로 멸균된 칼을 이용하여 각각 작은 조각(1 × 1 × 1 cm)으로 5분간 절단하였다. 절단한 후 도마는 1 mL 멸균수로 2회 세척한(10 × 10 cm 범위) 후 pipette으로 sampling (2 mL)하고, 동일한 부위의 표면을 swabbing(멸균수 8 mL 이용)한 후 세척액과 swabbing용액을 혼합(10 mL)하여 이를 시험용액으로 사용하였다. 각 돈육 가공공정 중 맨손에 대한 시험 용액은 멸균수 100 mL가 들어 있는 stomacher bag에서 2분간 손을 행군 용액을 사용하였다. 면장갑은 멸균수 100 mL가 들어 있는 stomacher bag에 넣고 stomaching한 것을 시험용액으로 하였으며, PEG는 멸균수 100 mL를 PG 내부에 채우고 2분 정도 흔든 후 그것을 stomacher bag에 넣고 stomaching한 것을 시험용액으로 하였다. 사용된 칼은 칼 전체를 swabbing 하고 돈육은 멸균수로 10배 희석하여 stomaching한 후 시료로 사용하였고 3회 이상 반복하여 실험하였다.

작업자로부터 돈육 및 식품접촉면으로의 전이율 분석

1 mL 시험균용액을 한쪽 맨손에 떨어뜨린 후 양손으로 비비고, 약 10분 동안 건조시켰다. 멸균 처리된 도마에서 PEG 착용, 면장갑 착용, 맨손 순으로 사전에 살균 처리된 돈육을 칼을 이용하여 작은 조각(1 × 1 × 1 cm)으로 절단하면서 접촉하였다. 나머지 시료채취 방법은 돈육에서 작업자의 손 및 식품접촉면으로의 전이율 분석방법과 동일한 방법을 사용하였다.

균수 측정

*Listeria monocytogenes*의 균수 측정을 위해 modified Oxford (MOX) agar (Difco, Becton Dickinson and Company Sparks, USA) 배지를 이용하였고, 30°C에서 48시간 이상 standard plate 방법[14]을 이용하여 colony수를 측정하였으며, 3회 이상 반복하여 실시하였다.

전이율 계산

돈육 등에서의 접종된 *Listeria monocytogenes*의 전이율은 제공된 조직(source)의 초기균수에 대하여 부착 후 잔류(destination)된 균수의 비율로서 다음 식[15]에 의해 산출하였다.

Transfer rate (%) = (CFU on destination / CFU on source) × 100

통계분석

돈육에서 작업자 손 및 식품접촉면으로, 작업자로부터 돈육 및 식품접촉면으로의 전이율은 SPSS Ver. 10.1 (SPSS Inc. Chicago, MD, USA)[16]을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하고 차이 유무를 ANOVA로 분석을 한 뒤 유의적($p < 0.05$) 차이를 Tukey법으로 검증하였다[17].

결과 및 고찰

돈육에서 작업자 손 및 기구로의 *Listeria monocytogenes* 전이율

돈육 포장육 가공공장에서 작업자는 polyethylene glove (PEG) 착용, 면장갑(cotton glove; CG) 착용 혹은 맨손으로 작업하고 있으므로 이와 유사한 작업조건을 조성하여 실험하였으며, *L. monocytogenes*에 오염된 돈육으로부터 PEG, 면장갑, 맨손, 도마, 칼에 대한 교차오염 전이율은 Table 1과 같다. 오염된 돈육에서 작업자로의 전이율은 면장갑이 100.00%로 가장 높았고, 맨손 2.513%, PEG가 1.511% 순이었다. 이러한 결과는 면장갑의 상대적으로 높은 흡수성이 오염미생물 전이율에 영향을 미치고 있음을 알 수 있는데, 이는 Jimenez 등[18]이 실험한 *L. monocytogenes* 전이율 46.56%과 같은 경향의 결과였고, Gill 등[19]이 수행한 *Escherichia coli*의 육류로부터의 전이율이 면장갑, 맨손, 고무장갑 순으로 나타난 것과 유사하게 면장갑에서 가장 높은 전이율을 보였다($p < 0.05$). 특히, 면장갑은 면장갑으로 전이된 균이 다시 맨손으로의 오염 전이(0.08%)가 이루어지지만, PEG에서 맨손으로는 오염전이율이 0%인 것에 비해 높은 것으로 나타났다. 이 결과는 Montville 등[20]이 수행한 PEG의 *Enterobacter aerogenes* 교차오염 전이율 0.01%이라는 매우 낮은 결과와 유사하며, 결론적으로 PEG가 안쪽 손으로의 교차오염에 대한 차단성이 좋은 것으로 해석할 수 있다. PEG를 착용하고 작업하는 경우 돈육으로부터의 *L. monocytogenes* 교차오염 전이율은 도마 3.791% (log 5.941 CFU/cm^2), 칼 0.673% (log 5.192 CFU/cm^2)이었고, 면장갑의 경우는 도마 2.902% (log 5.942 CFU/cm^2), 칼 0.352% (log 5.020 CFU/cm^2), 맨손의 경우는 도마 1.681% (log 5.852 CFU/cm^2), 칼 1.001% (log 5.631 CFU/cm^2)로 도마의 경우 전이율에 큰 차이점을 찾을 수 없었으나, 칼의 경우는 면장갑 착용시 가장 낮은 전이율을 나타냈다. 따라서 작업장에서의 종사자 맨손과 관련하여 면장갑 착용시 반드시 PEG 등의 장갑을 덧착용이 필요하며, 면장갑 단

