

Quantitative Microbial Risk Assessment를 이용한
돈육의 유해 미생물 관리시스템 개발

Development of Control System for Hazardous
Microorganisms in Pork Meat Using Quantitative
Microbial Risk Assessment

연구기관
한국식품연구원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “Quantitative Microbial Risk Assessment를 이용한 돈육의 유해 미생물 관리시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006 년 7 월 14 일

주관연구기관명 : 한국식품연구원

총괄연구책임자 : 김 윤 지

세부연구책임자 : 김 윤 지

세부연구책임자 : 곽 창 근

연 구 원 : 김 영 호

연 구 원 : 이 남 혁

연 구 원 : 오 세 욱

연 구 원 : 이 종 경

협동연구기관명:국립수의과학검역원

협동연구책임자 : 정 석 찬

위탁연구기관명 : 충북대학교

위탁연구책임자 : 송 양 훈

요 약 문

I. 제 목

Quantitative Microbial Risk Assessment를 이용한 돈육의 유해 미생물 관리시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

도축규모별 국내 도축장의 공정별 병원성 (*Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*) 또는 일반 미생물 수준 차를 종합적으로 검토하고, 유통 중 돈육의 미생물 변화를 추이하여 quantitative microbial risk assessment 기술을 적용하여 국내산 돈육의 병원성 미생물 에 대한 위해관리시스템을 구축하기 위한 모델을 개발하고자 함.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 1차년도

(1) 연구목표

도축 규모별 도축장의 병원성(*Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*) 및 일반 미생물 수준 평가 및 국산 돈육의 유통 중 병원성, 일반 미생물 수준 변화 평가

(2) 내용 및 범위

- o Risk analysis 관련 국내외 동향 파악 및 분석
 - 미국, 캐나다, 호주 등의 risk assessment 연구 동향에 관한 지속적인 자료 수집 후 분석
 - 국외에서 실시하는 risk analysis 자료 분석에 따른 연구 방법 제공
- o 원료육 생산시 병원성 미생물 발생 빈도 및 수준 평가(1차)
 - 국내 도축장 분류별 대상 도축장 선정
 - 도축 규모별 도축장의 병원성 미생물 및 일반 미생물 수준 조사실험
 - 병원성 미생물은 *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*을 대상으로 실시함. 각 작업 공정별에 따른 일반 미생물 수준 조사를 병행 함.
- o 유통 중 국산 돈육의 *Salmonella* spp. 수준 변화 평가
 - 적정 온도에서 유통되는 부분육에 대한 미생물 수준 평가
 - 온도 변화가 크거나, 높은 온도에서 유통된 부분육의 미생물 수준 평가

- 일반 재래식 정육점에서 비포장 상태로 유통되는 조건에서의 미생물 수준 평가
- o Stochastic QRA 모델 연구
 - 도축 공정별 미생물 수준에 대한 유기적 관계를 계량화하기 위한 기본적 모형 연구
 - SQRA data 확보를 위한 실험디자인

2. 2차년도

(1) 연구목표

도축 규모별 도축장의 병원성, 일반 미생물 수준 평가 및 식육 조리방법, pathogen 섭취량 평가

(2) 내용 및 범위

- o Risk analysis 관련 국내외 동향 파악 및 분석
 - 축산식품(생육)의 소비량 조사
 - 조리 및 가공 패턴에 따른 소비형태 조사(구매량, 구매빈도, 조리방법, 외식 vs가정 등)
- o 원료육 생산시 병원성 미생물 발생 빈도 및 수준 평가(2차)
 - 도축규모별 도축장의 병원성 미생물 및 일반 미생물 수준 조사실험
 - 병원성 미생물은 *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*을 대상으로 함. 각 작업 공정별에 따른 미생물 수준 조사를 병행 함.
- o 유통 중 국산 돈육의 *Listeria monocytogenes* 수준 변화 평가
 - 적정 온도에서 유통되는 부분육에 대한 미생물 수준 평가
 - 온도 변화가 크거나, 높은 온도에서 유통된 부분육의 미생물 수준 평가
 - 일반 재래식 정육점에서 비포장 상태로 유통되는 조건에서 미생물 수준 평가
 - 단체급식용 돈육에서의 미생물 수준 평가
- o Stochastic QRA 모델 연구
 - 도축장 공정별 병원성 미생물 변화 추이 모형개발
 - 공정별 병원균 성장모형, 위생처리에 의한 병원균 감소 모형

3. 3차년도

(1) 연구목표

국산 돈육으로부터 *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*에 대한 risk assessment model 개발

(2) 내용 및 범위

- o Risk analysis 관련 국내외 동향 파악 및 분석
 - 연령별, 성별로 분류하여 선호 조리방법을 조사하고 월단위 또는 년 단위로 섭취하는 양을 조사
 - 조사된 1회 섭취량에 포함될 수 있는 병원성 미생물 수준 평가
- o 국내 도축장의 HACCP 체계 검토
 - 도축장 규모별 미생물 수준 조사결과를 종합, 활용하여 국내 HACCP 체계의 문제점 도출
 - HACCP 체계를 보완하기 위한 개선책 제안
- o 유통 가공 단계별 병원성 미생물 변화 추이 모형 개발
 - 가공, 저장에 따른 미생물 변화 추이모형 연구
- o Simulation
 - 수집된 요인들을 활용하여 Monte Carlo 방법을 이용한 stochastic simulation

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

가 연구결과

1. Risk analysis 관련 국내외 동향 파악 및 분석

식품의 미생물학적 위생 수준을 효과적으로 향상하기 위하여 선진국에서 개발되고 있는 정량적 미생물 위험평가 기술은 아직도 관련된 여러 방면의 자료가 부족한 실정이며 각 나라별로 식습관이나 조리습관 등이 다양하여 실정에 맞게 변형된 기술개발이 필요하다. 본 연구에서는 선진국에서 개발된 기술을 자료를 이용하여 습득, 분석하고 아울러 국내에서 선행된 MRA 유사 연구를 분석하였다. 돈육과 관련된 생산, 유통, 소비관련 자료를 문헌, 설문조사, 인터넷 자료 등을 이용하여 수집하고 수학적 모형연구 자료로 제공하였다.

2. 도축장 위생 현황, 병원성 미생물 추이 모형, HACCP 체계 검토

2-1. 도축장 병원성 미생물 발생 빈도 및 수준 평가

도축장의 작업량 및 위생수준을 고려하여 8개 도축장을 선정한 다음 도축 공정별로 미생물 오염도(총균수, 대장균, *Salmonella* spp. *Listeria monocytogenes*) 및 도축단계별로 위생관련 50여개 항목을 조사하였다. 전반적으로 국내 도축장의 위생 수준은 HACCP system을 도입하고 상당 수준 개선된 것으로 분석되나 농가계열화, 계류시간, 면장갑 사용, 항문 및 식도 결찰, 예냉실 온도관리 등에 대

한 개선이 필요한 것으로 나타났다. 또한 도축장의 종업원수 및 전체적인 물 사용량, 시간당 작업두수, 도축소요시간 등은 도축 규모와 관계없이 상당히 차이가 있는 것으로 나타나 충분한 검토가 필요할 것으로 사료된다. 식육에서의 일반세균수 오염 권장기준 10^5 이상 CFU/cm²인 시료는 없었으며, 10^4 - 10^5 미만 CFU/cm²인 시료가 15개 시료(1.8%)였고 나머지 모든 시료(약 98.2%)가 10^4 미만 CFU/cm²으로 나타났다. HACCP system 적용 돼지 도축장의 경우 대장균수 최대허용한계치인 10^4 이상 CFU/cm²인 시료는 없었고, 10^2 - 10^3 미만 CFU/cm²인 시료가 1개 시료로 0.1%였고, 10^1 - 10^2 미만 CFU/cm²인 시료는 30개 시료로 3.6%였으며, 10^1 미만 CFU/cm²인 시료가 809개로 96.3%로 나타나 지육에 대한 도축장에서의 분변오염 수준은 매우 위생적인 것으로 나타났다. 도축장 도체에서의 *Salmonella* spp. 및 *Listeria monocytogenes* 오염율은 1.9%(16/840)였고, 균종별 오염율은 *Salmonella* spp. 0.36%, *Listeria monocytogenes* 1.54%였다

2-2. 도축공정별 병원성 미생물 변화 추이 모형개발

2-1에서 얻어진 총균수, *E. coli*, *Salmonella* spp., and *Listeria monocytogenes*에 대한 정성 정량 자료와 50여 가지의 미생물 증감에 관련된 요인에 대한 조사 자료를 이용하여 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석은 2가지 시나리오에서 2가지 모델을 적용하여 실시하였다. 이때 얻어진 결과를 비교하여 어느 시나리오와 모델을 조합하였을 때 오염빈도에 대한 요인의 효과를 정량화하는데 적합한지를 비교하였다. 가장 적절한 모델은 병원성 미생물이 5번 이상 검출되었을 때 dummy variables을 1로하고 그렇지 않을 경우 0으로 한 모델이 적합하였고 단순회귀분석이 다중회귀분석보다 적합한 것으로 분석되었다. 변수를 선택할 때는 유의도보다 계수 크기 순으로 취하는 것이 적합하였다.

2-3. 국내 도축장의 HACCP 체계 검토

현재 국내 도축장 HACCP 체계에서 계류시간에 대한 권장 사항이 있지만 도축장에서 이행하는 정도가 매우 낮는데 회귀분석결과 계류시간이 1시간 늘어나면 미생물 검출확률이 13% 감소하므로 계류시간이 중요한 요인으로 이에 대한 지도가 요구된다. 탕박조 크기에 대한 지도 사항은 현재 제시되고 있지 않으나 분석결과 탕박조 크기가 1ton 증가할 때 미생물 검출율이 3% 감소하므로 탕박조 크기에 대한 지도가 필요하다. 또한 회귀분석결과 전살에서 내장적출까지의 소요시간이 증가하면 미생물 검출 확률이 감소하는 반면 내장 적출에서 예냉실까지의 소요시간이 감소하면 미생물 검출확률이 감소한다.

미생물 실험 및 현황분석결과 예냉실 온도와 풍속이 커질수록 미생물 검출이 증대함. 지육의 초기(12h 이내) 온도 강하를 신속히 하는 것이 매우 중요하고 또한

예냉실의 공기오염 관리가 필요하다. 예냉실 입고시 12시간 이후의 지육의 중심 온도가 HACCP작업장의 권장온도인 4.5°C보다 높게 유지하는 작업장이 절반 이상을 차지하고 있어서 이들에 대한 개선이 필요하다.

3. 가공장, 판매육 위생 현황 및 병원성 미생물 추이 모형

3-1. 가공장 병원성 미생물 발생 빈도 및 수준 평가

6개 돈육 가공장의 작업 공정별 미생물분석을 실시한 결과 도체의 가공단계 별 일반세균수는 예냉실에서는 $10^3\sim 10^4$ CFU/cm² 수준이 45%, 절단 과정에서는 업체별로 10⁰미만에서 10⁵로 넓게 분포하고 있었다. 발골단계에서는 $10^4\sim 10^5$ CFU/cm² 의 높은 수준의 시료는 없었으나 정형과정에서 미생물 수준이 증가하는 것으로 나타났다. 대장균수는 129개 시료에서 대장균이 검출되는데 모두 10⁰미만 CFU/cm² 수준이었다. *Salmonella*는 1개 작업장에서 검출되었으나 *Listeria*는 6개 업체 중 4개 업체에서 검출되었다. 검출된 *Listeria*는 *L. welshimeri*, *ivanovii*, *monocytogenes*, *seeligeri*, *innocua*이었으며 *L. monocytogenes*, *innocua*의 검출율이 0.8%였다.

3-2. 판매육 병원성 미생물 발생 빈도 및 수준 평가

대형 유통점에서 판매되고 있는 돈육의 일반미생물 분포 수준은 10¹-10⁶ 수준이었고 *L. monocytogenes*의 검출율은 2.17%인 것을 포함하여 *Listeria* spp.의 검출율은 18.48이었다. *Salmonella* spp.의 검출율은 1.09% 수준이었다. 계절적으로 온도가 낮은 겨울의 시료에서 다른 계절에 비하여 일반세균수가 1-2 log 수준으로 낮은 균수를 보여주었으며 기타 계절에서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 대장균 분포에서는 여름 가을 시료에서 3 log 수준의 대장균이 검출된 시료가 1개씩 있었으나 계절에 따른 큰 차이는 없는 것으로 분석 되었다.

경기도 일대의 재래식 정육점에서 돈육을 구입하여 분석한 결과 일반세균은 10²-10⁴ 수준이 가장 많아서 80% 이상이었으므로 일반세균수준에서는 문제가 없는 것으로 나타났다. *Salmonella* spp. 2.34% 검출되어 대형 마트 시료보다 2배 높게 검출되었다. *Listeria* spp. 는 25% 정도 양성으로 나타났으며 수준은 10¹ 미만으로 낮은 수준이었다. *L. welshimeri*가 가장 분포도가 높았고 *L. monocytogenes*도 1개 시료에서 검출되었다.

3-3. 유통 가공 단계별 병원성 미생물 변화 추이 모형 개발

본 연구의 3차년도 연구목적은 국내산 돈육(냉장삼겹살 및 목살)의 소비단위 (1인분; serving)에 오염된 *Salmonella* spp. 와 *Listeria monocytogenes*에 대한

위험평가(Risk Assessment)모형의 개발이다. 1-2차년도에서는 도축장에서의 위해요소관리를 위하여 도축장내에서의 병원성 미생물의 검출위험(검출확률)이 도축장내의 어떠한 요소에 의하여 결정되는가를 연구하였고, 3차년도에서는 도축장을 떠난 돈육이 최종소비자에게까지 이르는 동안 어떠한 요소에 의하여 얼마만큼 증식되어 위해요소가 되는가를 SQRA(Stochastic Quantitative Risk Assessment) 모형을 구성하여 평가하고 관리체계를 제안하는 것을 목적으로 하고 있다.

위의 목적달성을 위하여 본 연구에서는 USDA(1998)에서 이루어진 생란(生卵)의 *Salmonella Enteritidis* 위해성 평가모형을 기본으로 하여 위해관리모형을 개발하였다. 돈육의 유통은 매우 복잡하여, 있는 그대로를 모형화하는 것이 매우 어려우며, 모든 유통단계-유형별로 신뢰할 만한 실측자료를 구하는 것도 불가능하다. 따라서, 도축장(1차 오염)-육가공장/도매상(2차 오염)-소매(백화점/할인마트-정육점, 3차 오염)단계의 3단계로 대별하여 단순화하여 구성하였다.

이러한 유통단계를 거치는 동안의 병원성 미생물증식을 추적하기 위해서, 위해성이 각 최종소비단계의 개개 소비자의 serving(소비단위;1인분)에서 문제가 되는 점에 착안, 도축장 출고 시 중량을 serving 수로 변환하고, 이들 중 병원성미생물에 오염된 serving을 추적하여 1차(도축장), 2차(육가공공장 등 유통가공단계), 3차(백화점/정육점 등 소매단계), 1-2차, 2-3차, 1-3차 중복 오염 가능성을 계산하여 유통단계별, 오염도별 serving 수량을 추정하였다.

오염된 serving을 추적할 수 있게 한 후, 구체적으로 미생물이 어떻게 증식하는가는 USDA의 PMP(Pathogen Modeling Program) Version¹⁾에서 이용된 Gompertz Function 및 이와 관련된 문헌을 이용하여 계수를 추정하여 성장함수를 추정하였다.

복잡한 유통구조에서 돈육의 병원성미생물의 수준에 영향을 미칠 수 있는 변수들은 온도, 시간, pH, NaCl 등이 있는 것으로 알려져 있다. 이들 중 공통적으로 영향을 미치면서 유통단계별로 편차가 있을 것으로 판단되는 온도와 시간만을 변수로 하여 평균값기반모형(Mean-based Model)을 구성하였다. 모형의 결과(Weighted Average of Estimated Contamination Level)를 표본실측치(Average Contamination Level of the Samples)와 비교해 보면 정육점에서의 *Listeria*를

1) ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=6786 2006년 7월11일 현재.

제외하고는 1 Log10 범위 내에서 접근하고 있음을 알 수 있다.

가장 오염빈도가 높은 곳은 *Salmonella*나 *Listeria* 모두 소매단계(백화점/할인마트, 정육점)이며 *Listeria*의 경우 *Salmonella* 보다 상대적으로 많은 오염이 소매 단계에서 일어난다는 것을 알 수 있다. 따라서 미생물병원균 outbreak의 효과적인 억제 를 위해서는 도축-가공/도매 단계보다는 소매단계의 관리가 더 중요함을 알 수 있다. 오염도가 가장 높은 경우는 도축-가공/도매-소매 단계 모두에서 추가적으로 오염된 경우이나 발생률은 매우 작은 것을 알 수 있다. 또한 전체적으로 *Listeria* 검출빈도가 *Salmonella*의 검출빈도보다 약 9배가량 높게 나타남을 알 수 있으며 오염도의 경우는 백화점의 *Salmonella*가 상대적으로 오염도가 적은 것으로 나타났고, 정육점의 경우는 *Salmonella*와 *Listeria*가 비슷하게 검출되는 것으로 추정되었다.

또한 평균값기반모형(모형유통 가공 단계별 병원성 미생물 변화 추이 모형)에서 변수로 고려한 온도와 유통기간의 오염도에의 영향을 비교해 보면 오염도의 변화에 온도가 유통기간보다 훨씬 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 예를 들면 정육점에서의 온도와 시간의 변화에 대한 *Listeria* 오염도변화를 탄력성²⁾을 기준으로 보면, 온도의 오염도완화탄력성(Mitigation Elasticity)은 -0.98, 시간의 오염도 완화 탄력성은 -0.64로 나타났다. 즉, 온도를 1% 감소 시킬 때 오염도는 0.98% 하락하며, 성장시간(유통시간)을 1%감소시키면 오염도는 0.64% 감소한다는 의미이다. 즉, 고려된 병원성미생물들은 시간보다 온도에 민감하므로, 예를 들어 같은 비용이 든다면 차량대수를 늘려 유통시간을 줄이는 것 보다 냉장온도를 더 낮게 유지하는 것이 미생물증식을 제어하는 더 좋은 방법이라는 결론을 내릴 수 있다. 하지만 이러한 오염완화탄력성이 오염도 관리변수의 변화에 대한 오염도의 변화민감도를 부분적으로 제공할 수 있으나 보다 전반적인 민감도분석 및 위해성평가를 가능하게 하기 위해서는 SQRA (Stochastic Quantitative Risk Assessment) 모형이 필요하게 된다.

4. @risk를 이용한 stochastic simulation

위의 평균값기반모형(Mean-based Model)까지는 Microsoft의 Excel을 이용하였고, 이를 SQRA 모형을 개발하기 위하여, Palisade의 @Risk를 이용하여 위해성 평가 모형으로 확장하였다. 즉, 위 모형은 평균값을 이용하는 모형으로 미생물 수준을 결정하는 변수가 한 개 주어지면 한 개 수치의 미생물수준을 계산하여

2) USDA(1998)의 Mitigation Elasticity 와 같은 의미를 갖으며, 경제학의 가격변화에 대한 수요변화를 계측하는 수요탄력성과 유사한 개념이다.

주는 모형이지만, SQRA 모형은 원인변수의 분포를 정해주면(예를 들어 평균값과 분산값이 알려진 정규분포) 이를 Monte Carlo 기법 또는 Latin Hyper Cube 기법³⁾을 이용하여 이 분포에 맞게 변수값을 생성하여 정한 회수 만큼 반복적으로 미생물수준을 계산한 다음, 이를 다시 일개 평균값이 아닌 분포로써 보고하는 모형이다. 이와 같이 유통단계별로(연구의 궁극적인 목표인 최종판매단계를 포함하여) 소비자들이 위해한 수준의 미생물에 얼마나 노출될 수 있는가를 계산한 결과 *Salmonella*의 오염도가 최저수준과 평균에서는 *Listeria*를 하회하였지만, 최대수준에서의 오염도는 두 병원성미생물간, 유통단계간에 있어 거의 비슷한 10^{10} 규모로 결론지을 수 있다.

평균값기반모형과 SQRA 모형의 오염도 예측이 차이가 나는 것은 모형의 문제라기 보다는 온도에 대한 오염도의 민감도가 높은 까닭이라고 판단되며 따라서 1~2도의 온도변화에도 오염도가 급상승할 수 있다는 경고를 주고 있다.

SQRA모형 측면에서 향후 연구방향을 조명해 보면 다음과 같다. 우선 보다 다양한 미생물에 대한 모형화가 이루어 져야 한다. USDA의 PMP모형은 1개 미생물단위에서 환경변수에 의해 미생물이 성장하는 것을 모형화한 것 일뿐 실제 대량으로 오염된 serving 들이 유통되는 실제시장 상황을 반영하지는 못한다. 즉, PMP는 구성요소(building block) 일 뿐 전체 오염도관리를 위해서는 적합하지 않다. 따라서 최근 발생한 Noro Virus 등 병원성미생물 이외의 다양한 위해요소들에 대한 돈육뿐만이 아닌 다른 식품에 대해서도 모형화가 이루어 져야 전반적인 식품위해를 관리할 수 있다. 둘째, 항생제의 영향 및 super bacteria의 출현 가능성을 대비해 위해성 평가 모형에서 이를 고려하여야 한다. 셋째, 조리 등 소비행태에 의한 미생물수준변화 모형화가 필요하다. 넷째, 공중보건 및 경제성평가의 모형화를 추가적으로 추진하여야 돈육위해성관리 프로그램이 실행가능한가를 가늠할 수 있다.

나. 활용건의

1. 도축공정별 미생물 추이모형 활용

개발된 도축공정에서의 미생물 추이모형은 추후 도축공정에서 새로운 시스템

3) Monte Carlo 기법과 같은 기능을 가지나 보다 효율적으로 가정된 분포에 접근하게 simulation을 가능하게 하는 기법으로 본 연구에서는 Latin Hyper Cube 기법이 사용되었다.