Table 1. The transfer rate of *Listeria monocytogenes* from pork meat to worker's hands (wearing polyethylene glove, cotton glove and bare hand), cutting board and knife in pork cutting processing

(Log CFU/cm^2)

Workers' group	Contamination source	Transfer destination				
		Workers' hand				
	Initial inoculated to pork meats	Polyethylene glove (PEG)	Cotton glove (CG)	Bare hands	Cutting board	Knife
Wearing PG	7.370 ± 0.132*	5.541 ± 0.842 (1.511 ± 0.001)**1	-	0.000 ± 0.001 (0.000 ± 0.001)^{4,C}	5.941 ± 0.159 (3.791 ± 0.348)^{2,C}	5.192 ± 0.146 (0.673 ± 0.015)^{3,B}
Wearing CG	7.480 ± 0.124	-	7.643 ± 0.384 (100.000 ± 0.153)^{1}	4.362 ± 0.653 (0.081 ± 0.003)^{2,B}	5.942 ± 0.485 (2.902 ± 0.147)^{2,A}	5.020 ± 0.009 (0.352 ± 0.017)^{2,B}
Bare hands	7.630 ± 0.118	-	-	6.031 ± 0.481 (2.513 ± 0.058)^{2,A}	5.852 ± 0.318 (1.681 ± 0.483)^{1,B}	5.631 ± 0.101 (1.001 ± 0.007)^{2,A}

*Value = mean ± S.D.
**( ): transfer rate (%). Different upper numbers (1, 2, 3) within column and letters (A, B, C) within rows indicate a significant difference in transfer rate($p < 0.05$).

Table 2. The transfer rate of *Listeria monocytogenes* from worker's hands (wearing polyethylene glove, cotton glove and bare hand) to pork meat, cutting board and knife in pork cutting processing

(Log CFU/cm^2)

Workers' group	Contamination source	Transfer destination		
	Initial inoculated to pork meats	Cutting board	Knife	Meat
Wearing Polyethylene glove (PEG)	7.980 ± 0.118*	3.651 ± 0.312 (0.047 ± 0.001)**^{3,A}	5.133 ± 0.148 (0.141 ± 0.087)^{1,A}	4.721 ± 0.194 (0.055 ± 0.007)^{1,A}
Wearing Cotton glove (CG)		3.402 ± 0.131 (0.003 ± 0.001)^{2,B}	3.001 ± 0.109 (0.001 ± 0.001)^{2,B}	4.691 ± 0.113 (0.052 ± 0.001)^{1,A}
Bare hands		3.072 ± 0.113 (0.001 ± 0.001)^{1,C}	3.001 ± 0.238 (0.001 ± 0.001)^{2,B}	3.004 ± 0.301 (0.001 ± 0.001)^{2,B}

*Value = mean ± S.D.
**( ): transfer rate (%). Different upper numbers (1, 2, 3) within column and letters (A, B, C) within rows indicate a significant difference in transfer rate($p < 0.05$).

독착용 작업시 종사자의 맨손으로 균이 재전이됨에 따라 종사자의 보건위생에도 위험하므로 면장갑의 사용을 적극 억제가 필요하다고 사료된다. 또한 비교적 위생처리가 용이한 칼보다 도마가 약 2배의 전이율을 보임에 따라 도마에 대한 보다 철저한 위생관리가 요구된다. Hilton 등[21]이 면장갑과 비슷한 재질로 볼 수 있는 섬유재질인 주방행주에 *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*와 *Campylobacter*의 존재에 대한 실험에서 주방행주가 높은 수준으로 박테리아에 감염될 수 있으며, 이들 미생물이 식품접촉면으로 전이될 가능성이 있다고 보고하였다.

작업자로부터 돈육 및 기구로의 *Listeria monocytogenes* 전이율

작업자 손(PEG 착용, 면장갑 착용, 맨손)에 접종한 *L. monocytogenes*의 도마, 칼, 돈육으로의 교차오염 전이율 분석결과는 Table 2와 같다. PEG를 착용하고 작업한 실험에서 전이율은 칼 0.141%, 돈육 0.055%, 도마 0.047% 순이었으며, 면장갑 및 맨손 작업의 경우보다 전이율이 월등히 높았다. 오염된 돈육으로부터의 작업자의 손과 기구로의 전이율보다 PEG를 착용하고 하는 작업에서 칼, 돈육, 도마로의 전이율이 상대적으로 높은 원인을 본 실험에서는 명확히 밝힐 수는 없었으나, 원료육의 오염이 작업공정에서 미치는 영향이 우선적으로 작용하므로 오염된 원료육이 입고되지 않도록 입고 및 보관관리가 선행되어야 함을 파악할 수 있었다. 오염된 돈육으로부터 작업자의 손과 기구로의 전이율은 작업자 손으로부터 돈육 및 기구로의 전이율에 비하여 상당히 높은 수준이었다. 이러한 결과는 유사연구인 Jimenez 등[18]이 보고한 green bell peppers로부터 장갑으로의 *Salmonella* Typhimurium 전이율이 46.56%이고, 역으로 오염된 맨손에서 green bell peppers로의 전이율은 0.21%라는 연구결과와 유사하였다.

돈육 작업공정에서의 교차오염은 돈육에서 손 또는 장

갑, 도마, 칼 등으로 전이될 수 있고, 이들이 다시 돈육에 오염될 수 있음을 보여주는 것으로 안전한 식품생산을 위해서는 이러한 교차오염의 연속성을 차단하는 것이 무엇보다 중요하다. Zhao 등[22]은 식품주방에서 전처리중에 손, 도마, 칼로부터 병원성미생물의 교차오염 발생과 오염제거 효능을 측정을 위해 *Salmonella* spp.와 부착특성이 유사한 지표세균 *Enterobacter aerogenes* B199A를 사용하여 초기 균수 10^6 CFU로 접종한 닭고기 피부에서 도마, 손세척액에 약 10^3~10^4 CFU의 *E. aerogens*가 도마와 손으로 전이되었다고 보고하였다.

축산물을 포함한 식품제조공정에서 실제 교차오염 발생은 본 연구에서와 같이 단순하지는 않을 것이며, 작업자 손뿐만 아니라 공기를 통해서도 오염이 가능할 것으로 사료된다. 칼이나 도마 이외의 많은 시설이나 기구 등이 직접적인 오염원 또는 교차오염원에 해당될 수 있으며 또한, 식품의 물성(액상, 고상 등)과 접촉강도 및 시간도 오염에 영향을 줄 수 있다[23]. 따라서 좀 더 정확한 교차오염 전이율 도출을 위해서는 실제 작업공정에서 이루어지는 것보다 많은 공정별 여러 변수를 고려한 더 많은 연구가 수행되어야 하겠다. 본 연구에서 얻어진 교차오염 전이율은 MRA에서 좀 더 정확한 추정을 위해서 입력변수의 하나로 활용할 수 있으므로, 여러 인자가 포함된 전이율 모델개발이 필요한 것으로 파악되었다.

요 약

본 연구에서는 포장돈육 가공공정에서 교차오염의 정도를 알아보기 위하여 실제 돈육 가공공정에서 돈육과 빈번하게 접촉하는 작업자의 손(polyethylene glove 착용, 면장갑 착용, 맨손) 및 작업도구(칼, 도마)를 대상으로 각각에 대하여 *Listeria monocytogenes*의 상호 교차오염 전이율을 분석하였다. 오염된 돈육에서 작업자로의 전이율은 면장갑이 100.00%로 가장 높았고, 다음이 맨손 2.513%, PEG 1.511% 순으로 나타났다. 특히, 면장갑의 경우 면장갑으로 전이된 균이 다시 맨손으로의 재오염 전이(0.08%)가 이루어지는 것으로 나타났으며, 오염된 돈육에서 칼과 도마로의 전이율은 0.352-3.791%이다. 반대로 오염된 작업자로부터 돈육 및 기구로의 전이율은 0.001-0.141%로 전체적으로 오염된 돈육으로부터의 작업자의 손과 기구로의 전이보다 상당히 낮은 수준으로 전이되었다. 따라서 PEG 착용이 작업공정에서의 교차오염을 줄이거나 예방하는 효과를 얻을 수 있는 것으로 파악되었다. 축산물 작업공정에서의 교차오염은 원료육에서 손 또는 장갑, 도마, 칼 등으로 오염이 전이되고 이들이 다시 돈육을 오염시킬 수 있으므로, 안전한 식품생산을 위해서는 이러한 교차오염의 연속성을 차단하는 것이 무엇보다 중요함을 확인하였다.