이나 공정을 도입할 경우 미생물 변화를 예측할 수 있는 방법으로 활용할 수 있다. 또한 새로운 균에 대한 추이 모형을 개발하는데 활용할 수 있다. 미생물 추이 모형은 궁극적으로 공정 조건이나 처리 기술이 유효성을 평가하는데도 중요하게 사용할 수 있다. 따라서 도축장의 위생관련 사항을 효과적으로 개선하는데 참고 자료로 활용할 수 있다.

2. 유통 중 미생물 추이모형 활용

도축공정별 추이 모형과 같이 유통 조건이나 환경변화에 따른 병원성 미생물의 추이를 평가하는데 활용할 수 있다.

3. 타 연구에서 병원성 미생물 정량자료 활용

본 연구에서 얻어진 병원성 미생물(*Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*)에 대한 정량 자료는 향후 다른 QMRA 연구에서 중요한 자료로 활용할 수 있다.

SUMMARY

1. Title

Development of Control System for Hazardous Microorganisms in Pork Meat Using Quantitative Microbial Risk Assessment

II. Objective and Significance of Research

To develop model of hazard microorganisms (*Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes*) control system for domestic pork meat, level of *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes*, was observed in slaughterhouse, meat processing plant, wholesale market, and so on.

III. Research contents and scope

1. Present status of risk analysis technique
2. Evaluation of level and incidence for pathogen in slaughterhouse
 - Selection of slaughterhouse for observation
 - Experiment of general microorganisms, *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* in slaughterhouse
 - Experiment of general microorganisms, *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* by processing steps
3. Evaluation of level and incidence for *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* in pork meat during distribution
 - Evaluation of level and incidence for pathogen in pork meat stored at adequate chilled temperature
 - Evaluation of level and incidence for pathogen in pork meat stored at fluctuated temperature
 - Evaluation of level and incidence for pathogen in pork meat distributed in conventional butcher shop
4. Study for Stochastic QRA model

- Basic model study to quantify relation between microorganism level and slaughtering process
 - Experimental design to obtain SQRA data
5. Examination of HACCP system for domestic slaughterhouse
 - Point out the problems of HACCP system in domestic slaughterhouse with comprehension of result of microbial evaluation and hygienic condition
 - Suggestions to improve HACCP system in domestic slaughterhouse
 6. Development of microbial change model for processing and distribution
 7. Simulation
 - Stochastic simulation with collected factors using Monte Carlo method
 - Determination of control level by processing step using sensitivity analysis

IV. Results and Recommendation

A. Results

1. Grasp and analysis of information related on risk analysis

To improve microbial quality of food, QMRA techniques have been developed in some countries. But the performance of QMRA would always be limited by the availability of data. Developments in risk assessment methodology, better microbiological data and greater computing power have made it possible to develop more sophisticated and meaningful risk assessments. Also, development of modified technique for each country because there are big differences in cooking and eating pattern and so on, In this study we learned QMRA technique through books, papers, and materials from internet, and then analyzed results of QMRA research achieved in abroad and Korea. Data related on pork meat such as production, distribution, consumption pattern and so on were collected through journals, reports, and internet, and used for model study.

2. Hygiene condition, model for microorganism change of slaughterhouse, and

review for HACCP system in slaughterhouse

2-1. Evaluation for incidence of pathogen in slaughterhouse

Microbial contamination (general bacteria, *E. coli*, *Salmonella* spp. *Listeria monocytogenes*) of 8 selected slaughterhouses by processing and above 50 factors related on hygiene were observed. Although hygiene level of slaughterhouse has been improved since introduction of HACCP system, farm affiliation, duration in lairage, cotton gloves use, temperature control of chilling room should be improved. Also, number of employee, amount of water use, number of pig processed per hour, and duration of processing per pig are quite different by slaughterhouse. Extensive considerations are required for efficiency in slaughterhouse. From the microbial examination, there was no observation in the respect of general bacteria those level was over the recommended standard (10^5 CFU/cm²) in HACCP system for pork meat. Fifteen samples (1.8%) showed 10^4 – 10^5 CFU/cm², but rest of samples (98.2%) showed below 10^4 CFU/cm². For *E. coli*, all of the samples was below the recommended standard (10^4 CFU/cm²) and 809 samples (96.3%) showed below 10^1 CFU/cm². Contamination rates of *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* of carcass in slaughterhouse were 0.36% and 1.54%, respectively.

2-2. Development of model for microorganism change during slaughtering process

The incidences for general bacteria, *E. coli*, *Salmonella* spp, and *Listeria monocytogenes* were obtained. Also, over 50 factors of slaughtering process are considered to relate the incidence and causes of microorganisms. The regression analyses were done under 2 scenarios and 2 models, and then results were compared to suggest a better combination of scenario model and to quantify the effects of processing factors on the incidence of contamination. The best fit probability model is suggested to be composed of dummy variables of 1 if pathogens were detected 5 or more times and dummy variables of 0 otherwise. A simple regression was found to be more appropriate than multiple regressions in analyzing the causal relationship. When selecting variables, it is proposed to include variables in the order of coefficient size, rather than statistical significance.

2-3. Suggestions to improve HACCP system in domestic slaughterhouse

From the result of regression study, detection rate of microorganism in carcass decrease in 13%, when duration in lairage increase 1hour. This result indicate that duration in lairage is important factor for lowering the rate of microbial contamination in carcass. Scalding vessel size was found as important factor in decreasing the rate of microbial contamination in carcass(if size of scalding vessel increase 1 ton, detection rate decrease in 3%). Also from the regression study, if duration time from stunning to evisceration increased ,but duration time from evisceration to chilling room decreased, probability of microbial detection in carcass decreased. From the result of microbial test and analysis of factor related on hygiene, temperature and wind speed in chilling room affect probability of microbial detection in carcass. Fast temperature down of carcass(within 12 hour) was very important in decreasing probability of microbial detection in carcass.

3. Hygiene condition of meat processing plant and pork meat product in market and model for microorganism change

3-1. Evaluation for incidence of pathogen in meat processing plant

From the result of microbial test for carcass in meat processing plant by processing step, level of general bacteria were $10^3\sim 10^4$ CFU/cm² (45%) in chilling room, below $10^0\sim 10^5$ CFU/cm² in cutting step, and below 10^3 CFU/cm² in deboning step. *E. coli*, was detected on 129 samples with the level of below 10^0 CFU/cm². *Salmonella* was detected in only 1 meat processing plant, but *Listeria* was detected in 4 meat processing plants. Serovars of *Listeria* detected in meat processing plant were *L. welshimeri*, *ivanovii*, *monocytogenes*, *seeligeri*, and *innocua*. Among those, detection rate of *L. monocytogenes* and *innocua* was 0.8%

3-2. Evaluation for incidence of pathogen in pork meat from market

General bacteria level in pork meat purchased from wholesale market was $10^1\sim 10^6$ CFU/g. Detecton rate of *L. monocytogenes* was 2.17% and detection rate of *Listeria* spp. was detected 18.48% including *L. monocytogenes*. Detection rate of *Salmonella* spp. was 1.09%. Level of general bacteria was

lower with 1-2 log in pork meat purchased in winter. But there was no difference in level of general bacteria in pork meat purchased during the other seasons. From the result of *E. coli* distribution, there was no big difference in level of *E. coli* in pork meat by season.

General bacteria level in pork meat purchased from conventional butcher shop was mostly (over 80%) 10^2 - 10^4 CFU/g. Detection rate of *Salmonella* spp. was 2.34% which was two times of those from wholesale market. In the case of *Listeria* spp. 25% of sample was positive and the level was below 10^1 MPN/g.

3-3. Development of model for microorganism change during processing and distribution

The last objective of this 3 year project is to develop a Risk Assessment Model for *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* for pork. This work has been inspired by USDA's work in 1998 on *Salmonella* risk assessment project on shell eggs and egg products.

To achieve the objective, using Excel, a mean-based model is developed assuming 3 stage marketing structure for pork, loin and neck to be specific. In the model, a serving (a conceptualized unit of pork to trace the contaminated pork. It is like an egg in USDA's study) size is assumed and through the marketing module these servings are assumed to be distributed. To identify which serving is contaminated and how many times, contamination probabilities have been calculated. Once identifying how many servings are how many times contaminated, each group is assigned with (a) growth function(s) to estimate the contamination level. For the growth function, the Gompertz equation is used for both *Salmonella* and *Listeria*.

The mean-based model performed well, reporting $1 \sim 2 \text{ Log}_{10} \text{ CFU/cm}^2$ of contamination level at the retail, and the sample contamination level and modeled contamination level converged into a reasonable range, which validates the mean-based model. It is found that the contamination level is very sensitive to the change in temperature.

4. Stochastic simulation using @risk

Once the mean-based model performs well, it is converted into a Stochastic Quantitative Risk Assessment Model by substituting two means of major variables, temperature and duration of each marketing stage (time for growth), with two distributions using @Risk, an Excel plug-in software developed by Palisade. To estimate the distribution using a set of real data, Palisade's BestFit is used and major criterion to select the best fit distribution was A-D(Anderson-Darling) Test.

The SQRA model, which is supposed to perform along with the mean-based model, reported much higher contamination level of 8 Log₁₀ CFU/cm² at the retail stage on average and 10 Log₁₀ CFU at maximum. This inconsistency may imply that a subtle change in temperature or brief incautiousness may lead to a disastrous outbreak of *Salmonella* or *Listeria*.

For further work, more diverse pathogens needs to be modeled. USDA's PMP is a good starting point but never reflects a real situation where far more complex marketing and growth environments prevail. It is a building block, not a building itself. The frequency of pathogen outbreaks seems to be rather suppressed, maybe due to abuse of antibiotics. This needs to be modeled. Last, the model should be expanded to include the effects of preparation and consumption at home. Plus, public health outcomes should be considered as well to judge the feasibility of proposed food risk management approach.

B. Recommendations

1. Application of model for microorganism change by slaughtering process
Developed model of microorganism change by slaughtering process could be applied for prediction of microorganism change when new system or step for slaughtering would be introduced. Also, it would be reference of other study for new microorganisms and used to evaluate effectiveness of processing condition and technique in slaughtering.

2. Application of model for microorganism change during distribution

Developed model would be used to evaluate for microorganism change due to changed distribution condition or environment.

3. Application of pathogen quantified data for other research

Quantified data for *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* obtained in this study would be useful for other QMRA research.

CONTENTS

Summary	12
Chapter 1. Outline of the research	22
Chapter 2 Materials and methods	24
Section 1. Present status of risk analysis technique	24
Section 2. Present status of hygienic condition and microbial experiment	24
Chapter 3. Scope and results of the research	29
Section 1. Grasp and analysis for information related on risk analysis	29
Section 2. Results of microbial experiment by slaughtering process and status of hygienic condition in slaughterhouse	49
1. Selection of slaughterhouse and hygienic condition	49
2. Evaluation of microbial contamination level in slaughterhouse	53
3. Study on the microorganism change model by slaughtering process	61
4. Present status of HACCP system and suggestions for improvement in domestic slaughterhouse	82
Section 3. Evaluation of microorganism level in pork meat from meat processing plant to consumer	91
1. Evaluation of microorganism level in pork meat	91
2. Changes of microorganism in contaminated pork meat during storage and cooking	106
3. Development of model for microorganism change during processing and distribution	116
Section 4. Stochastic simulation using @risk	132
Chapter 4. Accomplishment and contribution of research results	147
Chapter 5. Application plan for research results	148

Chapter 6. Foreign information collected during this research	149
Chapter 7. References	150
Appendix	155

목 차

요 약 문	3
Summary	12
Contents	19
제 1 장 연구개발과제의 개요	22
제 2 장 연구수행 방법	24
제 1 절 Risk analysis 관련 국내외 동향 파악 및 분석	29
제 2 절 위생관리현황 및 미생물 분석결과 및 위생관리현황	49
1. 도축장 선정 및 도축 공정별 현황	49
2. 도축장의 미생물 오염도 수준 평가	53
3. 국내 도축장의 단계별 병원성 미생물 변화 추이모델 연구	61
4. 국내 도축장의 HACCP 현황 및 개선안	82
제 3 절 유통돈육에서의 미생물 수준 평가	91
1. 유통 돈육에서의 미생물 수준 평가	91
2. 오염된 돈육의 저장 및 조리 시 미생물 변화	106
3. 가공 저장에 따른 미생물 변화 추이모델 연구	116
제 4 절 도축에서 소비까지 SQRA 모델	132
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	14
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	148
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	149
제 7 장 참고문헌	150
부 록	155

제 1 장 연구개발과제의 개요

본 연구는 도축규모별 국내 도축장의 공정별 병원성 (*Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*) 또는 일반 미생물 수준 차를 종합적으로 검토하고, 유통 중 돈육의 미생물 변화를 추이하여 Quantitative microbial risk assessment 기술을 적용하여 국내산 돈육의 병원성 미생물 에 대한 위해관리시스템을 구축하기 위한 모델을 개발하고자 하는 것이다.

연구 목표를 달성하기 위하여 국내외 Risk analysis에 대한 자료 분석을 실시하여 모델을 만들기 위한 참고자료를 수집하였다. 또한 국내 실정을 충분히 반영하기 위하여 도축장, 육가공장, 유통제품 등에 대한 지표미생물(총균수, 대장균수) 및 *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* 수준(정성, 정량) 및 빈도에 영향을 주는 요인들에 대한 조사 분석을 실시하였다. 대상 도축장 및 육가공장은 규모, 위생 수준 등을 고려하여 선정되었으며 선정된 작업자에 대하여는 계절별로 시료를 채취하여 분석하였다. 도축장의 경우 2년간 수집된 자료를 이용하여 도축 공정별 microbial QRA를 위한 기본적 모형을 만들었고 이를 근거로 현재 도축장에서 실시되고 있는 HACCP system에서 개선안을 도출하였다. 국내에서 도축장에 대한 HACCP system을 도입한 이후 미생물학적 변화를 수식을 만들어 대한 분석한 결과는 아직 없었으나 본 연구에서 도출된 모델을 활용하여 각 요인에 대한 수적인 분석이 가능해졌다. 또한 육가공장에서도 도축장과 마찬가지로 2년간 계절별로 자료를 수집하였고 또한 유통중인 돈육을 수거하여 지표미생물(총균수, 대장균수) 및 *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* 에 대한 정성, 정량 분석을 실시하여 데이터를 확보하였다. 국내에서는 물론 외국에서도 식품에 있어서 병원성 미생물에 대한 정량 자료가 매우 부족하여 실제로 QMRA를 실시하는데 많은 어려움이 있었다. 유통 가공단계에 대한 미생물 변화 추이 모형을 개발하였다. 또한 @Risk를 이용하여 수집된 자료를 활용하여 대상 병원성 미생물 (*Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*)에 대한 Risk assessment 모델을 도출하였다. 본 연구에서 도출된 자료 및 모델은 추후 국내 관련 연구자에게 선행 연구 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 개발된 도축공정에서의 미생물 추이모형은 향후 도축공정에서 새로운 시스템이나 공정을 도입할 경우 미생물 변화를 예측할 수 있는 방법으로 활용할 수 있으며 새로운 균에 대한 추이 모형을 개발하는데 활용할 수 있다. 미생물 추이 모형은 궁극적으로 공정 조건이나 처리 기술이 유효성을 평가하는데도 중요하게 사용할 수 있으므로 도축장의 위생관련 사항을 효과적으로 개선하는데 참고 자료로 활용할 수 있다.

또한 도축공정별 추이 모형과 같이 유통 조건이나 환경변화에 따른 병원성 미생물의 추이를 평가하는데 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서 얻어진 병원성 미생물(*Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes*) 에 대한 정량 자료는 향후 다른 QMRA 연구에서 중요한 자료로 활용가치가 있다고 사료된다.

제 2 장 연구수행 방법

제 1 절 Risk analysis 관련 국내외 동향 파악 및 분석

인터넷을 통하여 미국 등의 선진사례에 대한 MRA 자료를 수집하였고 각종 관련 세미나를 통하여 관련연구자의 연구사례를 통하여 현황을 파악하였다. 또한 국내 자료는 학술논문, 관련 보고서 및 관련기관의 홈페이지들을 통하여 자료를 수집, 분석하였다.

제 2 절 위생관리현황 및 미생물 분석

1. 도축장과 돈육 가공장의 미생물 분석

가. 시료채취 및 작업장 자료조사

(1) 도축장

도축장을 작업량 및 위생수준 상태를 고려하여 선정한 다음 작업장 현황을 조사하고 각 공정별로 미생물 시료를 채취한 다음 당일 미생물 실험을 실시하였다. 해당 작업장에 대하여 위생과 관련된 항목을 조사, 평가하였다.

(2) 가공장 및 판매장

부분육 작업장은 작업량 및 위생수준 상태를 고려하여 선정한 다음 작업장 현황을 조사하고 각 공정별로 미생물 시료를 채취한 다음 당일 미생물 실험을 실시하였다. 또한 판매장은 백화점, 대형할인점, 재래식 정육점으로 구분하여 소비자가 구입하는 시료를 수거하여 당일 미생물 실험을 실시하였다.

나. 미생물실험

채취된 시료에 대하여 총균수, 대장균수를 측정하였고, *Salmonella* spp, *Listeria*에 대한 정성 실험과 MPN법에 의한 정량 실험을 실시하였다.

(1) 일반 세균수 측정

돈육 시료 25 g에 펩톤수(peptone water, BD, Sparks, USA) 225 mL를 가한 후 균질하였다. 위 검액 1 mL를 단계 희석한 후 각 단계별 희석액 1 mL를 멸균된 petri dish 2매에 무균적으로 분주하고, 약 50°C로 유지한 PCA(plate count agar, Merck, Darmstadt, Germany) 약 20 mL를 무균적으로 가하여 검액과 혼합한 후 3

7℃에서 48시간 동안 배양하고 평판당 30~300개의 집락을 생성한 평판을 선택하여 시료 1 g당 log CFU를 구하였다.

(2) 대장균수 측정

일반 세균수 측정에 사용된 희석수를 E. coil/Coliform Count Plates(3M Petrifilm Plate, 3M, St.Paul, USA)에 분주하여 37℃에서 48시간 동안 배양하여 기포를 포함한 검은 콜로니를 대장균으로 판정했다.

(3) *Salmonella* 정성·정량 분석

수거한 돈육 시료 25 g 을 stomaker pack에 넣고 멸균한 펩톤수 225 ml을 넣어 stomaker를 이용하여 현탁시킨 후 37℃에서 24 시간 증균한다. 증균액 0.1 ml을 1차 선택 배지인 RV 10 ml과 잘 섞어 37℃에서 24 시간 배양하였다. RV에서 *Salmonella*로 의심되는 시료는 Rambach(Merck, Darmstat, Germany)배지에 도말하여 37℃에서 24 시간 배양한 후 붉은 색 콜로니가 발견된 시료는 XLD(Merck, Darmstat, Germany)에 도말하여 37℃에서 24 시간 배양하였다. XLD에서 검정색 콜로니가 발견되면 API 키트를 이용하여 정성실험을 수행하였다. *Salmonella*로 판명된 시료는 최확수 산출법 (MPN: most probable number)에 의한 정량 분석을 실시하였다. 시료 25 g을 펩톤수 225 ml로 10배 희석한 후 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 으로 각각 3개씩 희석하여 37℃에서 24 시간 동안 배양한 후 RV에 각각의 배양된 희석액을 각각 접종하여 37℃에서 24시간 배양하였다. 각 희석 배수의 시료를 3개 구간으로 나누어 XLD에 도말하여 37℃에서 24시간 배양하였다. 각 희석배수 별의 결과물을 MPN 환산표에 의해 계산하였다.

(4) *Listeria* 정성·정량 분석

수거한 돈육 시료 25 g 을 stomaker pack에 넣고 멸균한 LEB 225 ml을 넣어 stomaker를 이용하여 현탁시킨 후 37℃에서 24 시간 증균하였다. 증균액 0.1 ml을 1차 선택 배지인 Fraser 10 ml과 잘 섞어 37℃에서 24 시간 배양하였다. Fraser에서 *Listeria*로 의심되는 시료는 Oxford(Merk, Darmstat, Germany)에 도말하여 37℃에서 24 시간 배양한 후 검정 색 콜로니가 발견된 시료는 blood agar에 도말하여 37℃에서 24 시간 배양한다. Blood agar에서 용형반응이 관찰되면 API 키트를 이용하여 정성실험을 수행하였다. *Listeria*로 판명된 시료는 최확수 산출법 (MPN: most probable number)에 의한 정량 분석을 실시한다. 시료 25 g을 펩톤수 225 ml로 10배

희석한 후 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 으로 각각 3개씩 희석하여 37℃에서 24 시간 동안 배양한 후 Fraser에 각각의 배양된 희석액을 각각 접종하여 37℃에서 24시간 배양하였다. 각 희석 배수의 시료를 3개 구간으로 나눈 Oxford에 도말하여 37℃에서 24시간 배양한 후 각 희석배수 별의 결과물을 MPN 환산표에 의해 계산하였다.

2. 오염된 돈육의 저장 및 조리 시 미생물 변화

가. 오염된 돈육의 저장에 의한 미생물 변화

(1) 돈육 시료

본 실험에 사용된 돈육은 국내산 목살로 시중에 일반적으로 유통되는 두께인 5, 7 mm의 두께 돈육을 25 g씩 정량하여 사용하였다.

(2) 시험균주

시험균주로는 *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, ATCC 6994, DT 104, PT 10, PTU 302를 배양 후 카테일 하여 사용하였다.

(3) 균주배양

시험균주를 각각 nutrient agar(Difco Co., Detroit, USA)에 접종 후 37℃에서 24시간 배양한 후 이것을 10 mL의 nutrient broth(Difco, Co., Detroit, USA)에 1 백금이 접종하여 37℃에서 24시간 진탕배양(150 rpm)한 다음 이 배양액 1 mL을 취하여 100 mL의 새로운 nutrient broth에 접종하여 같은 방법으로 진탕 배양하였다. 이 배양액을 각각 15 mL씩 취하여 4℃에서 10분간 원심분리(9,000×g)하여 얻은 균체를 멸균된 0.1 M phosphate buffer(pH 7.2, 이하 phosphate buffer) 20 mL을 이용하여 같은 방법으로 3회 세척한 후 최종 균의 농도가 7~9 log CFU/mL 가 되도록 20 mL의 phosphate buffer에 현탁하여 돈육접종 실험에 사용하였다.

(4) 저장 조건

Salmonella typhimurium 카테일을 2 log CFU/g 수준으로 접종한 돈육을 0과 10℃에서 저장하였고, 0과 10℃를 1일 씩 교대로 저장하면서 온도 변화를 주는 등 3가지 조건으로 연구를 실시하였다.

(5) 균수 측정

일반세균수와 동일한 방법으로 희석한 희석액 1 mL를 멸균된 petri dish 2매 이상에 무균적으로 분주하고, *Salmonella*의 경우 약 50°C로 유지한 XLD agar에 약 20 mL씩 무균적으로 가하여 검액과 혼합한 후 37°C에서 24시간 동안 배양하고 평판당 30~300개의 colony가 나타난 2 단계의 균수를 평균하여 구하였다. *Listeria*는 Oxford agar에 단계별 희석액을 100 μ l씩 분주하여 도달한 후 37°C에서 24시간 동안 배양하여 같은 방법으로 colony를 측정하였다.

나. 오염된 돈육의 조리에 의한 미생물 변화

(1) 돈육 시료

본 실험에 사용된 돈육은 국내산 목살로 시중에 일반적으로 유통되는 두께인 5, 7 mm의 두께 돈육을 25 g씩 정량하여 사용하였다.

(2) 시험균주

시험균주로는 *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, ATCC 6994, DT 104, PT 10, PTU 302를, *Listeria monocytogenes*는 ATCC 7644, ATCC 19113, ATCC 19114를 각각 배양 후 각테일 하여 사용하였다.

(3) 균주배양

시험균주를 각각 nutrient agar(Difco Co., Detroit, USA)에 접종 후 37°C에서 24시간 배양한 후 이것을 10 mL의 nutrient broth(Difco, Co., Detroit, USA)에 1 백금이 접종하여 37°C에서 24시간 진탕배양(150 rpm)한 다음 이 배양액 1 mL을 취하여 100 mL의 새로운 nutrient broth에 접종하여 같은 방법으로 진탕 배양하였다. 이 배양액을 각각 15 mL씩 취하여 4°C에서 10분간 원심분리(9,000 \times g)하여 얻은 균체를 멸균된 0.1 M phosphate buffer(pH 7.2, 이하 phosphate buffer) 20 mL을 이용하여 같은 방법으로 3회 세척한 후 최종 균의 농도가 7~9 log CFU/mL 가 되도록 20 mL의 phosphate buffer에 현탁하여 돈육접종 실험에 사용하였다.

(4) 조리가열처리

가열처리 방법은 가정에서 일반적으로 선호하는 조리방법인 열수에 의한 가열(수육 형태)와 전열 분판에 의한 가열을 사용하였다. *Salmonella typhimurium* 각테일과 *Listeria monocytogenes* 각테일을 각각 6 log CFU/g으로 돈육에 접종하여 가열 처리하였다. 열수에 의한 가열은 돈육을 열 전도율이 높은 비닐 팩에 넣어 증탕하는 방식으로 온도는 55~80℃ 범위에서 가열하였으며, 조리 시간은 최대 250 초로 가열하였다. 전열분판 사용 시 각각 190℃ 및 220℃에서 10초, 30초 간격으로 뒤집으며 가열하였으며, 10초 간격으로 뒤집으며 굽는 경우는 최종 가열 시간을 40, 60, 80, 100, 120 초 등으로 하여 가열하였고, 30초 간격으로 뒤집는 경우는 60, 120, 180초 등으로 가열하였다.

(5) 균수 측정

일반세균수와 동일한 방법으로 희석한 희석액 1 mL를 멸균된 petri dish 2매 이상에 무균적으로 분주하고, *Salmonella*의 경우 약 50℃로 유지한 XLD agar에 약 20 mL씩 무균적으로 가하여 검액과 혼합한 후 37℃에서 24시간 동안 배양하고 평판당 30~300개의 colony가 나타난 2 단계의 균수를 평균하여 구하였다. *Listeria*는 Oxford agar에 단계별 희석액을 100 µl씩 분주하여 도말한 후 37℃에서 24시간 동안 배양하여 같은 방법으로 colony를 측정하였다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 Risk analysis 관련 국내외 동향 파악 및 분석

서론

우리나라 육류 소비량은 지난 10년간 1,043천톤(92)에서 1,598천톤(02)으로 약 53.2% 증가하였고, 1인당 육류 소비량도 23 kg에서 34 kg(02)으로 약 47.8% 증가한 것으로 나타났으며, 돈육 소비량도 약 26.8% 증가하였는데 이것은 우육이나 계육과 같은 다른 종류의 고기와 비교하였을 때 가장 소비량이 높은 것으로 나타났다. 이처럼 축산물의 소비가 증가하는 가운데 근년 축산물의 소비 증대와 수입자유화 정책에 따라 소비자들의 식육에 대한 안전성 문제가 급진적으로 대두되고 있으며 육류는 풍부한 영양소와 수분을 함유하고 있어 저온 유통과정 중에도 부주의하게 취급할 경우 미생물 성장에 의해 부패가 쉽게 일어날 수 있기 때문에 도축장에서부터 도축처리, 가공, 유통 및 소비에 이르기 까지 모든 공정에 있어서의 위해분석 및 중점관리점(Hazard analysis and critical control point : HACCP)을 밝혀내어 유해 병원미생물 관리를 하여야 한다.

축산물의 생물학적 위해요소 중 주요 식중독균에는 *Salmonella*, *Vibrio*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* 등이 있는데 이들 식중독 균은 자연계에 널리 존재하고 가축 및 가금에 감염되거나, 도살 해체 과정에서 2차적으로 오염됨으로써 이들 축산물은 식중독의 주요 원인 식품이 될 수 있다. 이와 같은 식중독 균주 중 *Salmonella*는 장관에서 옮겨지는 인수공통 전염병으로써 살아있는 동물에의 전염을 감소시키기 위한 시도와 도살장 및 가공 중 이를 최소화하기 위한 조치가 식품산업에서 중요한 과제로 되어 있다. 이러한 관점에서 제조관리수칙(GMP)과 위해요소중점관리기준(HACCP)을 적용하고 있는데도 불구하고, 일부 생고기가 병원균에 오염되어 있다는 것은 분명하다. 또한 농, 축, 수산식품 등 다양한 경로를 통해 식중독을 일으키는 *Listeria monocytogenes*는 1980년대 중반 이후 발생빈도가 높아진 식중독 균이다. 이 균은 임신부에 감염하여 유산, 사산율, 신생아, 면역손상환자, 노인에게는 폐렴, 심내막염, 패혈증, 국소농양, 결막염 등을 유발하여 국민건강에 큰 피해를 초래하며(11) 특히 열에 비교적 저항력이 강하며 냉장고의 온도에서 성장 할 수 있어 안전하다고 생각되는 냉장 저장 식품을 통해 식중독을 발생시키면서 건강한 사람에게는 치사율이 30%, 노약자와 면역이 약해진 사람에게는

70%로써 상당히 독성이 강한 균주로서 알려져 왔다. 식품을 섭취할 때 관습이나 식습관에 의한 일반적 조리 형태가 어떠한가에 따라서 안전성에 상당한 영향을 미친다고 볼 수 있는데 돼지고기의 조리 형태 별 식품 중 편육이 식중독 발생의 주요 원인인 것은 우리나라의 관습과 식습관이 집단 식중독 발생과 밀접한 관련이 되는 좋은 예라고 하겠다. 또한 음식점 및 집단 급식소 위생관리 of critical control point인 time temperature relationship 관점에서 볼 때, 가열 단계를 거치지 않는 날 음식의 경우 그 위험도는 가장 높았고, 국물 형태의 음식류는 제공 시 재가열을 하므로 상대적으로 세균성 식중독 발생의 위험도가 낮은 것으로 나타났으며 편육과 구이류는 조리 후 냉장보존을 하고 그대로 제공되거나 또는 제공 시 충분한 가열처리가 어렵다는 점에서 부적절한 식품 보존 시에는 오염세균의 생존 및 증식조건이 부여되어 식중독 발생 위험도가 높은 식품류로 구분된다는 보고가 있다. 이와 같은 한국 식습관과 더불어 집단 급식과 수입 식품의 소비증가 등 육류 식품의 생산 및 소비방식이 변화함에 따라 식중독 발생이 증가하고 대형화하는 추세가 뚜렷하여 그 이전에는 문제시되지 않던 각종 식품의 위생이 식품품질과 함께 사회적인 문제로 대두 되고 있어 이에 대한 대책이 시급하다.

최근 단체급식이 증가하면서 전반적으로 위생에 대한 인식은 개선되었음에도 불구하고 식품매개질병이 증가하고 있으며 특히 미생물에 의한 식중독 사례가 증가하고 발생시 발병인 수도 증가하고 있어서 MRA에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나 관심은 높지만 연구를 수행하는데 많은 제약이 있어서 실제로 관련 연구는 아직 활발하지 못한 실정이다. 서로 공유할 수 있는 기본 자료가 매우 빈약한 상태이고 사회적 통계 자료가 명확하지 않아 어려움이 있다. 특히 병원성 미생물에 대한 정량 자료가 매우 부족하여 국가적 차원의 데이터 확보가 무엇보다 필요하다고 사료된다.

1. MRA 관련 용어 정의

CODEX에서 한시적 기준으로 채택된 용어의 정의로 본 보고서에서 자주 사용되는 용어의 의미를 정확하게 전달하고자 제시하였다.

농도-반응 평가(Dose-Response Assessment) - 화학적, 생물학적 또는 물리적 인자에 대한 노출량(dose)과 부정적인 보건효과의 심각성 내지는 빈도(반응) 간의 관계를 확정하는 일.

노출도 평가(Exposure Assessment) - 식품을 통한 생물학적, 화학적 및 물리적 인자를 섭취할 가능성뿐만 아니라 해당하는 경우 다른 노출원을 통한 노출에 대한 정성적 내지는 정량적 평가.

위해요소(Hazard) - 부정적인 보건효과를 일으킬 수 있는 식품 중에 들어있는

생물학적, 화학적 또는 물리적 인자 혹은 식품의 그러한 상태.

위해요소 결정(Hazard Characterization) - 해당 위해요소에 관련된 부정적 보건 효과의 본질에 대한 정성적 내지는 정량적 평가. 미생물적 위험을 평가의 목적 상, 관심거리인 미생물 자체 내지는 이들이 생산하는 독소와 관련된다.

위해요소 규명(Hazard Identification) - 부정적인 보건효과를 일으킬 수 있으며, 특정 식품 또는 식품군에 존재할 수 있는 생물학적, 화학적 및 물리적 인자의 파악.

정량적 위험을 평가(Quantitative Risk Assessment) - 위험율의 수치적 표시와 수반되는 (1995년에 위험을 분석에 관한 전문가 협의회 정의에서 기술된) 불확실성 표시를 제공하는 위험을 평가.

정성적 위험을 평가(Qualitative Risk Assessment) - 수치적인 위험을 평가에는 부적절한 기준을 형성하지만, 그럼에도 불구하고 선행된 전문가적인 지식과 수반되는 불확실성을 통해 위험율의 등급화 또는 위험율의 서술적 유형분류가 가능한 경우, 그러한 데이터에 근거한 위험을 평가.

위험율(Risk) - 식품 중의 위해요소에 따른 결과를 통한 부정적인 보건효과와 그 효과에 따른 심각성의 확률함수.

위험을 분석(Risk Analysis) - 위험을 평가(RA), 위험을 관리(RM) 및 위험 의사소통(RC)의 3가지 요소로 구성되는 과정.

위험을 평가(Risk Assessment; RA) - (i) 위해요소 규명(hazard identification), (ii) 위해요소 결정(hazard characterization), (iii) 노출도 평가(exposure assessment), 및 (iv) 위험을 결정(risk characterization)의 4 단계로 구성되는 과학적 근거를 가지는 과정.

위험을 결정(Risk Characterization) - 위해요소 파악, 위해요소 결정 및 노출도 평가에 근거한 주어진 집단 내에서 기지의 또는 잠재적인 부정적 보건효과 발생확률과 심각성에 대한 수반되는 불확실성을 포함한 정량적 내지는 정성적 평가를 확정하는 과정.

위험 의사소통(Risk Communication; RC) - 위험을 평가자, 위험을 관리자, 소비자 및 이해당사자 사이에서 위험을 및 위험을 관리에 관한 정보 및 의견의 상호 교환.

위험을 평가치(Risk Estimate) - 위험을 결정의 결과.

위험을 관리(Risk Management; RM) - 위험을 평가의 결과적 관점에서 정책 대안을 평가하는 과정과 해당하는 경우 규제수단을 포함한 적합한 관리조건(Control Options)을 선정하고 실행하는 과정. 관리(Control)는 위해요소의 예방, 제한 또는 감소 내지는 위험율의 최소화를 의미한다.

감수성 분석(Sensitivity analysis) - 그 입력사항에 따른 변경사항에서 나오는 결

과에서의 변동값을 계측하여 모델의 반응(behavior of a model)을 시험하는데 이용되는 방법.

투명성(Transparent) - 표시된 결정값의 전개, 제한, 가정, 가치 판단, 결정사항, 제한사항 및 불확실성이 검토되기 위하여 충분히, 그리고 체계적으로 기술되어 문서화되고 접근가능하며 그 자체가 이론적 근거를 가지면서 논리적으로 구성된 과정의 특성.

불확실성 분석(Uncertainty analysis) - 모델 입력사항, 가정사항 및 구조/형식(structure/form)에 관련된 불확실성을 평가하는데 이용되는 방법.

2. 미생물적 위험을 평가의 일반원칙

- 1) 미생물적 위험을 평가는 건전한 과학에 근거하여야 한다.
- 2) 위험을 평가와 위험을 관리 사이는 기능적으로 분리되어야 한다.
- 3) 미생물적 위험을 평가는 위해요소 파악, 위해요소 결정, 노출도 평가 및 위험을 결정을 포함하는 구조화된 접근방법에 따라 수행되어야 한다.
- 4) 미생물적 위험을 평가는 그 결과가 될 수 있는 위험을 평가치(Risk Estimate)를 포함하는 그 실행목적을 분명하게 밝혀야 한다.
- 5) 미생물적 위험을 평가의 실시는 투명하게 해야 한다.
- 6) 비용, 자원 또는 시간과 같은 위험을 평가에 영향을 미치는 모든 제한사항은 파악되어야 하며, 그에 따른 가능한 결론도 밝혀야 한다.
- 7) 위험을 추정값은 위험을 평가과정에서 불확실성이 발생하는 위치와 그 불확실성의 설명이 포함되어야 한다.
- 8) 데이터는 위험을 추정값 중의 불확실성이 결정될 수 있는 것처럼 그렇게 이루어져야 하며, 데이터 및 데이터 수집은 가능한 한 위험을 추정값 중의 불확실성이 최소화되는 충분한 품질과 정확성을 갖추어야 한다.
- 9) 미생물적 위험을 평가는 식품 중에서 미생물의 증식, 생존 및 사멸의 동태를 분명하게 고려해야 하며, 소비뿐만 아니라 추가적인 확산가능성에 따른 사람과 인자 간의 상호작용(후유증 포함)의 복잡성도 분명히 고려해야 한다.
- 10) 가능한 경우마다 위험을 추정값은 독립적인 사람의 질병 데이터와 비교하는 방식으로 경시적으로 재평가되어야 한다.
- 11) 미생물적 위험을 평가는 새로운 해당 정보가 이용가능하게 됨에 따라 재평가될 필요가 발생할 수 있다.

3. 위험분석 방법론

미생물학적 위험분석 기술은 세계화시대에 반드시 요구되고 있으며 증가하고 있는 식품매개질병을 줄이기 위하여 꼭 필요한 기술이지만 실질적이고 효과적인

결과를 얻기 위해서는 여러 관련 분야의 자료가 유용하여야 한다. 정량적인 분석을 수행함으로써 우리는 어떠한 건강장해가 발생되고 발생가능성은 어느 정도인지, 위해발생 결과로 예측되는 것은 무엇인지에 대한 정보를 얻을 수 있다. 현재 국내에서는 소수의 연구자들이 미생물학적 위험분석과 관련된 연구를 수행하고 있으나 초기 단계이고 활용 가능한 자료가 매우 제한적이어서 많은 과제 수행시 많은 어려움이 있다. 무엇보다 국가차원에서의 병원성 미생물에 대한 정량적 monitoring과 surveillance program 실현이 절실히 필요하며 또한 관련분야의 연구자들에게 위험분석기술을 이해시키는 노력과 많은 사람들에게 관련지식을 보급할 필요가 있다. 이러한 노력이 지속적으로 활발하게 이루어질 때 미생물학적 위험분석기술이 빠르게 발달할 수 있을 것으로 사료된다.

일반적으로 외국에서 현재 수행되고 있는 Risk analysis를 실시하는 구체적인 방법을 요약하면 다음과 같다.

▶ **위해요소규명 (Hazard identification)**

위해요소규명은 미생물학적 위해평가의 첫 번째 단계이고 잇따른 위해평가 단계에서 자세하게 분석되어질 정보의 일차적인 수집과 질적인 평가를 포함한다. 위해규명은 미생물 병원체의 평가를 내리기 위하여 모은 정보로 비교적 간단한 과정이다. 위해규명에서 제시된 정보는 대체로 짧은데 이는 미생물과 선호하는 환경을 규명하는 정보 유용한 과학적인 데이터와 정보에 대한 총론, 해로운 건강효과의 서술과 야기되는 질병의 메카니즘, 균에 의해 야기되는 질병 빈도 열거와 오염될 수 있는 전형적인 식품 또는 식품군을 서술하는 것이다. 위해규명이 수행될 때 위험을 평가자는 미생물학적, 임상학적, 조사 데이터와 역학조사를 맞추어 보고 재검토를 한다. 이것은 선행 위험을 평가와 국제적인 발병에 관련한 데이터를 찾고 역학적인 통계 등을 모으고 국내 상황에 이를 고려하여야 한다. 위해요소규명은 주로 특정식품 혹은 식품군에 관한 병원체를 결정하는 것이다. 병원체와 해로운 건강효과 간의 연결은 일반적으로 잘 확립되어있기 때문에 수집된 정보는 위해와 평가에 대한 관련 구성을 간파하여야한다.

위해요소규명발표는 평가자에 따라 다르고 문헌에서 널리 보급되어진 특정방식이 없다. 이 지침은 어떻게 정보가 수집되고 위험관리자에게 발표되는지에 대한 예를 제공한다. 위해요소규명요약은 다음의 데이터를 포함하여 위해요소규명의 주요한 요인에 대하여 간결하게 초점이 맞추어져야한다.

● **서술**

유기체가 발견되는 곳, 선호되는 성장조건과 성장과 생존에 영향을 미치는 환경적 요인과 같은 특징

● **질병의 병상**

위해에 노출되어 초래되는 건강에 해로운 효과에 대한 간단한 서술. 이것은

독자가 건강에 대한 영향의 심각성 또는 중요성에 대한 충분한 이해를 하게 하여야 한다. 감염되기 쉬운 개인이나 부분모집단이 규명되어져야한다: 그러나 좀더 자세한 해로운 효과는 위해요소결정 (Hazard characterization) 단계에서 개발됨.

- 전염방식

어떻게 미생물이 호스트에 점염되는지에 대한 간결한 서술

- 빈도와 발병 데이터

문서화된 사건이나 발병은 신뢰할 수 있는 것이어야 하며 충분히 데이터의 적합성을 확인하기 위하여 조사되어져야 함.

- 식품에서의 발생

미생물이 어떤 식품에서 발견되고 전형적인 오염수준에 대한 간단한 재고

위해요소규명에 대한 예는 다음과 같다. 위험평가의 다른 단계동안 정보가 겹쳐질 수 있는데 간혹 위해요소규명과 위해요소결정은 동시에 행해진다.

예시: 위해요소규명-*Listeria monocytogenes*

서술

- gram positive, psychrotrophic, facultatively anaerobic, non-sporulating, motile rod

- 환경에 널리 분포: 토양, 채소류, 분변물질, 하수와 물, 식품제조환경에서 일반적으로 발견

- 인간의 GI tract에서 일시적인 거주: 2-10% 보유자

- 환경조건의 범위에서 다양한 식품에서 생존과 성장이 가능

- -1-45°C에서 성장, 최적: 35-37°C, 7-10°C에서 빠르게 성장
질병의 병리

- 미약한 발열 위장염, 그러나 장기조직의 침입이후는 *L. monocytogenes*가 혈액, 임신중인 자궁, 중추신경계로 퍼질 수도 있음.

- 리스테리아 감염증의 증상 : 미약한 설사, 수막염, 패혈증, 유산과 사산

- 빈도는 낮으나 20-30%가 치명적

- 질병은 단지 소수의 독성종과 관련됨.

- 주요 위험인자는 면역억제, 임신과 연령

전염방식

- 식품매개노출은 일차적인 전염 경로

- 수직적으로(엄마에서 아이로), 동물로부터 전염되고 병원에서 감염될 수 있음
빈도와 발병 데이터

- 리스테리아 발병은 비교적 드뭄-호주에서 연간 약 3 경우/인구 10⁶

- 미국, 스위스, 프랑스에서는 주요발병이 치즈로부터 발생
- 질병의 심각한 특성은 희생자들이 의료치료를 받을 것이 확실 식품에서의 발생
- 즉석식품, 수산물, 유제품(특히 연치즈)에서 발견
- 조리된 새우의 3%에서 <50 *L. monocytogenes*/gram 수준으로 발견됨

▶ 위해요소 결정 (Hazard characterization)

위험분석의 두 번째 단계인 위해요소 결정은 미생물 병원체의 섭취로 인한 건강에 해로운 효과의 본성, 심각성, 지속성을 서술하고 복용량-반응 관계를 개발하는 것이다. 대중이 식품매개 병원체에 노출되어 반응하는 것은 매우 다양하다. 위해요소 결정에서 위험을 평가자는 다음을 서술할 필요가 있다:

●질병 진행

질병의 임상형태, 질병의 기간, 심각성 (즉 사망율, 이환율, 후유증)을 고려한다. 질병이 어떤 역학적인 경향을 보이는가? A형 간염의 전염같이 사람에서 사람으로 전염가능성과 다른 방식인가?