참고문헌

1. Codex Alimentarius Supplement to Volume I : General Requirement. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, (1995).
2. Bean, N. H. and Griffin, P. M. : Foodborne disease outbreaks in the United States, 1973-1987; pathogens, vehicles and trends. *J. Food Prot.*, **53**, 804-810 (1990).
3. Hancock, D. D. : The prevalence of *Escherichia coli* 0157:H7 in dairy and beef cattle in Washington State. *Epidemiol. Infect.*, **113**, 199-207 (1994).
4. Blaster, M. J. : *Campylobacter jejuni* and food. *Food Technol.*, **36**, 89-93 (1982).
5. Farber, J. M. and Peterkin, P. L. : *Listeria monocytogenes*, a food-borne pathogen. *Microbiol. Rev.*, **55**, 476-511 (1991).
6. USA-FSIS : Nationwide beef microbiological baseline data collection program. pp. 1992-1993 (1994).
7. USDA : National Forum on Animal Production Food Safety. pp. 1-180 (1995).
8. Sammarco, M. A., Ripabelli, G., Ruberto, A., Iannitto, G. and Grasso, G. M. : Prevalence of *Salmonellae, Listeriae, Yersiniae* in the Slaughterhouse environment and on work surface, equipment and workers. J. *Food Prot.*, **60**, 367-371 (1997).
9. 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**, 199-206 (1999).
10. Korea Food and Drug Administration : The report of foodborne illness in Korea, (2008).
11. Lim, D. S., Kang, H. G., Kim, Y. G. and Kim, C. H. : Study on pursuit of contamination sources and establishment of sanitary standard from raw pork meat. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.*, **21**, 149-155 (2001).
12. Little, C. L., Richardson, J. F. and Owen, R. J. : *Campylobacter* and *Salmonella* in raw red meats in the United Kingdom: prevalence, characterization and antimicrobial resistance pattern. *Food Microbiol.*, **25**, 538-543 (2008).
13. Montville, R., Chen, Y. and Schaffner, D. W. : Glove barriers to bacterial cross-contamination between hands to food. *J. Food Prot*. **64**, 845-849 (2001).
14. FDA : Bacteriological analytical manual. 8th Ed, rev. A. AOAC, Gaithersburg, Md., (1998).
15. Savitri, V., Aisha, N., Christine, E. R., Dodd, C., Rees, E. D. and Will, M. W : Effect of *Flagella* on Initial adherence of *Listeria monocytogenes* to stainless steel. *Appl Environ Microbiol.*, **66**(2), 860-863 (2000).
16. SPSS. Statistical Package for Social Sciences for Windows. Rel. 10.1. SPSS Inc. Chicago, MD, USA (1999).
17. Jung, C. Y. and Choi, L. G. : SPSSWIN for Statistics Analysis, Ver. 10.0, 4th ed. Muyok Publishing Co., Seoul, Korea. pp. 276-283 (2002).
18. Jimenez, M., Siller, J. H. and Valdez, J. B. : Bidirectional *Salmonella enterica serovar* Tphimurium transfer between bare/glove hands and green bell pepper and its interruptions. *Int. J. Environ. Health Res*. **17**, 381-388 (2007).

19. Gill, C. O. and Jones, T. : Effects of wearing knitted or rubber gloves on the transfer of *Escherichia coli* between hands and meat. *J. Food Prot*. **65**, 1045-1048 (2002).
20. Montville, R., Chen, Y. and Schaffner, D. W. : Glove barriers to bacterial cross-contamination between hands to food. *J. Food Prot.*, **64**, 845-849 (2001).
21. Hilton, A. C. and Austin, E. : The kitchen dishcloth as a source of and vehicle for foodborne pathogens in a domestic setting. *Inter. J. Environ. Health Res.*, **10**, 257-261 (2000).
22. Zhao. P., Zhao. T., Doyle, M. P., Rubino. J. R. and Meng, J. : Development of a model for evaluation of microbial cross-contamination in the kitchen. *J. Food Prot*. **61**(8), 960-963 (1998).
23. Schaffiner, D. W. : Models-what comes after the next generation?. *In*: *Modeling microbial reponses in food*, 3rd Ed. (McKellar, R. C. and Lu, X) CRC Press, New York, USA. pp. 304-307 (2004).