●병원체

질병을 일으키는 미생물의 특성을 규명한다. 그 미생물이 감염성, 독성-감염성 또는 독소발생인지를 규명한다; 독성요소를 규명; 섭취된 세포와 연관된 해로운 영향간의 관계; 전염의 다른 방식; 등. 계통(strain)과 subtype간의 다양성이 있는가? 숙주 특이성이 있는가? 항생제 내성이 있는가? 그리고 질병에는 어떤 영향이 있는가? 즉 몇몇 병원체의 항생제 민감성은 독성을 증가시키기도 한다. 병원체의 성장과 생존에 영향을 주는 적응인자는 언제 어떻게 위해가 인체건강과 어떻게 특정 식품, 공정, 저장, 취급단계가 병원체에 영향을 주어 위험하게 되는지를 결정하기 위하여 고려되어야한다. 이런 요인은 미생물의 일반적 성장특성을 포함한다. 즉 미생물의 성장, 사멸, 생존에 영향을 주는 내외적 변수 같은 것이다. 그러므로 미생물 생리에 대하여 짧게 서술하는 것이 필요하다.

어떤 병원체는 감염양이 낮을데 예를 들어 적은양의 EHEC 섭취는 민감한 인구층에서는 건강에 해로운 효과가 초래될 수도 있다.

●숙주

건강에 해로운 효과는 숙주, 특히 어떤 위험군인 부분모집단의 민감성에 의해 영향을 받는다. 당뇨병과 같은 건강상태가 낮은 경우 감염 또는 질병에 걸릴 우려가 높다. 제산제의 사용은 위장의 pH를 완화하여 위산으로부터 병원성 미생물을 보호할 수도 있다. 모집단은 연령, 임신, 영양상태와 면역력이 개별 숙주의 식품매개 병원체에 대한 감염성에 영향이 다른 것과 같은 영향이 있다.

●식품기반

식품은 경쟁적 미생물 군을 저해하고 병원체 생존을 증진하고 또는 숙주 반응을 변경하는 미생물 독성을 변경할 수 있다. 예를 들어 지방, 오일, 탄수화물은 위산으로부터 병원체를 보호하는 것과 같은 것이다. 병원체의 성장과 생존에 영향을 미치는 식품특성은 pH, 온도, 수분활성도, 산화환원 전위 등 그리고 특정영양소 또는 성장인자를 포함한다. 최적의 환경상태에 노출은 병원체의 독성 또는 생존력에 영향을 줄 수 있다. 또한 병원체에 영향을 주는 어떤 특정 식품 생산, 공정, 저장, 취급단계에서 중요하게 고려되어야 한다. 이런 종류의 데이터는 자주 위해요소 결정 단계에서 얻어지고 노출평가단계에서 좀 더 평가되어야 한다.

또한 농도-반응 평가는 GI tract에 들어간 미생물의 수(복용량)와 건강에 해로운 효과(반응)와 연관된 심각성, 빈도간의 관계이다. 농도-반응 평가는 확률로서 표현되기도 하고 그래프로 나타낼 수도 있다. 미생물은 숙주에서 미생물의 독성과 숙주의 민감성에 따라 영향이 없거나, 심각한 질병, 심지어는 죽음에 이르기까지의 다양한 효과를 낼 수 있다. 그러므로 한가지 농도-반응 평가관계 대신에 농도-반응 평가의 범위가 여러 가지 생물학적 효과와 숙주의 감수성에 따른 복용량의 정도간의 관계를 설명할 수 있다. 위험평가자의 문제는 일반적으로 농도-반응 평가에 대한 유용한 데이터가 매우 제한적이라는 것이다. 많은 병원체에 대한 지원자로부터의 농도-반응 평가 데이터는 없으며 그러므로 간혹 동물과 사양연구, 발병 관찰로부터의 데이터 같은 역학적인 정보에 의존한다.

새로운 병원체에 대한 위해요소결정을 할 때는 유용한 정보가 매우 적다. 그러므로 위해요소 결정은 부수적인 실험과 빠른 데이터 습득이 요구된다. 화학적 위해에서 취해진 임상학적, 역학적, 동물 연구와 같은 비슷한 접근을 통하여 정보가 얻어질 수 있다. 그러나 문제가 되는 식품과 관련된 미생물의 종과 균주에 대한, 생태학, 생리학, 성장특성, 검출, 규명하는 방법에 대한 특별 관찰이 필요하다.

위해요소결정으로부터 결과는 미생물 병원체 섭취로부터 모집단에서 발생하는 건강에 해로운 효과에 대한 가능성을 평가하는 것이다. 이 평가는 병에 걸리는 수준과 미생물의 독성과 전염성, 숙주의 민감성과 식품과 관련된 요인에 의해 영향 받는 것을 서술한다. 예를 들면 다음과 같다.

예시: 위해요소결정- *Listeria monocytogenes*

감염의 매개수단에 대한 조사로부터 역학적인 증거는 일반인에게 있어서 식품에 100cfu/g *Listeria monocytogenes* 이하로 오염되었을 경우 질병을 유발하지 않는다. 그러나 리스테리아의 성장이 일어나는 식품에 대해 주의를 하여야 한다.

<i>Listeria monocytogenes</i> 의 성장조건	최적	범위
온도 (°C)	37	-1-45
pH	7.0	4.4-9.4

*Listeria monocytogenes*를 사람에게 먹인 다음 얻는 농도-반응 평가 데이터는 없다. 대신 농도-반응 평가 관계는 전문가 의견, 역학조사자료, 동물실험결과, 또는 이들 모두의 조합에 근거하여 개발되고 평가되어왔다. 농도-반응 평가 관계는 전문가 의견, 역학조사자료, 동물실험결과, 또는 이들 모두의 조합에 근거하여 개발되고 평가되어왔다. 많은 요인들이 농도-반응 평가관계에 영향을 준다. 이들은 균주 독성의 다양성, 식품기반과 개인의 다양성을 포함한다.

▶ 노출도 평가 (Exposure assessment)

노출도 평가는 위험평가자가 개인이 미생물 위해에 노출되고 섭취가능 수 즉 빈도와 양에 대한 가능성의 평가를 제공한다. 위험평가자는 식품 소비 양과 빈도에 관한 데이터를 모으고 이 데이터를 식품에 존재할 수 있는 병원체의 빈도와 양에 관한 것과 조합한다. 노출을 평가하는 것은 병원체가 자라거나 죽을 수 있기 때문에 상당히 복잡한 일이다. 그리고 위험평가자가 식품의 소비시에 병원체의 수를 정확히 결정하는 것이 매우 어렵다. 그래서 위험 평가자는 모델을 사용해야하고 개인에 의해 섭취된 병원체의 양을 평가하기 위하여 가정을 만들어야 한다.

여러 가지 요인들이 병원체에 노출을 평가할 때 고려되어야 하며 다음과 같다.

- 식품의 오염빈도와 수준
- 식품 소비양과 경향 즉 섭취무게, 노출의 공간적, 시간적 특성 같은 것
- 노출경로(일반적으로 구강, 때로는 공기를 통한 경로)
- 노출된 인구의 크기, 인구통계학, 습성
- 병원체의 특성과 식품제조공정, 취급 측면과 재오염과 성장의 가능성과 범위

소비된 식품의 경향과 양은 노출도 평가의 한부분이다. 위험평가자는 식사(일반적으로 제공된 양)에서 소비된 식품의 양에 관한 데이터를 요구할 것이다; 소비된 식품의 빈도(매일, 매주매월); 식품이 준비되고 섭취된 상태에서의 정보로 이것은 매우 국가별로 다른데 (지역에 따라 다르기도 함) 이것은 인종 사회경제 상태 문화적 배경, 인구통계, 식품기호도, 행동 등에 따라 다르다. 미생물학적 위험 평가에 빈번히 사용되는 식품섭취 데이터에 2가지 형식이 있는데 식품생산통계는 전체인구에게 유용한 식품 제품양 평가를 제공한다. 이런 종류의 데이터 예는 FAO Food Balance Sheets와 1인당 식품생산, 소실, 사용에 관한 다른 국가 통계를 포함한다. 식품소비조사(국가 영양 조사와 같은)는 개인 또는 가정에서 소

비된 식품의 양과 형태에 관한 상세한 정보를 제공하고 때로는 소비된 식품의 빈도를 제공한다. 이 데이터를 사용하여 전체국민의 식이모델링에 의하여 식품섭취 수준을 평가하는 것이 가능하다.

식품섭취 모델링을 할 때 위험평가자에게 어떻게 식품섭취 데이터가 수집되고 분석되어야하는가가 매우 중요하다. 식품소비조사결과를 사용하여 소비된 식품의 양을 계산할 때 2가지 중요한 고려는 다음과 같다.

●총 식품 소비를 총인구수로 나누거나(1인당 양) 또는 그 식품을 소비하는 인구수로만 나누는 방법 (먹는 사람 당 양)

●소비시기(년당, 일당, 먹는 경우당)

1인당 양은 식품의 총양을 총인구수로 나누는 것이다. 섭취자 1인당 양은 식품 총량을 실제로 섭취하는 사람의 수로 나눈 것이다. 인구의 다수가 정기적으로 섭취하는 식품에 대하여는 1인당, 섭취자 1인당의 양은 거의 같다. 소수의 인구가 드물게 섭취하는 식품에 대한 1인당, 섭취자 1인당의 양은 매우 다르다. 그리고 이것은 계산된 노출수준에 큰 영향을 줄 것이다. 식품생산 통계는 일반적으로 1년당 식품의 양이 보고된다. 일일 섭취량은 1년 생산량을 365로 나누어 평가되나 이런 데이터만으로는 섭취 경우당 소비량을 평가하기는 불가능하다. 위험평가자는 위해요소 결정 동안 위험한 부분모집단 즉 임신한 여성 면역력이 떨어진 개인 70세 이상의 성인 6세 이하의 어린이에 대한 식품섭취 데이터를 만들 필요가 있다. 불행하게도 식품섭취 데이터베이스는 데이터가 없어서 정확하게 이들 집단을 규명하기가 불가능하다. 위험평가자는 국가 건강통계를 근거로 식품매개질병의 빈도 수준을 가정할 필요가 있다. 또한 위험평가자는 있음직한 병원체의 농도를 결정하기 위하여 평가되고 있는 식품에 관한 데이터를 모으는 것이 필요하다. 상대적이고 정확한 데이터를 평가하는 것은 해불만한 일이고 데이터의 부족은 효과적인 노출평가 모델을 개발하는데 주요 걸림돌이다. 식품관찰 데이터는 자주 발표되지 않지만 정부 실험실 또는 관리기관으로부터 얻을 수 있다. 식품업계는 데이터의 원천이나 일반적으로 기밀성 때문에 위험평가자에게 데이터를 제공하는 것을 주저한다. 동물 건강 데이터는 농림부나 수의사들로부터 유용하고 이것은 동물원성의 질병과 관련된다. 발표된 논문 또한 유용한 데이터를 공급하는데 지역적인 데이터를 얻기 위한 식품조사를 준비할 필요가 있다.

위해요소 결정 단계를 지원하기 위하여 노출평가는 식품생산에서 소비까지에서 위해와 식품간의 상호작용 그리고 이것의 병원체에 대한 영향을 서술할 필요가 있다. 이것은 현재의 과학적인 연구 검토, 병원체의 성장과 생존에 영향을 주는 요인을 이해하기 위하여 소비자와 식품 서비스 실행을 검토할 필요가 있다.

위해요소규명과 결정 단계 동안 가장 중요한 부분으로서 여러 가지 요인들이 병원체, 식품 제조공정 환경간의 상호작용에 영향을 준다.

△초기 원료오염과 재오염과/또는 성장에 대한 잠재력

△식품의 미생물학적 생태학 즉 pH, 수분활성도, 산화환원 전위, 영양소 함량, 항미생물제 존재 등

△조리나 취급과 같은 어떤 준비 단계뿐만 아니라 식품의 제조, 포장, 운반, 저장

방법

△위생수준, 위생처리, 공정관리 수행

소비자의 습관이 식품에서 병원체의 성장, 생존에 영향을 준다. 그러므로 위험평가자는 운반 조건, 취급 저장기간, 가정 냉장고에서 저장온도 조리습관을 고려해야 한다.

노출도 평가로부터의 결과는 유용한 데이터와 양적, 또는 질적 평가인지에 따라 다르다. 위험평가자와 위험관리자간의 상황설명은 노출도 평가에서 요구되는 세부적인 것을 결정하고 질적 또는 양적인 것을 결정한다.

질적평가는 노출 경로를 서술하는 단순한 모델을 제공할 수 있다. 양적평가는 환경조건에 영향을 받아 병원체의 성장, 사멸, 생존을 예측하는 수학적 모델과 수적인 평가는 소비자 식품에서 미생물의 수를 산출한다. 수확방정식은 어떻게 병원체가 시간에 따라 변하고 변화율에 대한 환경조건의 충격과 이들이 예측모델을 파생하기 위하여 사용되어지는가를 서술한다. 양적모델은 농장에서 식탁까지 각 점에서 병원체의 관찰, 측정된 양을 통합한다. 그리고 평가자가 연결고리의 끝에서 소비자에 대한 위험을 평가할 수 있다. 결과 데이터는 추정수 평가나 개연론적 평가형태가 될 수 있다. 추정수 평가는 예를 들어 10^5 cfu/g 식품 데이터를 대표하기 위하여 1개의 값을 사용(일반적으로 가장 나쁜 경우)한다. 그러므로 다양성과 불확실성이 무시되어진다. 반면 개연론적 평가는 얼마나 자주 다른 값이 발생되는가한 것 뿐만 아니라 값의 범위를 평가한다. 개연론적 위험평가는 Monte Carlo 분석과 같은 수적인 기술을 사용하여 행해진다. 이 기술을 사용하여 무작위로 취해진 추정수는 각 대입변수에 지정된 확률분포로부터 선택된다. 무작위 선택된 1가지 값의 결과는 수천번 반복된 결과이다. Monte Carlo simulation의 결과는 가능한 값의 범위에 대한 도수분포이다. 그런 결과는 위험관리자에게 위해에 대한 노출의 가능성과 정도에 관한 정보를 준다. 예를 들어 식품에서 병원체의 농도, 오염된 식품의 생산과 오염에 영향을 주는 요소들과 같은 것이다. 미생물학적 위험평가에 대한 포괄적인 양적 노출모델은 화학적 위험평가보다 좀더 복잡하고 소수만이 발표되었다. 노출평가는 병원체에 대한 노출의 정도, 빈도, 경향을 양적, 질적인 평가를 제공한다. 위해가 식품과 연관된 빈도와 섭취 데이터를 조합하는 것은 만들어진 노출 평가를 할 수 있게 하며 이것은 일반적으로 연간 소비된 오염된 식이의 수로서 나타낸다. 노출도 평가는 모집단에

의해서 소비된 위해의 양과 이 노출에서 식품 제조 공정, 준비에 있어서 여러 가지 사건의 충격을 평가할 수 있게 한다. 이것은 적당한 민감한 부분모집단에서 행해질 수 있다. 일반적으로 식품에서 미생물학적 위해의 해로운 효과는 많은 화학적 위해와는 달리 누적되지 않는 것으로 고려된다. 그러므로 위험 수준은 각 오염된 식이에 대한 소비자가 식품을 소비하는 빈도와 상관없는 것과 같다.

▶ 위험을 결정 (Risk characterization)

위험을 결정은 미생물학적 위험평가의 마지막 단계이고 식품의 소비에 의해 야기되는 해로운 사건을 평가하기 위한 위해요소규명, 위해요소 결정, 노출도 평가 단계동안 얻어진 정보의 통합을 포함한다. 위험을 결정은 식품의 소비를 통한 병원체의 노출가능성과 정도와 연관된다. 결과될 수 있는 위험은 개인위험 또는 식품 서빙양당 위험으로 표현될 수 있다. 위험을 표현하는데 있어서, 질적인 것이라 하여도 명확한 수준이 서술되어야 한다. 위험의 질적 등급의 예는 낮음, 중간, 또는 높음이다. 다른 알려지거나 받아들여진 위험과 비교하여 전후사정을 평가하는 것이 유용하다. 위험을 평가는 일반적으로 그 나라 인구에 적용되나 데이터로부터 특정모집단군 간에 위험수준이 다르다면 특정 모집단군에 대한 결정은 분리하여 평가하여야 한다. 이것은 위해에 대한 복용량-반응 정보의 유용성에 좌우된다. 그러나 이론적 외삽의 결과일 수 있다. 예를 들어 한 종족 모집단내에서 특정 식품에 대한 높은 수준의 노출은 이 그룹에 대한 비교적 높은 위험성을 나타낸다. 비슷하게 면역력 저하된 집단과 같은 그 사회의 어떤 부분에서 이론적으로 특정 미생물에 대하여 낮은 수준의 노출로부터 얻어진 질병의 위험성이 더 커질 수 있다. 위험평가를 확립할 때 특정 위험 순위를 우선하는 가정과 이유를 종합적으로 설명하고 토의하여 투명하게 하는 것은 중요하다. 위험수준을 평가할 때 위해의 심각성과 역학적인 연결 과 발생 데이터를 고려하는 것은 필수적이다. 예를 들어 위해가 심각할지 모르지만 특정 식품을 경유한 식품매개질병과 연결된 역학적인 증거가 거의 없고 특정식품과 연결된 발생 데이터가 드물다면 위험성은 낮다고 고려한다. 역으로 역학적, 발생 데이터가 식품매개 질병과 심각하게 연결되어지는 보통의 위해는 위험성이 높은 것으로 평가된다. 국가질병관련 역학적 증거는 대부분 타당하고 자국의 상황에 완전히 적용할 수 없는 외국의 자료보다 훨씬 중요하다. 전반적인 위험을 평가 초기에서 고려하는 다른 중요한 요인들은 소비자가 취하는 최종단계와 연결되는 특정 식품 내에서 위해미생물의 성장 특성이다. 질병을 일으키는데 요구되는 미생물의 성장 양에 대한 고려는 필수적이다. 그것은 병원체 수준이 낮게 노출된 것으로부터 질병을 초래할 수 있는지? 또는 질병을 유발하기 위하여 10^6 cfu/g 이상의 높은 밀도로 성장하는 것이 필요한가? 하는 것이다. 특정 식품이나 식품군이 빈번히 낮은 수준으로 병원체가

오염되는 증거가 있다면, 이 자체는 특별한 관심사가 아니다. 덧붙여, 식품의 연속적인 취급/공정이 미생물 성장을 허용하지 않는다. 만일 섭취하기 전에 조리된다면 이것은 이론적으로 위험을 제거하고 위험을 현저히 줄일 것이다. 위험을 결정할 때 위험을 평가에서 신뢰도 수준은 유용한 데이터의 정확성과 양에 의존한다. 종합적인 위험을 결정을 할 때 데이터는 충분하였는지 전문가의 판단은 어느 정도 사용되었는지에 대한 명확한 진술이 중요하다. 위험을 평가의 불확실성에 기여하는 데이터에서 주요 결함이나 한계는 문서화되어야 한다. 양적방법을 사용하여 위험을 평가할 때 위험을 평가와 관련된 불확실성 수준을 모델화하는 것이 가능하다. 양적 모델링은 위험을 감소 측정영향을 위험관리자에게 제공할 수 있는 감수성 분석을 가능하게 한다. 다양성은 생물학적 시스템, 식품공정기술, 식품저장방법과 사람 행동과 연관되고 그래서 본질적이다. 가정과 관련된 불확실성은 정보의 부족에 기인한다. 만일 불확실성의 수준이 중요하다면 위험을 결정할 때 마치고 전에 더 많은 데이터를 모으고 대조하는 것이 필요하다.

예시: 위험을 결정-*Listeria monocytogenes*

위험을 평가는 *L. monocytogenes*에 의해 특정 식품의 가능성 있는 오염을 평가하고 오염된 식품이 소비되었을 때 대중건강에 대한 가능성을 평가하는 것이다.

규명된 위험평가:

- 낮은 수준의 *L. monocytogenes* (대략 0.4/100g)은 이런 식품들에서 낮은 비율로 존재 할 것이다.

- 이 수준에서 식품을 섭취를 통하여 *L. monocytogenes*에 의하여 영향을 받을 가능성은 매우 낮다.

- 그러나 민감한 집단에서 *L. monocytogenes*의 감염량은 낮을 수 있으나 Listeriosis는 심각할 수 있다.

위험을 평가는 다른 위험을 평가자가 반복할 수 있고 작업을 비평할 수 있도록 다른 관심있는 독립된 부서에게 제공되어야 한다. 또한 위험을 평가는 어떤 구속, 불확실성과 가정 그리고 투명성을 보장하기 위하여 위험평가에서의 영향을 나타내어야 한다. 미생물학적인 위험을 평가 측정은 시간에 걸쳐 보고된 인간 질병 데이터 또는 새롭고 믿을 만한 정보가 유용하게 되면 재평가되어야 한다.

4. MRA 관련 국내 연구 사례 및 동향

국내에서 MRA 연구사례는 2003년 (Kang S. H) 생선회에서 *Vibrio parahaemolyticus*에 대한 risk assessment를 수행하였는데 생선회에 *Vibrio*가 존재할 가능성과 수준에 영향을 미치는 변수를 찾아내고 이를 계량화하였다. 장염 *Vibrio*는 바닷물에 서식하며 생육에 소금이 필요하고 열에 약하나 증식속도가 매

우 빠르다. 수온과 염분이 중요한 성장 요인으로 겨울에는 음성이나 여름에는 물에서 10-100배까지 발견이 된다. 1997년 장동석에 의한 충무지역에서 수거한 생선회의 *Vibrio*에 대한 MPN자료를 활용하여 2000년 미국의 FDA 모형을 이용하였다. 또한 수확 후 유통과정 중 *Vibrio*의 수에 영향을 미치는 생선회의 처리과정에 관련된 변수를 찾아내고 이를 계량화하였다. 유통 후 소비 시까지 *Vibrio*의 수에 영향을 미치는 생선회의 처리과정에 관련된 변수에 대하여 계량화를 하고 또한 일회 생선회 소비량을 알아내고 이를 근거로 1회 소비 총 *Vibrio parahaemolyticus* 수를 추정하였다. @Risk를 이용하여 최종적으로 섭취하게 되는 장염 *Vibrio*의 균수를 simulation방법으로 추정함으로써 노출 평가를 완료하였다. 노출량에 영향을 주는 가장 중요한 변수는 수온, 회소비량, 활어회의 자외선 처리, 기타의 순이었다. 온과 같은 환경적인 변수의 값이 주어졌을 때, 최종 위해도를 우리가 원하는 수준으로 낮추려면 보관시간과 같은 우리가 통제 가능한 변수들을 어떻게 조절해야 하는 지에 대한 가이드라인을 얻을 수 있다고 결론지었다.

또한 축산물가공장에 대한 MRA 적용 연구(2003년 박경진 등)에서는 가공장의 돈육을 대상으로 병원성 미생물에 대한 모니터링을 실시하였고, challenge test와 저장 기간에 따른 영향을 평가한 결과를 활용하여 Predictive model을 개발하고자 하였다.

식약청에서 Ready to eat food 의 대표적인 식품인 국내 유통 중인 김밥 제품에 대하여 3가지 식중독 균(*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*)에 대한 노출 평가를 주로 실시하였다(오덕환, 등, 2003). 또한 온도변화에 따른 김밥에서의 3균의 생육 특성을 조사하여 predictive model을 개발하였다. 시료 수집에 따른 제약으로 전체를 대표하는 모델을 제공하는데 한계가 있는 것으로 사료된다.

2003년 오덕환 등은 소세지 제품에서 *Listeria monocytogenes* 육제품에 대하여 predictive microbiology model을 개발하는 연구가 수행되어졌다.

이밖에 2002년 신일식 등은 두부에서의 부패균에 대한 predictive model을 개발하였다. 두부의 주 부패세균은 *Acetobacter calcoaceticus*(76%)와 *Bacillus sp.*(10%)이며 두부의 주 부패세균의 최대 증식속도에 미치는 온도의 영향을 square-root 모델로 정량화함으로써 각 균주의 성장속도와 온도와의 관계를 수치화 하였다. 두부의 주 부패세균의 기본 증식 모델의 유용성이 확인됨에 따라 별도의 배양실험을 거치지 않고도 정량평가모델을 이용한 부패균의 성장을 예측할 수 있었다. 이를 이용하여 유통기한을 예측 할 수 있었는데 이는 시중에서 유통되고 있는 두부의; 유통기한과 비슷한 기간으로 산출되었다.

노민정 등(2003)은 exposure assessment 중 오염수준예측에 @risk software를

활용하였다. 돈육생산공정에서의 *Listeria monocytogenes* 및 *Yersinia enterocolitica*의 오염 수준 예측에서 다양성과 불확실성을 감소는 각 단계와 요인들을 이용한 정량적 위해평가의 신뢰성과 정확성을 향상하기 위해 오염수준의 평균값을 이용하는 것보다 확률적 접근법 이용이 합리적인데 이에 Monte Carlo simulation 과 같은 모의실험이 널리 사용되고 있다고 하였다. 돈육 생산공정 중 오염의 우려가 높으며 저온 증식이 가능한 2가지 균주에 대하여 초기부터 가공 각 단계별 모니터링한 오염수준 자료를 가지고 Monte Carlo simulation을 활용하여 노출평가에 대한 유용한 방법론을 제시하였다. 결론적으로 오염수준에 가장 큰 영향을 주는 요인은 각 가공기기, 기구별 오염 정도이며 이의 제어에는 살균 세척의 영향이 크다고 하였다. 육가공공장의 부분육 저장온도는 5℃ 이하로 유지하는 것이 10, 20℃에 비해 매우 효과적이었으며 1℃와는 별 차이가 없었다고 하였다.

현재 국내에서는 MRA연구에 있어서 predictive model에 치중하여 전반적 MRA 사례가 부족하며 predictive model 도 broth 중심이 대부분이고 실제 식품을 대상으로 실시된 예는 드물다. 또한 아직 Dose-response analysis 연구는 국내에서 수행되지 않고 있는 실정이다..

5. 국외 동향

세계적인 식품안전성 위협성은 공중보건위협성과 위협성을 관리하고 전달하기 위한 정책의 조화된 국제적인 접근방법의 개발이 필수적이라는 것이 추세이며 규명된 공중보건과 안전 위협성에 근거한 세계적인 식품 규격을 개발하는 CODEX에 의해 주관되고 있다. 그러한 규격은 전세계적으로 최상의 소비자 보호 정책을 구체화하고 안전한 식품제품의 세계교역을 매개하고 무역장벽의 가능성을 줄이기 위하여 제안되어지고 있다. WTO Sanitary and Phytosanitary 조약과 Technical barriers to Trade 조약은 CODEX 규격과 연결되어있고 그래서 국가간의 식품규격이 무역장벽이 되지 않도록 보장하고 있다.

넓은 범위의 사회적, 경제적, 기술적 환경적 요인들이 식품매개질병의 빈도 증가에 기여한다고 판단된다. 중요한 요인들로는 식품생산 및 제조기술의 변화는 저장성을 연장하고 미생물 생태를 변화시키는 것, 농업과 식품생산의 통합과 animal production 활성의 강화, 수확에서 소비까지의 연장된 시간, 식습관 변화 특히 외식의 증가, 노년 인구와 면역력이 저하된 다수의 인구 증가, 인구성장과 증가된 도시화로 인한 감염 속도의 가속화, 해외여행 증가로 병원균의 나라와 종족간의 전염 증대, 식품교역의 세계화는 매우 빠르게 국가간의 거대한 거리로 운반되어진다는 것을 의미하고 있다.

이런 요인들은 새로운 식품매개병원균의 출현, 현존하는 미생물 병원체의 재출

현, 일부 병원체의 독성 증가와 중요 병원체간의 항생물질 내성이 개발되는 것을 초래한다. 이러한 사실들은 생산, 가공, 운반, 저장, 유통, 소비의 정상적인 조건에서 공중보건을 위협하는 가능성이 있는지를 재평가할 필요가 있다.

CODEX JEMRA에서는 *Salmonella enteritidis* in eggs(FSIS, 1988), *Salmonella enterica* in broiler chicken(WHO/FAO 2002), *Listeria monocytogenes* in ready to eat foods(FDA/FSIS 2001), *Campylobacter jejuni* in broiler chicken (FAO/WHO 2002), *Vibrio* species in shellfish (FDA 2001)에 대한 MRA를 제공하고 있다. 실제로 MRA를 수행하는데 있어서 병원성 미생물에 대한 정량 방법]에 대한 충분한 연구가 아직 미흡한 편으로 독일 등 유럽국가에서도 이 부분에 대한 문제를 갖고 있다. 지금까지 선진국에서도 병원성 미생물에 대한 관리는 양성, 음성으로 기준하였고 정량에 대한 것은 아주 부분적으로 시행되어왔다. MRA 관련 연구자들은 연구의 효율성을 높이기 위하여 데이터를 공유하자는 데 의견이 모아져 surveillance system (FoodNet, PulseNet)을 만들어 제공하고 있다.

최근 호주 정부는 아시아 국가 공무원을 대상으로 자국의 MRA 자료를 제공하고 교육 훈련을 실시하였다. 이는 자국 제품의 안전성을 소개함으로써 무역에 긍정적인 효과를 얻으려는 노력을 한 것으로 분석됨. 호주와 뉴질랜드는 무역촉진과 공중위생에 기여하고자 통일 식품위생법을 제정하기 위하여 1996년 호주 뉴질랜드 합동 식품청이 창설되었고, risk assessment, risk management에 관한 지침을 문서로 제공하고 있다.

캐나다는 Food Safety Enhancement Program으로 HACCP를 일찍이 도입한 국가로서, HPB(Health Protection Branch)에 의한 식품내에서의 미생물학적 risk analysis에 관한 연구는 발달단계이다.

일본은 1994년 HACCP 제도가 도입되었으며 후생성에서는 승인대상이 아닌 식품에 대한 HACCP 도입의 추진, 중소기업에서의 HACCP 개념을 활용한 제조 또는 가공방법의 보급과 추진, 생산에서 소비에 이르는 일관적인 대책, risk analysis의 개념과 HACCP의 활용에 관한 과제를 추진하고 있다.

6. 돈육 소비 관련 자료

국내 소비자들이 돈육 소비와 관련된 자료는 Risk assessment 모델을 만들 때 반드시 필요한 자료로 국내에서 조사되어 보고서, 학술자료집 등을 통하여 조사된 자료는 돼지고기 구입 빈도, 돈육의 주요 구입처, 외식에서 고기를 먹는 빈도, 주요 구입처, 외식에서 돈육을 섭취하는 비율, 계절별 다소비 식품으로서의 순위 등등 돈육의 소비 형태와 관련한 자료로써 Table 1-1 ~ 1-9와 같다. 또한 이외에도 살모넬라가 오염된 돈육을 한국인이 주로 조리하는 방법에 의해 조리

하였을 경우 및 저장 중 균수 변화 한국인이 가장 선호하는 돈육 조리방법인 로스구이 후 온도 및 가열 시간에 따른 돈육의 미생물 수준 변화 등에 관한 데이터는 자료를 통하여 얻을 수 없어서 실험을 통하여 자료를 확보하였으며 이는 3장에 제시하였다.

Table 1-1. Incidence of pork meat purchasing

구 분	돼지고기
거의매일	8(1.6)*
일주일에 세번	21(4.3)
일주일에 두번	68(13.8)
일주일에 한번	181(36.6)
2주일에 한번	115(23.3)
한달에 한번	89(18.0)
기 타	12(2.4)
(무응답)	(77)
합 계	494(100)

* 가구수(비율)

<자료출처: 육류소비구조의 변화와 전망, 한국농촌경제연구원>

Table 1-2. Major purchasing places of pork meat

구 분	돼지고기
일반정육점	318(55.9)
백화점	42(7.4)
농(축)협수처 · 연쇄점	88(15.5)
일반수퍼 · 체인점	73(12.8)
생산자직매장	22(3.9)
대형할인매장	20(3.5)
기타	6(1.1)
(무응답)	(2)
합 계	569(100)

* 가구수(비율)

<자료출처: 육류소비구조의 변화와 전망, 한국농촌경제연구원>

Table 1-3. Incidence of meat consumption when eating out

구 분	응답가구 (비율)
매번 고기를 먹음	142(26.8)
절반정도 고기를 먹음	308(58.2)
거의 고기를 먹지 않음 (무응답)	79(14.9) (42)
합 계	529(100)

* 가구수(비율)

<자료출처: 육류소비구조의 변화와 전망, 한국농촌경제연구원>

Table 1-4. Consumption rate of pork meat when eating out by income and age

연 령	돼지고기 (비율)	소 득	돼지고기 (비율)
29세 이하	7(43.7)	110만원 미만	92(75.4)
30~39세	143(59.1)	110~200	122(70.9)
40~49세	141(63.5)	200~300	76(50.7)
50세 이상	11(36.7)	300만원 이상	23(28.4)
합 계	302(59.2)	합 계	313(59.6)

<자료출처: 육류소비구조의 변화와 전망, 한국농촌경제연구원>

Table 1-5. Average intake amount of pork meat per one day by sex
(unit:g/day)

식품명	구 분	전 국	성 별	
			남자	여자
돼지고기		22.1	26.6	18.0
돼지 삼겹살		12.1	15.1	9.5
돼지 부산물		0.9	1.5	0.5
돼지고기가공품, 런치미트		0.5	0.6	0.4

<자료출처: 국민영양조사보고서2002>

Table 1-6. Average intake amount of pork meat per one day by age

연령 (세)	구 분				섭취량 (g)			
	돼지 고기	돼지 삼겹살	돼지 부산물	돼지고기 가공품, 런천미트				
1~2	3.8	0.4	0.1	0.3				
3~6	18.9	4.7	0.1	0.2				
7~12	25.1	9.3	0.2	0.5				
13~19	31.9	14.8	0.6	1.3				
20~29	27.1	12.6	1.4	0.9				
30~49	23.4	18.9	1.5	0.5				
50~64	17.0	6.9	0.9	0.1				
65 이상	10.6	3.1	0.2	0.0				
전 국	22.1	12.1	0.9	0.5				

<자료출처: 국민영양조사보고서2002>

Table 1-7. Average intake amount of pork meat per one day by region

지역 구분	식품명	1일 섭취량 (g)	
		돼지고기	돼지 삼겹살
전국		22.1	12.1
대도시		23.0	12.5
중소도시		23.5	13.5
읍 · 면지역		16.9	8.4

<자료출처: 국민영양조사보고서2002>

Table 1-8. Distribution of intake incidence of pork meat for the over 12 years old objects

섭취 빈도수 (회)		돼지 고기 (%)
	거의 안 먹음	5.71
1일	1	0.72
	2	0.14
	3	0.08
1주	1	35.69
	2~3	18.58
	4~5	4.05
1달	1	10.15
	2~3	21.48
	4~7	3.39

<자료출처: 국민영양조사보고서2002>

Table 1-9. Ranking of pork meat as a frequently consumed foods and average intake amount per one day by season

계절	식품명	순위	섭취량 (g)	섭취 비율 (%)
봄	돼지고기	7	19.8	1.8
	돼지 삼겹살	19	11.9	1.1
여름	돼지고기	12	18.1	1.5
	돼지 삼겹살	24	10.4	0.8
가을	돼지고기	10	21.4	1.8
	돼지 삼겹살	28	9.8	0.8
겨울	돼지고기	11	22.1	1.7
	돼지 삼겹살	22	12.1	0.9

<자료출처: 국민영양조사보고서2002>

제 2 절 도축공정별 미생물 분석결과 및 위생관리현황

1. 도축장 선정 및 도축 공정별 현황

도축장의 작업량 및 HACCP system 도입 등을 포함하여 위생수준을 고려하여 경기, 인천, 충남 지역에 위치한 8개의 도축장을 선정하고 2003년 8월부터 2005년 4월까지 계절별로 총 6회 시료를 채취하였다. 대상 도축장에 대하여 도축 공정별(내장적출 전, 내장적출 후, 최종세척 후, 예냉실)로 미생물 오염도를 조사 비교하였으며, 아울러 도축장별 위생 현황조사를 실시하였다.

가. 도축장별 위생현황조사

도축장별 위생현황조사는 Table 2-1, Table 2-2에서와 같이 도축단계별로 위생과 관련되어지는 것으로 추정되는 50여 항목을 조사하였다. 도축장별 주요 위생관련 작업공정을 비교하여 보면 조사 대상 8개 작업장 중 단지 3개 작업장에서만 계열화 농가로부터 돼지를 생산 및 도축하고 있었다. 앞으로 도축장에서 항생제 등 잔류물질이나 인수공통전염병의 효율적 관리를 위해서는 농가에 대한 사전예방관리가 중요한 것으로 사료되므로 계열화는 적극적으로 추진되어야 할 것이다.

도축장의 종업원수 및 전체적인 물 사용량, 시간당 작업두수, 도축소요시간 등은 도축규모와 관계없이 상당히 차이가 있는 것으로 나타나 위생과 관련한 충분한 검토가 필요할 것이다. 작업장별 계류시간은 최대 8시간 까지 다양하게 조사되었으나 사료효율이나 분변에 의한 지육 오염 등을 최소화하기 위해서는 계류시간을 4시간 이상 실시하도록 강력히 권고할 필요성이 있다.

도체에 대한 세척여부, 도축라인의 온수사용여부 등은 모든 작업장에서 잘 이루어지고 있는 것으로 분석되었으며, 도축방법은 8개 장업장 중 1개 장업장을 제외하고 모두가 탕박을 선호하고 있으며, 탕박 조건은 대체로 59-62℃에서 6-8 분 정도로 실시되고 있었으며 작업장간에 비슷한 경향이었고, 탕박조의 물 교환횟수도 모든 작업장이 1일 1회 실시하는 것으로 조사되었다.

하지만 조사한 대부분의 작업장에서 분변에 의한 식육오염을 방지하기 위한 항문 및 식도결찰은 실시하지 않는 것으로 나타났으며 또한 도축라인에서 모든 작업장이 면장갑을 착용하고 있어서 앞으로 이들에 대한 개선이 필요한 것으로 사료된다. 작업장내 온도는 대체로 15℃이하로 유지하고 있으나 일부 작업장은 15-20℃로 유지하고 있으며, 예냉실 입고시 12시간 이후의 지육의 중심온도가 HACCP작업장의 권장온도인 4.5℃보다 높게 유지하는 작업장이 절반 이상을 차지하고 있어서 이들에 대한 개선이 필요할 것이다.

Table 2-1. Comparison of major factors related on the slaughtering processes for each slaughterhouse

구 분	작업장별 현황							
	A	B	C	D	E	F	G	H
계열화여부	X	X	X	X	O	X	O	X
도축두수 (두/일)	700	1,100	700	2,000	2,000	1,300	1,800	1,300
종업원 수 (계류장-예냉실)	20	38	40	63	38	35	50	20
물 사용량 (L/두)	200	500	114	250	121	380	450	150
시간당 작업두수	100	250	100	250	450	170	400	200
계류시간	4	8	3	2	8	3	5	-
계류장 분무세척 정도	△	O	X	△	O	O	O	△
2분도체후 세척	O	O	O	O	O	O	O	O
최종세척	O	O	O	O	O	O	O	O
도축방법	탕박	탕박/ 박피	탕박	탕박/ 박피	탕박	탕박	박피	탕박
탕박온도(℃)	60	60	59	62	60	60	-	61.5
탕박시간(분)	7	6.5	7.5	8	8	7.5	-	6
탕박물교환 (회/일)	2	1	1	1	1	1	-	1
항문결찰	X	X	X	X	X	X	X	O
식도결찰	X	X	X	X	X	X	X	X
도축라인 온수사용	O	O	O	O	O	O	O	O
도축라인 면장갑 사용	O	O	O	O	O	O	O	O
작업장 온도(℃)	15이하	15이하	15이하	15이하	15이하	19이하	18이하	20이하
도축소요시간 (전살→예냉실)	23분	23분	45분	23분	23분	25분	16분	26분
예냉실 상대습도(%)	87	88	80	50	75	75	40	88
예냉실풍속 (m/초)	2-3	2-3	7	-	-	2	2-3	10
예냉실 입고 12시간후 지육온도(℃)	4.5이하	3.5-4 이하	-	10이하	10이하	7-8이하	-	7이하

Table 2-2. Comparison of major processing conditions for each slaughterhouse

구 분		내용
도축전 단계	농장의 사육두수	-
	계열화여부	X(6개소), O(2개소)
도축장 현황	도축두수(두/일)	700(2개소), 1100(1개소), 1300(2개소), 1800(1개소), 2000(2개소)
	종업원수(계류장-예냉실)	20~68명
	일일 물 사용량	사용량 140~500톤/일,
	종업원의 경력(년)	머리절단(5~20), 예박(~20), 내장적출(3~22), 2도체(자동라인, 5~23)
	계류장 크기	264-3,044 m ²
	작업장 크기	385-3,300 m ²
	예냉실크기	192-1,459 m ² , 현수두수 650-3,600두
계류장	계류시간	1시간 이하(X), 평균 4시간
	분무세척정도(O,△,×)	O(3개소), △(4개소), ×(1개소)
사용수(지하수, 수도수 및 기타)		수 도 수
도축방법(탕박 또는 박피)		탕박 (6개소), 탕박+박피 (2개소), 박피 (1개소)
지육세척	방혈전 세척(O,X)	O(6개소), X(2개소)
	방혈후 세척(O,X)	O(8개소), X(0개소)
	잔모소각(화염)(O,X)	O(6개소), X(2개소)
	2분도체전 세척(O,X)	O(7개소), X(1개소)
	2분도체후 세척(O,X)	O(7개소), X(1개소)
	최종세척(O,X)	O(8개소), X(0개소)
탕박	방식(침지, 스틱)	침지, 분사식,스틱
	온도	58 ~ 61 ℃
	시간	6 ~ 8분
	물교환횟수(/일)	1 ~ 2회
	탕박조의 용량(L)	0.3~40톤
박피	방 법(수평, 수직)	수평(2개소)

Table 2-2. Continued

구 분		내용	
전살 볼트 및 시간		200 ~ 300 V	
항문결찰 유무(O,X)		X(7개소), △(1개소, 항문분리기)	
식도결찰 유무(O,X)		X(8개소)	
작업장내 온수의 온도 및 사용실태	방혈라인	시설여부	사용여부(O,X)
		온수, 소독조	O (8개소)
	예박라인	온수, 소독조	O(7개소), ×(1개소)
	머리절단 라인	온수, 소독조	O (8개소)
	항문적출 라인	온수, 소독조	O (8개소)
	가슴절개 라인	온수, 소독조	O (8개소)
	백내장적출 라인	온수, 소독조	O (8개소)
	적내장적출 라인	온수, 소독조	O (8개소)
마무리 작업 라인		온수, 소독조	O (8개소)
고무장갑사용 여부(O,X)		O(3개소), ×(5개소)	
도체세척 소독제 종류 및 사용유무(O,X)		O(5개소), ×(3개소)	
작업장내 온도		15 ~20℃ 이하	
소요시간	전살→내장적출	3 ~ 23 분	
	내장적출→예냉실	2 ~ 25 분	
	전살→예냉실	16 ~ 45 분	
지육 예냉실	온도(℃)	-5 ~ 8℃ 이하	
	상대습도(%)	50 ~90 %	
	풍속(m/초)		
	보관시간(시간)	6 ~ 48 시간	
	예냉실 입고직후	30 ~ 41 ℃	
	예냉실 입고 12시간후	3.5 ~ 10℃ 이하	
	예냉실 입고 24시간후	1 ~ 6 ℃ 이하	

2. 도축장의 미생물 오염 수준

가. 오염 지표 미생물 수준

8개 돼지도축장의 작업공정별로 채취한 840개 시료에 대해 일반세균수를 조사한 결과는 Table 2-3과 같다. 일반적으로 식육에서의 일반세균수 오염 권장기준 10^5 이상 CFU/cm²인 시료는 없었으며, 10^4 - 10^5 미만 CFU/cm²인 시료가 15개 시료(1.8%)였고 나머지 모든 시료(약 98.2%)가 10^4 미만 CFU/cm²으로 나타나 우리나라의 도축장에 있어서 2003년 7월 1일부터 모든 도축장에 HACCP제도 의무 적용 이후 도축 위생수준은 상당히 개선된 것으로 분석되었다. 아울러 작업공정별로 일반세균수의 오염도를 보면 10^3 이상 CFU/cm² 오염 수준을 보인 시료에서 나타난 바와 같이 내장적출후 오염수준이 49.5%로 나타났는데 최종 세척이후 예냉실 시료의 오염수준은 16.2%로 나타나서 최종세척 단계를 거치면서 일반 세균 오염수준이 감소하는 것으로 나타나 도체 세척이 위생수준 향상에 매우 중요한 공정인 것으로 분석되었다.

도축장의 대장균 오염도 조사 결과는 Table 2-4와 같다. HACCP system 적용 돼지 도축장의 경우 대장균수 최대허용한계치인 10^4 이상 CFU/cm²인 시료는 없었고, 10^2 - 10^3 미만 CFU/cm²인 시료가 1개 시료로 0.1%였고, 10^1 - 10^2 미만 CFU/cm²인 시료는 30개 시료로 3.6%였으며, 10^1 미만 CFU/cm²인 시료가 809개로 96.3%로 나타나 지육에 대한 도축장에서의 분변오염 수준은 매우 위생적인 것으로 나타났다. 아울러 작업공정별로 대장균수의 오염도를 분석한 결과 일반세균수의 오염도와 마찬가지로 10^1 이상 CFU/cm² 오염수준을 보인 시료에서 나타난 바와 같이 내장적출 후 오염수준 8.15%보다 최종 세척이후 예냉실 오염수준 0.9%로 나타나 최종세척 단계를 거치면서 오염수준이 상당히 감소하는 것으로 나타났다.

도축장별 오염지표 미생물조사 결과는 Table 2-5와 같았다. 일반세균수 오염수준이 10^4 이상 CFU/cm² 오염되어 나타난 도축장은 A, C, D, F 도축장으로 상대적으로 오염수준이 높았고, 대장균수 오염수준은 10^2 - 10^3 미만 CFU/cm²인 1개 시료(0.1%) 나타난 작업장은 H도축장이었고, 10^1 - 10^2 미만 CFU/cm² 정도의 오염수준 작업장은 C 및 F작업장으로 나타났다.

Table 2-3. Contamination level of general bacteria during slaughtering process

일반세균수 (CFU/cm ²)	작업공정별 오염지표 미생물 분포(%)				계(%)
	내장적출 전	내장적출 후	최종세척 후	예냉실	
10 ² 미만	6 (2.8)	10 (4.8)	23 (10.9)	60 (28.6)	99 (11.8)
10 ² 이상-10 ³ 미만	98 (46.7)	91 (43.3)	112 (53.3)	114 (54.2)	415 (49.4)
10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	98 (46.7)	104 (49.5)	75 (35.7)	34 (16.2)	311 (37.0)
10 ⁴ 이상-10 ⁵ 미만	8 (3.8)	5 (2.3)	0	2 (0.9)	15 (1.8)
10 ⁵ 이상-10 ⁶ 미만	0	0	0	0	0
10 ⁶ 이상	0	0	0	0	0
계	210	210	210	210	840

Table 2-4. Contamination level of *E. coli* during slaughtering process

대장균수(CFU/cm ²)	작업공정별 대장균수 분포(%)				계
	내장적출 전	내장적출 후	최종세척 후	예냉실	
10 ¹ 미만	204 (97.1)	192 (91.4)	205 (97.6)	208 (99.1)	809 (96.3)
10 ¹ 이상-10 ² 미만	6 (2.9)	17 (8.1)	5 (2.4)	2 (0.9)	30 (3.6)
10 ² 이상-10 ³ 미만	0	1 (0.5)	0	0	1 (0.1)
10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	0	0	0	0	0
10 ⁴ 이상	0	0	0	0	0
계	210	210	210	210	840

Table 2-5. Contamination level of general bacteria and *E. coli* during slaughtering process for each slaughterhouse

작업장	구분	작업공정별 오염지표 미생물 분포				계	
		내장적출전	내장적출후	최종세척후	예냉실		
A	일반세균수(CFU/cm ²)						
		10 ² 미만	1	1	10	14	26
		10 ² 이상-10 ³ 미만	13	11	7	14	45
		10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	13	18	13	2	46
		10 ⁴ 이상-10 ⁵ 미만	3	0	0	0	3
		10 ⁵ 이상-10 ⁶ 미만	0	0	0	0	0
		10 ⁶ 이상	0	0	0	0	0
		계	30	30	30	30	120
		대장균수(CFU/cm ²)					
		10 ¹ 미만	30	29	30	30	119
		10 ¹ 이상-10 ² 미만	0	1	0	0	01
		10 ² 이상-10 ³ 미만	0	0	0	0	0
		10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	0	0	0	0	0
		10 ⁴ 이상	0	0	0	0	0
	계	30	30	30	30	120	
B	일반세균수(CFU/cm ²)						
		10 ² 미만	2	4	3	24	33
		10 ² 이상-10 ³ 미만	24	16	22	5	67
		10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	4	10	5	1	20
		10 ⁴ 이상-10 ⁵ 미만	0	0	0	0	0
		10 ⁵ 이상-10 ⁶ 미만	0	0	0	0	0
		10 ⁶ 이상	0	0	0	0	0
		계	30	30	30	30	120
		대장균수(CFU/cm ²)					
		10 ¹ 미만	30	29	30	30	119
		10 ¹ 이상-10 ² 미만	0	1	0	0	1
		10 ² 이상-10 ³ 미만	0	0	0	0	0
		10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	0	0	0	0	0
		10 ⁴ 이상	0	0	0	0	0
	계	30	30	30	30	120	

Table 2-5. Continued

작업장	구분	작업공정별 오염지표 미생물 분포				계
		내장적출전	내장적출후	최종세척후	예냉실	
C	일반세균수(CFU/cm ²)					
	10 ² 미만	1	0	1	3	5
	10 ² 이상-10 ³ 미만	4	7	6	13	30
	10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	22	21	23	14	80
	10 ⁴ 이상-10 ⁵ 미만	3	2	0	0	5
	10 ⁵ 이상-10 ⁶ 미만	0	0	0	0	0
	10 ⁶ 이상	0	0	0	0	0
	계	30	30	30	30	120
	대장균수(CFU/cm ²)					
	10 ¹ 미만	29	26	27	30	112
	10 ¹ 이상-10 ² 미만	1	4	3	0	8
	10 ² 이상-10 ³ 미만	0	0	0	0	0
	10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	0	0	0	0	0
10 ⁴ 이상	0	0	0	0	0	
계	30	30	30	30	120	
D	일반세균수(CFU/cm ²)					
	10 ² 미만	0	0	0	6	6
	10 ² 이상-10 ³ 미만	9	6	18	23	56
	10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	20	24	12	1	57
	10 ⁴ 이상-10 ⁵ 미만	1	0	0	0	1
	10 ⁵ 이상-10 ⁶ 미만	0	0	0	0	0
	10 ⁶ 이상	0	0	0	0	0
	계	30	30	30	30	120
	대장균수(CFU/cm ²)					
	10 ¹ 미만	30	30	30	30	120
	10 ¹ 이상-10 ² 미만	0	0	0	0	0
	10 ² 이상-10 ³ 미만	0	0	0	0	0
	10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	0	0	0	0	0
10 ⁴ 이상	0	0	0	0	0	
계	30	30	30	30	120	

Table 2-5. Continued

작업장	구분	작업공정별 오염지표 미생물 분포				계	
		내장적출전	내장적출후	최종세척후	예냉실		
E	일반세균수(CFU/cm ²)						
		10 ² 미만	0	0	2	7	9
		10 ² 이상-10 ³ 미만	15	16	24	16	71
		10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	15	14	4	7	40
		10 ⁴ 이상-10 ⁵ 미만	0	0	0	0	0
		10 ⁵ 이상-10 ⁶ 미만	0	0	0	0	0
		10 ⁶ 이상	0	0	0	0	0
		계	30	30	30	30	120
	대장균수(CFU/cm ²)						
		10 ¹ 미만	30	29	30	30	119
		10 ¹ 이상-10 ² 미만	0	1	0	0	0
		10 ² 이상-10 ³ 미만	0	0	0	0	0
		10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	0	0	0	0	0
	10 ⁴ 이상	0	0	0	0	0	
	계	30	30	30	30	120	
F	일반세균수(CFU/cm ²)						
		10 ² 미만	0	1	5	2	8
		10 ² 이상-10 ³ 미만	8	10	11	20	49
		10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	21	16	14	6	57
		10 ⁴ 이상-10 ⁵ 미만	1	3	0	2	6
		10 ⁵ 이상-10 ⁶ 미만	0	0	0	0	0
		10 ⁶ 이상	0	0	0	0	0
		계	30	30	30	30	120
	대장균수(CFU/cm ²)						
		10 ¹ 미만	25	21	28	28	102
		10 ¹ 이상-10 ² 미만	5	9	2	2	18
		10 ² 이상-10 ³ 미만	0	0	0	0	0
		10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	0	0	0	0	0
	10 ⁴ 이상	0	0	0	0	0	
	계	30	30	30	30	120	

Table 2-5. Continued

작업장	구분	작업공정별 오염지표 미생물 분포				계	
		내장적출전	내장적출후	최종세척후	예냉실		
G	일반세균수(CFU/cm ²)						
		10 ² 미만	2	4	0	3	9
		10 ² 이상-10 ³ 미만	12	11	13	11	47
		10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	1	0	2	1	4
		10 ⁴ 이상-10 ⁵ 미만	0	0	0	0	0
		10 ⁵ 이상-10 ⁶ 미만	0	0	0	0	0
		10 ⁶ 이상	0	0	0	0	0
		계	15	15	15	15	60
		대장균수(CFU/cm ²)					
		10 ¹ 미만	15	15	15	15	60
		10 ¹ 이상-10 ² 미만	0	0	0	0	0
		10 ² 이상-10 ³ 미만	0	0	0	0	0
		10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	0	0	0	0	0
	10 ⁴ 이상	0	0	0	0	0	
	계	15	15	15	15	60	
H	일반세균수(CFU/cm ²)						
		10 ² 미만	0	0	2	1	3
		10 ² 이상-10 ³ 미만	13	14	11	12	50
		10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	2	1	2	2	7
		10 ⁴ 이상-10 ⁵ 미만	0	0	0	0	0
		10 ⁵ 이상-10 ⁶ 미만	0	0	0	0	0
		10 ⁶ 이상	0	0	0	0	0
		계	15	15	15	15	60
		대장균수(CFU/cm ²)					
		10 ¹ 미만	15	14	15	15	59
		10 ¹ 이상-10 ² 미만	0	0	0	0	0
		10 ² 이상-10 ³ 미만	0	1	0	0	1
		10 ³ 이상-10 ⁴ 미만	0	0	0	0	0
	10 ⁴ 이상	0	0	0	0	0	
	계	15	15	15	15	60	

나. 병원성 미생물 오염 수준

도축장별 *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* 등 병원성 미생물 오염 수준 조사 결과는 Table 2-6, 2-7과 같다. 전체적으로 도축장 도체에서의 *Salmonella* spp. 및 *Listeria monocytogenes* 오염율은 1.9%(16/840)였고, 균종별 오염율은 *Salmonella* spp. 0.36%, *Listeria monocytogenes* 1.54%였다. 도축장별로는 A, B, D, H 작업장에서 병원성 미생물이 검출되지 않았으며, 일반세균 및 대장균의 오염수준이 높은 C 및 F작업장에서 *Salmonella* spp.가 검출되었고, *Listeria monocytogenes*은 일반세균 및 대장균의 오염수준과 관계없이 G작업장에서 검출율(13.3%)이 높았고, E 및 F 작업장에서도 각각 1.7%, 및 3.4% 검출되었다. *Salmonella* spp.의 오염율은 HACCP 적용 돼지도축장의 권장기준인 연간 7%이내 기준에 부합되며, 아울러 미국 등 도축장의 살모넬라 오염수준에 비하여 매우 낮아 이에 대한 세밀한 분석이 요구된다. 도축공정별로는 최종세척 후에 리스테리아균의 검출율이 높게 나타난 것이 특이한 사항이었다.

Table 2-6. Contamination level of *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes*. in slaughterhouses

도축장	작업장별 병원성미생물 검출수(%)		계(%)
	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Listeria mono.</i>	
A (n=120)	0	0	0
B (n=120)	0	0	0
C (n=120)	2 (1.66)	0	2 (1.66)
D (n=120)	0	0	0
E (n=120)	0	2 (1.66)	2 (1.66)
F (n=120)	1 (0.83)	3 (1.42)	4 (3.4)
G (n=60)	0	8 (13.3)	8 (13.3)
H (n=60)	0	0	0
계 (n=840)	3 (0.36)	13 (1.54)	16 (1.90)

Table 2-7. Contamination level of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in slaughterhouses

도 축 장	작업공정별 병원성미생물 검출수(%)							
	내장적출 전 (n=210)		내장적출 후 (n=210)		최종세척 후 (n=210)		예냉실 (n=210)	
	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Listeria</i> spp.	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Listeria</i> spp.	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Listeria</i> spp.	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Listeria</i> spp.
A	0	0	0	0	0	0	0	0
B	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	1 (0.47)	0	1 (0.47)	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	1 (0.47)	0	1 (0.47)
F	0	0	0	0	0	1 (0.47)	1 (0.47)	2 (0.95)
G	0	1 (0.47)	0	0	0	7 (3.33)	0	0
H	0	0	0	0	0	0	0	0
계	0 (0.0)	1 (0.47)	1 (0.47)	0 (0.0)	1 (0.47)	9 (4.28)	1 (0.47)	3 (1.42)

다. 작업장내 낙하세균 수

도축장의 작업장내 낙하세균수 조사결과는 Table 2-8과 같다. 도축장 작업장내의 낙하세균수(CFU/직경 87mm 평판배지, 5분간 노출)가 적게는 2 CFU/배지에서 많게는 1,420 CFU/배지 수준으로 나타나 전반적으로 낙하세균수는 높은 것으로 분석되었다. 일반작업장에서 권장하고 있는 비청결 작업구역에서도 100이하로 관리하는 것을 권장하고 있으므로 전체적으로 작업공정중에 공기중 오염을 최소화하기 위해서는 작업장내 낙하세균수를 줄이는 방안을 강구하여야 할 것으로 사료된다.

Table 2-8. Level of air-borne bacteria for each slaughterhouse

도축장	주기별 작업장내 낙하세균수(CFU/배지)					
	1	2	3	4	5	6
A	2	62	70	81	30	NT*
B	232	36	188	160	NT*	78
C	7	NT*	188	178	525	284
D	NT*	168	650	82	145	97
E	270	NT*	NT*	NT*	250	73
F	NT*	125	290	NT*	NT*	1,420
G	-	-	-	NT*	NT*	158
H	-	-	-	NT*	NT*	699

* NT : Not Tested

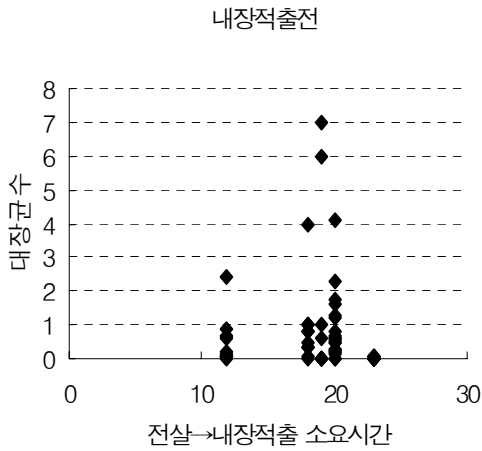
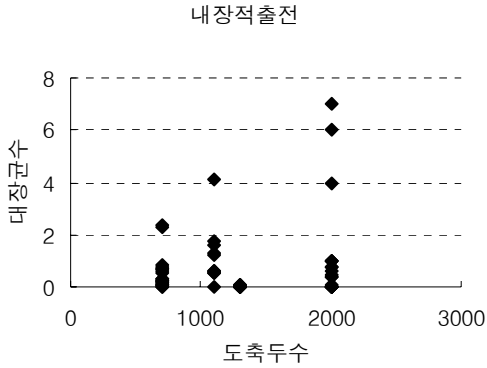
3. 국내 도축장의 단계별 병원성 미생물 변화 추이모델 연구

가. 국내 도축장의 단계별 병원성 미생물 변화 추이모델 연구

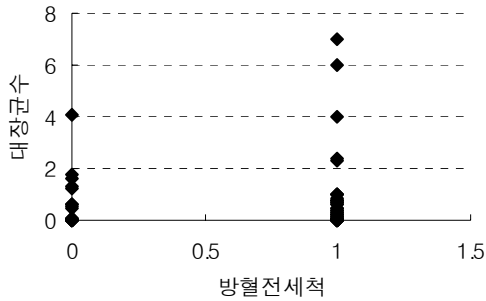
도축장에서 공정단계별로 실시한 미생물 결과와 작업현황조사 자료로 QRA 모델연구를 수행하였다. 리스테리아균이 480종 시료에서 매우 적게 (3종) 검출되어 대장균수와 이에 영향을 미치는 것으로 판단된 변수에 대하여 관계를 파악하고 다시 대장균수와 리스테리아균수의 관계를 파악하는 2단계 (2 stage) 모형을 구성하고자 각 단계별로 파악된 대장균수를 이에 영향을 미치는 변수들에 대하여 plotting을 하여보았다.

1) 내장적출전

내장적출전 대장관수에 영향을 미치는 주요변수는 도축두수, 방혈전세척유무 (yes=1, no=0), 전살에서 내장적출까지 소요시간(분)에 대하여 plotting 하여 본 결과는 다음과 같다.



내장적출전

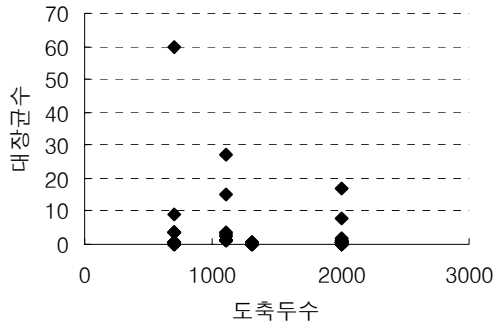


우선, 내장적출전 단계에서는 도축두수에 대하여 도축두수가 많을수록 대장균수가 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 후에 거론될 예냉단계에서는 오히려 도축두수가 많은 도축장에서 대장균수가 적게 검출되어 대규모 도축장일수록 내장적출전에는 대장균수가 많지만 도축과정을 거치면서 대장균수가 오히려 줄어드는 것으로 나타나 대규모 도축장일수록 대장균수 저감에 효율적인 작업을 하고 있는 것으로 사료된다. 하지만 방혈전 세척의 경우 세척을 할 경우 대장균수가 더 많이 발견되는 것으로 나타나 좀더 자료의 검증이 필요한 것으로 나타났다. 마지막으로 내장적출 전까지의 소요시간이 길수록 대장균수가 많이 발견되는 것으로 나타났다.

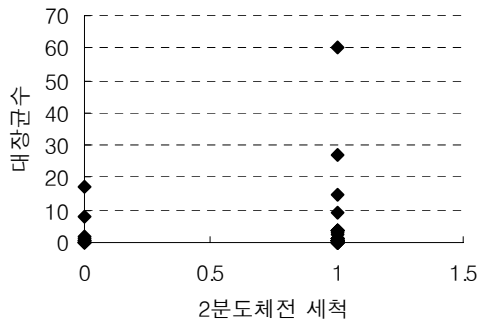
2) 2분도체전 세척

2분도체전 세척후 대장균수에 영향을 미치는 주요변수인 도축두수, 2분도체전 세척유무(yes=1, no=0), 내장적출에서 예냉실까지 소요시간(분)에 대하여 plotting 하여 본 결과는 다음과 같다.

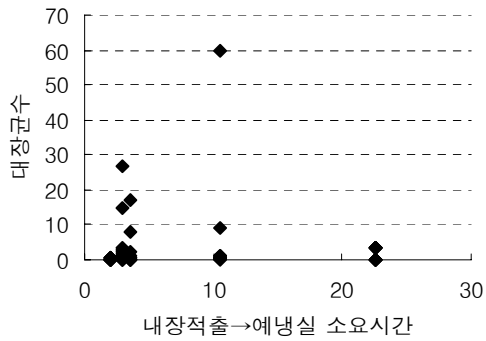
2분도체전 세척



2분도체전 세척



2분도체전 세척

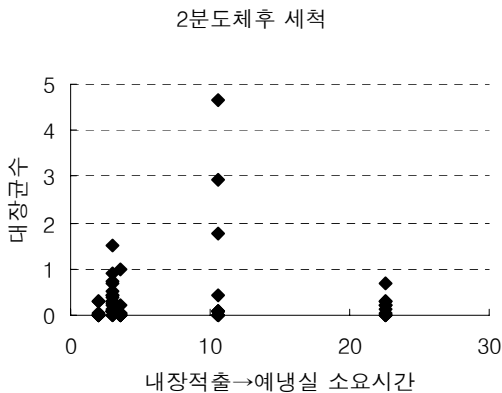
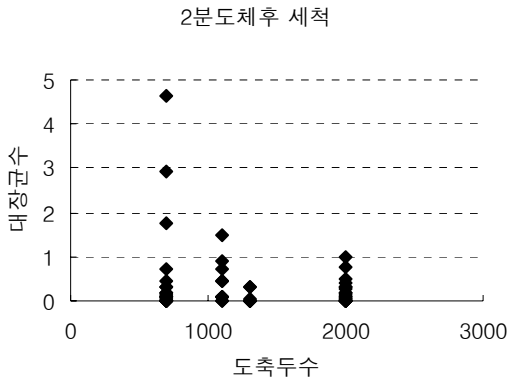


우선, 이 단계에서는 도축두수에 대하여는 도축두수가 많을수록 대장균수가 감소

하는 것으로 나타났다. 1000~1500 마리를 도축하는 도축장에서 2000두를 도축하는 도축장보다 오히려 대장균이 많이 발견되는 것으로 나타나 중간규모의 도축장의 작업위생관리가 허술한 것으로 사료되었다. 2분도체전 세척의 경우 오히려 세척이 대장균수를 늘리는 결과가 도출되었으며, 또한 이 단계에서 예냉실까지의 소요시간이 짧을수록 대장균수를 줄이는데 비효율적으로 작업을 좀더 여유있게 하는 것이 대장균수를 줄이는데 효과적이라고 사료된다.

3) 2분도체후 세척

2분도체후 세척후 대장균수에 영향을 미치는 주요변수로 판단되는 도축두수, 내장적출에서 예냉실까지 소요시간(분)에 대하여 plotting 하여 본 결과는 다음과 같다.

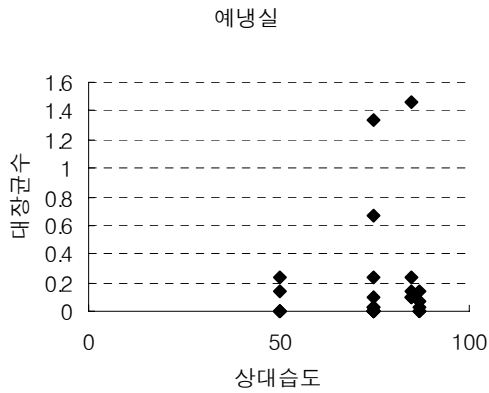
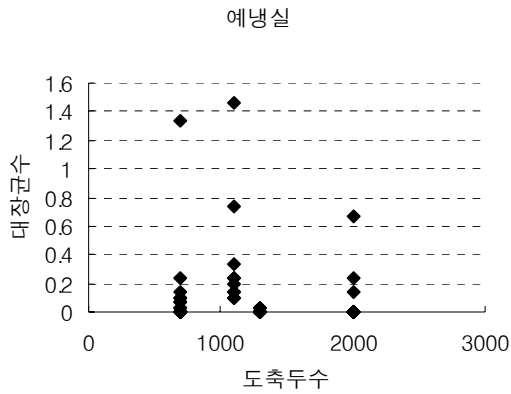


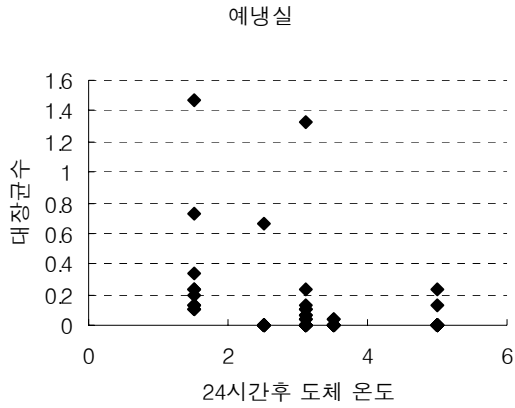
역시, 도축두수에 대하여는 도축두수가 많을수록 대장균수가 감소하는 것으로 나타났다. 내장적출에서 예냉실까지 소요시간도 높거나 길수록 오히려 대장균수를

줄일 것으로 기대되었다.

4) 예냉실

예냉실에서의 대장균수에 영향을 미치는 주요변수로 판단되는 도축두수, 상대습도, 24시간후 도체온도에 대하여 plotting 하여 본 결과는 다음과 같다.





예냉실의 대장균수는 도축두수와 역관계가 있는 듯하다. 상대습도 역시 높을수록 대장균수를 늘리는 듯하나, 24시간 후 도체 온도가 높을수록 오히려 대장균수가 낮은 결과를 보이고 있다.

나. 국내 도축장별 미생물검출에 영향을 줄 수 있는 변수에 의한 분석모형

1) 도축장별 미생물 검출 현황

2003년 10월부터 시작, 2005년 2월에 종료, G와 H는 1차 평가 후 평가단의 의견을 수용하여 추가하였다. 각 차수마다 내장적출전, 내장적출후, 최종세척후, 예냉실로 나누어 각 5개 시료를 채취하여 총 720개의 시료를 분석하였다. 720개 시

Table 2-9. Number of sample for each slaughterhouse

시료채취 차수	1	2	3	4	5	6	업체당 채취 시료수
A	20	20	20	20	20	20	120
B	20	20	20	20	20	20	120
G	-	-	-	20	20	20	60
H	-	-	-	20	20	20	60
D	20	20	20	20	20	20	120
E	20	20	20	20	20	20	120
F	20	20	20	20	20	20	120
계	100	100	100	140	140	140	720

료 중 총 18개의 시료에서 미생물이 검출되었다 (살모넬라 4건, 리스테리아 16건). 이는 2.8%의 미생물이 검출되는 것으로 미국이나 선진국에 비하여 현저히 낮은 수준이며 미생물별로 보면 살모넬라는 0.55%(4/720), 리스테리아는 2.22%(16/720)의 수준이었다.

Table 2-10. Detection level of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in slaughterhouse

	내장적출전		내장적출후		최종세척후		예냉실		검출일자
	살모넬라	리스테리아	살모넬라	리스테리아	살모넬라	리스테리아	살모넬라	리스테리아	
A								1	2004.6.2
						1			2004.8.18
B						1			2003.10.21
								1	2003.10.21
							1		2004.3.16
								1	2004.3.16
		1							2004.6.7
G						1			2004.6.7
						1			2004.6.7
						1			2004.6.7
						1			2004.6.7
						1			2004.11.9
						1			2005.2.14
						1			2005.2.14
C						1			2004.8.26
								1	2004.8.26
								1	2004.8.26
			1						2004.12.28
				1				2004.12.28	
D	1								2004.9.2
계	1	1	1	0	1	10	0	4	

E, F, H 도축장은 분석기간 중 단 1건의 병원성 미생물도 검출되지 않았다.

Table 2-11. Detection frequency of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. by slaughterhouses observed

	살모넬라	리스테리아
A		2
B	1	3
C	2	3
D	1	
G		8
계	4	16

Table 2-12. Detection frequency of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in slaughterhouse by season

	살모넬라	리스테리아
10-11월		3
12-3월	3	3
6-9월	1	10
년간	4	16

Table 2-13. Detection frequency by slaughtering process of *Salmonella* spp. and *Listeria* spp.

	살모넬라	리스테리아
내장적출전	1	1
내장적출후	1	
최종세척후	1	10
예냉실	1	5
계	4	16

2) 분석모형

가) 회귀분석 I :미생물 검출 도축장과 비검출 도축장으로 구분한 경우

미생물이 검출된 도축장과 미검출된 도축장을 분류하여 도축장의 어떠한 변수가 미생물 검출 가능성에 얼마나 영향을 미치는가를 알아 보기위하여 회귀분석(regression analysis)을 행하였다. 회귀분석을 위하여, 미생물 검출가능성에

영향을 미칠 수 있는 변수를 구하여야 하며 이를 위하여, 도축장마다 도축두수 등 총 50여개의 항목에 대하여 조사를 하고, 이들 도축장을 다시 미생물이 검출된 도축장과 미검출된 도축장으로 분류하여 각 항목이 검출-미검출 도축장간에 어떠한 차이가 있는 가를 알아보았다. 조사된 50여개의 항목 중 미생물이 검출된 도축장들과 검출되지 않은 도축장간 평균에서 차이가 나는, 따라서 미생물 검출에 영향을 미친 변수라고 추정되는 항목들을 21개 항목으로 줄여 정리하면 Table 2-14와 같았다.

Table 2-14. Major factors affecting frequency of microorganism detection in slaughterhouse

조사항목/ 도축장	미생물 검출도축장					미생물 미검출 도축장			검출도축장 (평균)	미검출 도축장 (평균)
	A	B	C	D	G	E	F	H		
도축두수	700	1100	700	2000	1800	2000	1300	1300	1260.00	1533.33
종업원수	20	38	40	63	50	38	35	20	42.20	31.00
시간당작업속도 (두수)	100	250	244 (NA)	250	244 (NA)	450	170	244 (NA)	200.00	310.00
종업원경력	10	21	11	9	20	18	4	5	13.98	9.03
계류장크기(m ²)	488	663	264	876	1322	3044	1950	250	722.57	1748.04
작업장크기(m ²)	385	631	600	238	3300	1309	1752	620	1030.73	1227.00
예냉실크기(m ²)	346	1257	192	1100	1020	1459	1404	480	782.96	1114.33
계류시간 (평균시간)	4	8	3	2	5	8	8	5 (NA)	4.40	8.00
돼지표면 오염정 도(깨끗=1, 중간 =2, 오염=3)	3	1	3	2 (NA)	2 (NA)	2	1	2 (NA)	2.33	1.50
전살시간(초)	3	4	3	2	1	2	2	2	2.56	1.93
탕박조의 용량 (ton)	10	13	3	12	18 (NA)	40	35	15	9.50	30.00
고무장갑사용 유무	1	0	1	1	1	0	0	0	0.80	0.00
작업장내 온도 (최고온도 ℃)	15	15	15	20	18	15	19	20	16.60	18.00
소요시간(전살→ 내장적출; 분)	12	20	20	18	6	19	23	22	15.17	21.33
소요시간(내장적 출→예냉실;분)	11	3	23	3	10	4	2	4	9.81	3.20
지육예냉실온도 (℃)	5	-1	2	10	2	1	4	2	3.60	2.17
지육예냉실상대 습도(%)	87	85	75	50	40	75	75	88	67.40	79.33
지육예냉실풍속 (m/초)	3 (NA)	3	7	4	20	3 (NA)	2	10	8.38	6.00
지육예냉실보관 시간(최소시간)	18	20	6	12	24	24	24	16	15.90	21.33
예냉실 입고 12 시간후(℃)	5	4	10 (NA)	10	28	10	8	7	11.56	8.17
예냉실 입고 24 시간후(℃)	3 (NA)	2	3 (NA)	5	4	3	4	2	3.50	2.50

*NA(not available) 한 항목은 다른 도축장의 평균값으로 대체하였음.

미생물이 검출된 도축장들과 미검출된 도축장간에 평균값을 비교하였을 때, 미검출 도축장일수록 절대 도축두수가 많으나 또는 규모가 크고, 종업원 수는 오히려 적고, 빠르게 작업하고 있었다. 종업원의 경력은 미검출 도축장일수록 적으며, 미검출 도축장들의 계류장크기가 검출 도축장 계류장 평균의 2배 가까이 되는 것으로 나타났다. 작업장크기도 미검출 도축장의 것이 큰 것으로 나타났다. 계류시간은 미검출 도축장이 2배정도로 길며, 돼지표면 오염도 역시 절반수준인 것으로 조사되었다. 전살시간은 미검출 도축장일수록 짧으며, 탕박조의 크기는 미검출 도축장의 것이 3배 정도 큰 것으로 조사되었다. 미검출 도축장에서는 고무장갑을 사용하지 않고 있으며, 작업장 온도는 검출도축장보다 약간 높은 것으로 조사되었다. 하지만 예냉실의 온도는 미검출 도축장이 더 낮은 것으로 나타났다. 흥미로운 것은 소요시간에 있어서 전살에서 내장적출까지 소요시간은 미검출 도축장이 약간 긴데 비하여, 내장적출에서 예냉실까지 소요시간은 미검출 도축장이 1/3 가량 밖에 되지 않는다는 것이었다. 예냉실의 습도는 미검출 도축장이 약간 더 높으며, 풍속은 느린 것으로 조사되었다. 또한 미검출 도축장의 경우 예냉실 보관시간이 더 긴 것으로 조사되었다. 마지막으로 예냉실 온도에 있어서는 12시간 후나 24시간 후 모두 미검출 도축장의 온도가 낮으며 특히 12시간 후 온도 차이가 많이 나는 것으로 볼 때 미검출 도축장일수록 급랭(急冷)시키는 경향이 있다고 추측할 수 있었다.

문제는 위의 21개 변수가 평균적인 의미에서 미생물 검출 도축장과 검출 도축장의 차이를 가져오는 변수라고는 할 수 있으나, 이들 변수의 미생물 검출가능성에 대한 계량적 영향을 추정하기위하여 회귀모형을 설정할 경우 21개의 변수는 너무 많다는 것이었다. 따라서 위의 21개 변수에 대하여 단순회귀분석을 통하여 계수(coefficient) 및 계수의 유의도(t value)를 구한 후 이 두 개의 기준(계수가 큰 변수와 통계적 유의도가 높은 변수)에 의하여 두 개의 LPM(Linear Probability Model)을 구성하여 각 변수가 미생물이 검출될 확률에 얼마나 영향을 미치는가를 추정하였다.

LPM(Linear Probability Model; 선형확률모형)의 구성

본 조사에서는 미생물검출의 정량적(quantitative)인 계측을 시도하였으나 시간상 비용상의 문제로 모든 시료에 대하여 이를 시행하지 못하였다. 따라서 정성적(qualitative)인 자료, 즉, 미생물이 검출되었다($Y_i = 1$), 또는 미생물이 검출되지 않았다($Y_i = 0$)의 두 경우에 대한 자료를 가지고, 이를 종속변수(dependent variable)로 하는 LPM을 구성하였다. LPM 은 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다.

$$E(Y_i | X_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_n X_{in}$$

여기서 $E(Y_i | X_i)$ 는 X가 주어졌을 때 Y가 일어날 확률로써, 0과 1사이의 숫자가 되며, dummy dependent variable 이라고 부른다. 이러한 LPM을 가지고 21개 변수에 대하여 단순회귀(독립변수 1개)에 의하여 계수와 유의도를 구한 후 정리하면 Table 2-15와 같다.

Table 2-15. Ranking of variables by significance (t value)

변 수	단순회귀 t 값	단순회귀계수	결정계수
탕박조의 용량(ton)	-2.891	-0.03110	0.763
계류시간(평균시간)	-1.818	-0.12900	0.596
소요시간(전살→내장적출; 분)	-1.642	-0.05030	0.557
계류장크기(m ²)	-1.601	-0.00029	0.547
소요시간(내장적출→예냉실;분)	1.383	0.03660	0.492
보관시간(최소시간)	-1.146	-0.03310	0.424
종업원수	1.087	0.01469	0.406
종업원경력	1.079	0.03287	0.403
시간당작업속도	-0.969	-0.00192	0.368
돼지표면 오염정도(깨끗=1, 중간=2, 오염=3)	0.961	0.25000	0.365
지육예냉실상대습도(%)	-0.914	-0.01020	0.350
예냉실 입고 24시간후(℃)	0.905	0.15000	0.346
예냉실크기(m ²)	-0.900	-0.00036	0.345
전살시간(초)	0.896	0.18800	0.344
작업장내 온도(최고온도 ℃)	-0.791	-0.06750	0.307
도축두수	-0.68	-0.00026	0.267
지육예냉실온도(℃)	0.575	0.03646	0.229
예냉실 입고 12시간후(℃)	0.523	0.01415	0.209
지육예냉실풍속(m/초)	0.494	0.01650	0.198
작업장크기(m ²)	-0.245	-0.00005	0.100

위의 표를 해석하면 미생물검출에 각 변수들이 독립적으로 영향을 미친다고 가정할 때 통계적으로 가장 유의한 변수는 고무장갑의 사용유무이며, 고무장갑을 쓸 경우 미생물이 검출될 확률은 75% point 증가하는 것으로 나타났다. 이는 실제로 작업장에서 면장갑을 사용하고 있는 것을 고무장갑 사용을 유도하는 점과 배치되는 결과를 주었다. 다음으로 유의한 변수는 탕박조의 크기로써, 탕박조의 크기가 1단위(1 ton)증가하면 미생물이 검출될 확률이 3% 감소하는 것으로 나타났다. 다음은 계류시간으로 계류시간이 1시간 늘어나면, 미생물이 검출될 확률이 13% 감소하였고, 계류시간까지가 t 값이 1.8 수준으로 자유도가 7일 때 95%의 유의도를 확보하기 위한 1.895 부근에 있다고 하겠다. 따라서, 소요시간 이하의

변수들의 경우 95% 수준에서는 모두 유의하지 않은 변수들이라고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 특이할 만한 변수들은 소요시간으로, 전살에서 내장적출까지의 소요시간이 1시간 늘어나면 미생물검출 확률이 5% 감소하는 반면에, 내장적출에서 예냉실까지의 소요시간이 1시간 늘어나면 미생물 검출확률은 3.6% 증가할 수 있다는 것을 나타내고 있다. 즉, 전살에서 내장적출까지는 천천히 작업할수록 미생물검출확률이 감소하고 내장적출후에는 빨리 작업할수록 미생물검출확률이 감소할 수 있다는 것이다. 계류장의 크기도 커질수록 검출확률이 줄어들 수 있으나(0.003%씩 감소), 거의 영향이 없다는 결론이 가능하다. 따라서 검출확률을 줄이기 위해서 계류장을 늘리는 것은 거의 도움이 되지 않으며, 경제적으로도 타당성이 매우 낮은 것으로 판단된다.

이상에서는 변수들의 계수들이 통계학적으로 유의도가 얼마나 높은 가를 기준으로 변수를 선택하는 기준을 나열하였다. 하지만 통계적으로 덜 유의하더라도, 계수가 크면, 통계적인 자료의 미비로 유의도가 작게 평가될 경우, 중요한 변수를 놓치게 되는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 계수의 크기에 따라 변수를 선택하는 방안을 생각해 볼 수 있다. 따라서 계수의 크기(미생물검출 확률을 증대시키는 크기)에 따라 위의 Table 2-15를 재구성하면 Table 2-16과 같다.

Table 2-16에 의하면, 다시 고무장갑의 사용유무가 미생물검출여부에 큰 영향을 미치며(고무장갑을 쓰면 검출확률이 75% point 증가), 돼지표면 오염도가 1척도 증가할 때 마다 검출확률이 25%씩 증가하는 것으로 나타났다. 전살시간의 경우 1초 증가할 때 마다 검출확률이 19% point 정도 증가하는 것으로 나타나 반 직관적인 결과를 나타냈다. 그 다음이 예냉실 입고 24시간 후 온도로 이 온도가 1도 올라갈 때 마다 검출확률은 15% point 씩 증가하는 것으로 나타났다. 또한 계류시간이 다음으로 계류시간이 늘어날수록 검출 확률이 감소하는 것으로 나타났다. 계류시간 이하의 변수들은 10% point 이하의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 작업장 내 온도, 전살에서 내장적출까지 소요시간, 보관시간, 탕박조 용량 등이 증대 할수록 검출확률은 감소하며, 내장적출에서 예냉실 소요시간, 예냉실 온도, 종업원경력, 예냉실 풍속이 커질수록 검출확률은 증가하는 것으로 나타났다. 이상은 각 변수들이 독립적으로 미생물검출에 영향을 미친다고 가정할 때 가능한 분석결과 및 해석이었다.

하지만 실제적으로는 여러 가지의 요인들이 미생물검출에 영향을 미치며, 따라서 단순회귀분석(simple regression)보다는 다중회귀분석(multiple regression)을 통하여 모형을 구성하여야 한다. 따라서 50여개의 변수를 21개의 변수로 줄이고, 다시 이들을 단순회귀분석으로 유의도 및 계수크기로 선택기준을 만들어 다중회귀분석 모형에 포함될 변수를 선별하여 다중회귀분석을 실시하였음. 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

Table 2-16. Ranking of variables by size of coefficient value

변 수	단순회귀 t 값	단순회귀계수	결정계수
돼지표면 오염정도(깨끗=1, 중간=2, 오염=3)	0.961	0.25000	0.365
전살시간(초)	0.896	0.18800	0.344
예냉실 입고 24시간후(℃)	0.905	0.15000	0.346
계류시간(평균시간)	-1.818	-0.12900	0.596
작업장내 온도(최고온도 ℃)	-0.791	-0.06750	0.307
소요시간(전살→내장적출; 분)	-1.642	-0.05030	0.557
소요시간(내장적출→예냉실;분)	1.383	0.03660	0.492
지육예냉실온도(℃)	0.575	0.03646	0.229
보관시간(최소시간)	-1.146	-0.03310	0.424
종업원경력	1.079	0.03287	0.403
탕박조의 용량(ton)	-2.891	-0.03110	0.763
지육예냉실풍속(m/초)	0.494	0.01650	0.198
종업원수	1.087	0.01469	0.406
예냉실 입고 12시간후(℃)	0.523	0.01415	0.209
지육예냉실상대습도(%)	-0.914	-0.01020	0.350
시간당작업속도	-0.969	-0.00192	0.368
예냉실크기(m ²)	-0.9	-0.00036	0.345
계류장크기(m ²)	-1.601	-0.00029	0.547
도축두수	-0.68	-0.00026	0.229
작업장크기(m ²)	-0.245	-0.00005	0.100

우선 10% 유의수준에서 t값을 가지고 유의적인 변수를 선택하면 (t값이 1.415보다 큰 변수를 선택), 고무장갑사용여부 등 6개 정도의 변수를 고려할 수 있음. 하지만 고무장갑사용여부의 경우 변수가 정성적인 자료이므로(사용=1, 비사용=0), 독립변수와 종속변수 모두에 가변수(dummy)가 들어가게 되는 어려움이 있고 이로 인한 복잡한 기술적인 문제를 회피하기 위하여 다중회귀분석에서는 제외하였다. 따라서 탕박조 용량, 계류시간, 소요시간(전살-내장적출), 계류장크기, 소요시간(내장적출-예냉실)만을 가지고 다중회귀분석을 행한 결과를 정리하면 다음과 같다.

$$E(Y|X) = 1.826 - 0.0980*X1 + 0.0554*X2 - 0.0250*X3 + 0.0008*X4 - 0.0190*X5$$

$$(3.682) \quad (-2.665) \quad (0.780) \quad (-1.172) \quad (1.970) \quad (-0.890)$$

R²= 0.96, F= 4.411, ()는 t 값

단,

X1 = 탕박용량

X2 = 계류시간

X3 = 소요시간(전살-내장적출)

X4 = 계류장크기

X5 = 소요시간(내장적출-예냉실)

이결과를 단순회귀분석의 계수와 비교하면 다음 Table 2-17과 같다..

Table 2-17. Comparison of simple regression coefficients and multiple regression coefficients

포함 변수	단순회귀 계수	다중회귀계수
탕박조의 용량(ton)	-0.03110	-0.0980
계류시간(평균시간)	-0.12900	0.0554
소요시간(전살→내장적출; 분)	-0.05030	-0.0250
계류장크기(m ²)	-0.00029	0.0008
소요시간(내장적출→예냉실;분)	0.03660	-0.0190

위의 표에서 보면 계류시간과 전살-내장적출소요시간을 제외한 다른 변수들의 t 값이 높아졌음에도 불구하고 부호가 바뀌어져 있음을 알 수 있으며, 다중공선성 (multicollinearity)문제가 발생하고 있음을 알 수 있다.

다음은 변수의 영향이 검출가능성을 10%이상 변화시킬 수 있는 변수들만을 이용하여 다중회귀분석을 행한 결과이다.

$$E(Y|X) = -0.391 - 0.145 \cdot X1 + 0.480 \cdot X2 + 0.278 \cdot X3 - 0.118 \cdot X4$$

(-0.227) (-0.487) (2.301) (1.367) (-1.040)

R²= 0.88, F= 2.506, ()는 t 값

단,

X1 = 돼지표면 오염도

X2 = 전살시간

X3 = 예냉실입고후 24시간후 온도

X4 = 계류시간

이결과를 단순회귀분석의 계수와 비교하면 다음의 Table 2-18과 같다.

Table 2-18. Comparison of simple regression coefficients and multiple regression coefficients by coefficients size

포함 변수	단순회귀 계수	다중회귀계수
폐지표면 오염정도(깨끗=1, 중간=2, 오염=3)	0.250	-0.145
전살시간(초)	0.188	0.480
예냉실 입고 24시간후(℃)	0.150	0.278
계류시간(평균시간)	-0.129	-0.118

위의 표에서 보면 폐지표면 오염정도를 제외한 다른 변수들의 부호가 단순회귀 분석과 일치하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 높은 유의도를 기준으로 변수를 선택했을 때 보다 다중공선성(multicollinearity)문제가 덜 발생하고 있음을 알 수 있다.

나) 회귀분석 II :미생물 다검출 도축장과 소검출 도축장으로 구분한 경우

이전 분석에서는 미생물이 검출된 도축장과 미검출된 도축장을 분류하여 도축장의 어떠한 변수가 미생물 검출 가능성에 얼마나 영향을 미치는가를 알아 보기 위하여 회귀분석(regression analysis)를 행하였다. 이번 분석에서는 미생물 검출이 많은 도축장(5회이상)과 검출이 적은 도축장(5회이하)로 구분하여 회귀분석을 행하여 보았다.

LPM(Linear Probability Model; 선형확률모형)의 구성

미생물이 5회이상 검출된 경우($Y_i = 1$)와 미생물이 5회 이하 검출된 경우($Y_i = 0$)를 구분하여 이를 종속변수(dependent variable)로 하는 LPM을 구성하였다.

- 이러한 가정하에 이전의 21개 변수에 대하여 단순회귀(독립변수 1개)에 의하여 계수와 유의도를 구한 후 정리하면 다음의 Table 2-19와 같다.

Table 2-19. The order of priority in selection of variables by significance value (t value)

변 수	단순회귀 t 값	단순회귀계수	결정계수
소요시간(내장적출→예냉실;분)	3.177	0.0527	0.792
예냉실 입고 12시간후(℃)	2.538	0.0436	0.720
지육예냉실풍속(m/초)	2.510	0.0534	0.716
작업장크기(m ²)	1.462	0.0002	0.512
지육예냉실상대습도(%)	-1.423	-0.0132	0.502
소요시간(전살→내장적출; 분)	-1.351	-0.0390	0.483
돼지표면 오염정도(깨끗=1, 중간=2, 오염=3)	1.095	0.2500	0.408
예냉실크기(m ²)	-0.988	-0.0004	0.374
탕박조의 용량(ton)	-0.978	-0.0135	0.371
계류시간(평균시간)	-0.976	-0.0719	0.370
종업원경력	0.781	0.0222	0.304
종업원수	0.777	0.0098	0.302
보관시간(최소시간)	-0.760	-0.0207	0.296
예냉실 입고 24시간후(℃)	0.655	0.1000	0.258
지육예냉실온도(℃)	-0.631	-0.0356	0.250
계류장크기(m ²)	-0.500	-0.0001	0.200
작업장내 온도(최고온도 ℃)	-0.406	-0.0322	0.164
도축두수	-0.324	-0.0001	0.131
전살시간(초)	-0.282	-0.0561	0.114
시간당작업속도	0.000	0.0000	0.000

위의 Table 2-19을 해석하면 미생물검출에 각 변수들이 독립적으로 영향을 미친다고 가정할 때 통계적으로 가장 유의한 변수는 내장적출에서 예냉실까지 소요된 시간(분)이며, 시간이 증가하면, 미생물이 5회이상 검출될 확률이 5% 증가하는 것으로 추정된다. 그 다음으로 유의한 변수는 예냉실 입고후 12시간 경과후 온도로써, 1도 증가할 때 마다 미생물이 5회이상 검출될 확률이 4% 증가한다. 마지막으로 유의한 변수는 예냉실의 풍속(m/초)으로 1단위 증가할 때 마다 5회이상 검출될 확률이 5% 증가한다. 나머지 변수의 계수들로 위와 유사하게 해석될 수 있으나 유의수준이 떨어지는 것으로 판단된다. 다음은 유의도순으로 변수를 보지 않고 계수의 크기(미생물이 5회 이상 검출될 확률 증가분)로 위의 Table 2-19를 다시 정렬하면 Table 2-20과 같다.

Table 2-20. The order of priority in selection of variables by coefficients size

변 수	단순회귀 t 값	단순회귀계수	결정계수
돼지표면 오염정도(깨끗=1, 중간=2, 오염=3)	1.095	0.2500	0.408
예냉실 입고 24시간후(℃)	0.655	0.1000	0.258
계류시간(평균시간)	-0.976	-0.0719	0.370
전살시간(초)	-0.282	-0.0561	0.114
지육예냉실풍속(m/초)	2.510	0.0534	0.716
소요시간(내장적출→예냉실;분)	3.177	0.0527	0.792
예냉실 입고 12시간후(℃)	2.538	0.0436	0.720
소요시간(전살→내장적출; 분)	-1.351	-0.0390	0.483
지육예냉실온도(℃)	-0.631	-0.0356	0.250
작업장내 온도(최고온도 ℃)	-0.406	-0.0322	0.164
종업원경력	0.781	0.0222	0.304
보관시간(최소시간)	-0.760	-0.0207	0.296
탕박조의 용량(ton)	-0.978	-0.0135	0.371
지육예냉실상대습도(%)	-1.423	-0.0132	0.502
종업원수	0.777	0.0098	0.302
예냉실크기(m ²)	-0.988	-0.0004	0.374
작업장크기(m ²)	1.462	0.0002	0.512
도축두수	-0.324	-0.0001	0.131
계류장크기(m ²)	-0.500	-0.0001	0.200
시간당작업속도	0.000	0.0000	0.000

위의 표에 의하면, 미생물이 5회 이상 검출될 확률이 가장 크게 좌우할 수 있는 변수는 돼지표면 오염정도이면 오염정도가 1단계증가하면 5회 이상 미생물이 검출될 확률이 25%씩 증가하게 된다. 그 다음이 예냉실 입고 24시간 후 온도(높을수록 10% 증가), 계류시간(길수록 7% 감소), 전살시간(길수록 5% 감소), 예냉실 풍속(빠를수록 5% 증가), 내장적출에서 예냉실까지 소요시간(길수록 5% 증가)의 순으로 나타났다. 이상의 결과를 이전에 미검출 도축장과 검출도축장의 구분에 의하여 추정된 단순회귀분석의 계수들과 비교하면 Table 2-21과 같다.

Table 2-21. Comparison of simple regression coefficients of model I and model II

변 수	검출 vs 미검출	5회이상 vs 이하
계류시간(평균시간)	-0.1290	-0.0719
계류장크기(m ²)	-0.0003	-0.0001
도축두수	-0.0003	-0.0001
돼지표면 오염정도(깨끗=1, 중간=2, 오염=3)	0.2500	0.2500
보관시간(최소시간)	-0.0331	-0.0207
소요시간(내장적출→예냉실;분)	0.0366	0.0527
소요시간(전살→내장적출; 분)	-0.0503	-0.0390
시간당작업속도	-0.0019	0.0000
예냉실 입고 12시간후(℃)	0.0142	0.0436
예냉실 입고 24시간후(℃)	0.1500	0.1000
예냉실크기(m ²)	-0.0004	-0.0003
작업장내 온도(최고온도 ℃)	-0.0675	-0.0322
작업장크기(m ²)	-0.0001	0.0002
전살시간(초)	0.1880	-0.0561
종업원경력	0.0329	0.0222
종업원수	0.0147	0.0098
지육예냉실상대습도(%)	-0.0102	-0.0132
지육예냉실온도(℃)	0.0365	-0.0356
지육예냉실풍속(m/초)	0.0165	0.0534
탕박조의 용량(ton)	-0.0311	-0.0135

두개의 기준으로 회귀분석한 결과 대부분의 변수들이 같은 방향으로 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 하지만, 시간당 작업속도의 경우 5회이상 검출과 이하로 나누어 회귀분석한 결과에서 계수가 0으로 추정되어 영향이 중립적이라는 결론을 내릴 수 있다. 반면에 작업장의 크기, 전살시간, 예냉실온도의 경우 부호가 뒤바뀌어 검출-미검출의 기준으로 보면 작업장의 크기가 커지면 검출확률이 작아지는 반면, 5회이상 검출-5회이하 검출의 기준으로 보면 검출확률이 커지는 상반된 결과가 나왔다. 이는 전살시간과 예냉실온도의 경우도 마찬가지로, 검출-미검출의 기준으로 보면 전살시간 및 예냉실 온도의 크기가 커지면 검출확률이 커지는 반면, 5회이상 검출-5회이하 검출의 기준으로 보면 검출확률이 작아지는 상반된 결과가 나왔다. 하지만 생물학적인 성격으로 볼 때, 전살시간이 커지면 미

생물 검출확률이 작아져야 하는 것으로 추정되어 5회이상 검출-5회이하 검출 기준이 적정한 것으로 판단되며, 예냉실 온도의 경우 높으면 검출확률이 높아지는 것이 정상적이므로 미생물 검출-미검출 기준이 더 적합하다는 것을 알 수 있다. 미생물검출-미검출 기준의 경우와 마찬가지로, 5회이상-이하 기준하에서 다중회귀분석을 계수크기 및 유의도에 의하여 변수를 선택하여 회귀분석을 한 결과를 보면 다음과 같다.

유의도를 기준으로 변수를 내장적출에서 예냉실까지 소요시간, 예냉실입고 12시간후 온도, 예냉실 풍속이 선택될 수 있다. 이들 변수를 가지고 다중회귀분석을 실행한 결과는 다음과 같다.

$$E(Y|X) = -0.417 + 0.04378*X1 + 0.02992*X2 + 0.007051*X3$$

(4.088) (5.295) (1.989) (0.373)

$R^2 = 0.97$, $F = 22.33$, ()는 t 값

단,

$X1$ = 내장적출에서 예냉실까지 소요시간

$X2$ = 예냉실입고 12시간후 온도

$X3$ = 예냉실 풍속

이결과를 단순회귀분석의 계수와 비교하면 Table 2-22와 같다.

Table 2-22. Comparison of simple regression coefficients and multiple regression coefficients of model II by significance value

포함 변수	단순회귀계수	다중회귀계수
내장적출에서 예냉실까지 소요시간	0.0527	0.0438
예냉실입고 12시간후 온도	0.0436	0.0299
예냉실 풍속	0.0534	0.0071

위의 Table2-22에서 보면 부호가 단순회귀의 계수와 일치하여 다중공선성문제가 심각하지 않음을 알 수 있다. 다음은 5회이상검출-이하검출 기준으로 단순회귀분석하여 보았을 때 변수의 영향이 검출가능성을 10%이상 변화시킬 수 있는 변수들만을 이용하여 다중회귀분석을 행한 결과이다.

$$E(Y|X) = -0.695 - 0.181*X1 + 0.111*X2 + 0.0377*X3 + 0.02963*X4 + 0.03862*X5 + 0.0622*X6$$

(-0.817) (-1.173) (1.240) (0.818) (0.257) (2.964) (3.985)

$R^2 = 0.99$, $F = 11.204$, ()는 t 값

단,

X1 = 돼지표면오염도

X2 = 예냉실입고후24시간후 온도

X3 = 계류시간

X4 = 전살시간

X5 = 예냉실 풍속

X6 = 내장적출에서 예냉실까지 소요시간

이결과를 단순회귀분석의 계수와 비교하면 Table 2-23과 같다.

Table 2-23. Comparison of simple regression coefficients and multiple regression coefficients of model II by coefficient size

포함 변수	단순회귀 계수	다중회귀계수
돼지표면 오염정도(깨끗=1, 중간=2, 오염=3)	0.2500	-0.1810
예냉실 입고 24시간후(℃)	0.1000	0.1110
계류시간(평균시간)	-0.0719	0.0377
전살시간(초)	-0.0561	0.0296
예냉실풍속	0.0534	0.0386
전살시간	0.0527	0.0623

위의 Table 2-23에서 보면 예냉실입고 24시간후 온도, 예냉실 풍속, 전살시간은 단순회귀분석과 다중회귀분석의 계수의 부호가 일치하므로 다중공선성문제가 없는 것으로 판단되나, 돼지표면오염정도, 계류시간, 전살시간은 다중공선성문제가 발생하고 있는 것으로 판단된다.

4. 국내 도축장의 HACCP 현황 및 개선안

가. 미생물 검사 기준

(1) 시료채취 빈도

미생물 검사를 위한 재료채취의 빈도는 축산물작업장의 도축규모에 따라 정하며 시료의 채취 및 검사방법은 미생물검사방법에 의거 검사한다. 현재 도축장의 미생물 검사 회수 등에 대한 기준은 Table 2-24와 같다.

Table 2-24. Standard of sampling size and frequency for microbial test in slaughterhouse

구분	채취 시료수 (대규모)	소규모 작업장	
		규모 (년간 작업량)	검사 회수
소	1건/300 도체	6,000두 이하	최소 13회 검사까지 매주 1회 검사
돼지	1건/1,000 도체	20,000두 이하	-6월에서 8월에 매주 1회 반복검사

※ 소 및 돼지 동시작업장에서의 소규모 작업장 기준: 소 도축두수가 연간 6,000두 이하이고 소 및 돼지의 도축두수의 합계가 연간 20,000두 이하인 작업장
<자료출처: 축산물위해요소중점관리기준, 검역원고시2006-3호, 국립수의과학검역원, 2006>

(2) 대장균 (*E. coli*) 수 평가기준

도축장에서 대장균에 대한 허용기준은 Table 2-25와 같다.

Table 2-25. Allowance level of *E. coli* in slaughterhouse

도축장	허용수준	상한치	검사 시료수	허용수준에서부터 상한치내에서 허용되는 최대 시료수
소	음성*	100 CFU/cm ²	13	3
돼지	10 CFU/cm ²	10,000 CFU/cm ²	13	3

<자료출처: 축산물위해요소중점관리기준, 검역원고시2006-3호, 국립수의과학검역원, 2006>

(3) 살모넬라균 (*Salmonella* spp.) 평가 기준

도축장에서 도체에 대한 살모넬라 검사시 양성율은 연간 7%이내이어야 하며 26개 시료 중 최대 양성 시료수는 2개 이하여야 한다.

Table 2-26 . Allowance level of *Salmonella* spp. in slaughterhouse

도축장	실행기준 (살모넬라균 연간 양성율)	검사 시료수	허용되는 최대 양성시료수
소	2.5%이내	26	1
돼지	7%이내	26	2

<자료출처: 축산물위해요소중점관리기준, 검역원고시2006-3호, 국립수의과학검역원, 2006>

나. 도축장의 위해요소 중점관리기준 (HACCP)에 대한 고찰

국내 도축장에서 도축공정의 일반적인 공정 흐름은 Fig. 과 같다.



Fig 2-1. Flow diagram of slaughtering process

<자료출처: 도축장 위해요소중점관리기준, 농림부, 1999>

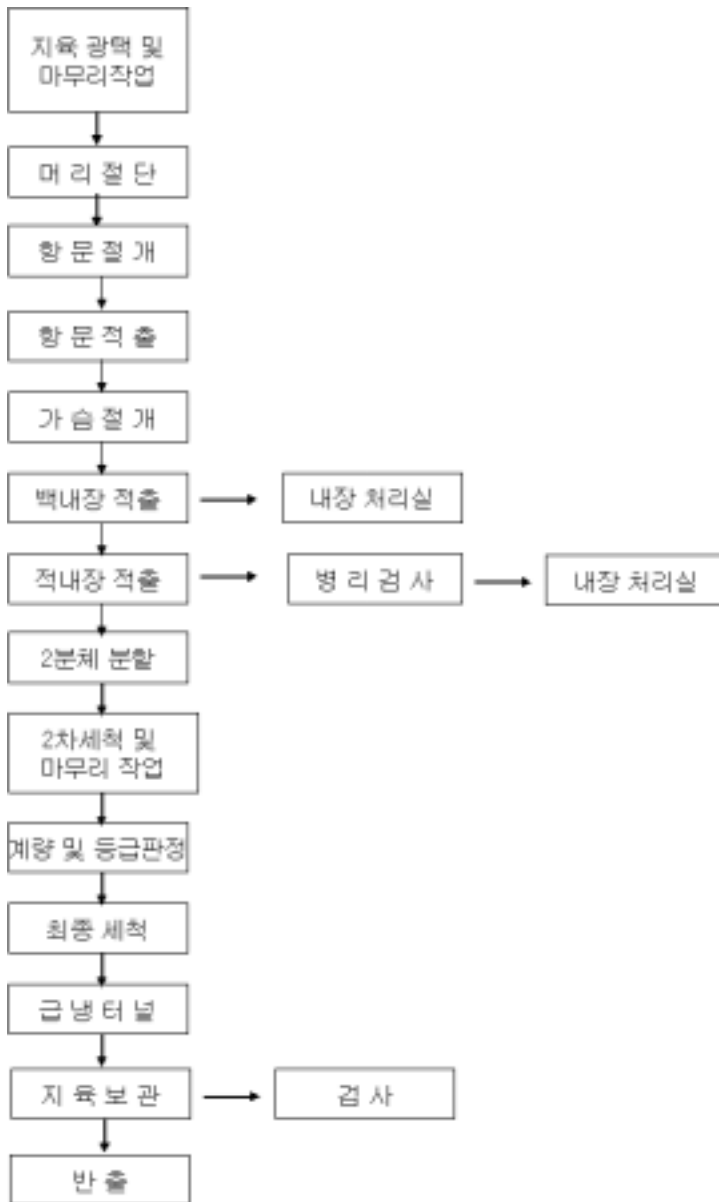


Fig. 2-1. Continued

<자료출처: 도축장 위해요소중점관리기준, 농림부, 1999>

Table 2-27. Hazard analysis in slaughtering process

도축공정	위해요인	현장 분석
도축반입	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적요인 -질병 (병원체, 기생충 등) ○ 물리적 요인 -이물질 (바늘, 탄알 등) ○ 화학적 요인 -잔류물질 (항생제, 살충제 등) 	<ul style="list-style-type: none"> ○농장별 질병관리 미흡 ○농장 홍보 및 교육 ○잔류물질 휴약기간 홍보
계류장	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적요인 : 병원체 ○ 물리적 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○병축에 대한 교차오염 가능 -생체검사 : 병축격리 ○도축시 장과열 : 오염가능 -계류 : 6시간 이상 ○샤워시설
전살/방혈	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적요인 : 병원체 ○ 물리적 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○전살 : 200-500V/sec ○방혈칼 : 교차오염 가능 -물온도 : 80℃
탕박	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적요인 : 병원체 ○ 물리적 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 탕박 재료 	<ul style="list-style-type: none"> ○탕박수 : 60℃. 7분 30초 분무식: 5ℓ/두 ○탕박재료: 실리콘 0.008%
탈모(예박)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적요인 : 병원체 ○ 물리적 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○자동탈모기 ○예박 칼 : 교차오염 가능 -물온도 : 80℃
잔모소각(박피)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적요인 : 병원체 ○ 물리적 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○화염 자동잔모소각기 -5초간격2회 ○자동박피기
세척 (1차)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적요인 : 병원체 ○ 물리적 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○냉수세척 -물량, 세기
머리절단	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적요인 : 병원체 ○ 물리적 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○경부농양: 지육오염가능 ○절단칼 : 소독미흡 -물온도 : 80℃

<자료출처: 도축장 위해요소중점관리기준, 농림부, 1999>

Table 2-27. Continued

도축과정	위해요인	현장 분석
항문적출	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적 요인 : 병원체 ○ 물리학 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분변오염 가능 ○ 결착하지 않음 항문 마감(2회 꼬임)처리
복부 및 가슴절개	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적 요인 : 병원체 ○ 물리학 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 위장관의 우연한 절단가능 -1일 1~2건 발생 -별도의 레일로 처리 및 세척
내장적출	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적 요인 : 병원체 ○ 물리학 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내장의 우연한 절단가능 ○ 검사 -노중 잔류물질검사
이분도체	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적 요인 : 병원체 ○ 물리학 요인 : 뼈, 털 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 뼈, 털 등 지육오염가능 ○ 분해 톱: 미생물 오염가능
마무리 작업	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적 요인 : 병원체 ○ 물리학 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 육안적 오염물 제거: 마무리 손질 ○ 냉수세척 -혈분, 뼈, 털 등
등급판정		
최종세척	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적 요인 : 병원체 ○ 물리학 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분사실 세척 -압력: 50~300psi -온도: 32~38℃ ○ 유기산 등의 사용 권장
급냉터널	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적 요인 : 병원체 ○ 물리학 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 입증된 것 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신속냉각: -20℃
지육보관	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물학적 요인 : 병원체 ○ 물리학 요인 : 입증된 것 없음 ○ 화학적 요인 : 윤활유 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 냉장온도: 0~2℃ ○ 지육 표면온도(대퇴부) -3.5℃/12시간이내 ○ 미생물 검사: 부 1회 실시

<자료출처: 도축장 위해요소중점관리기준, 농림부, 1999>

Table 2-27. Analysis of critical control point by slaughtering process

도축과정	위해요인	관리방법	CCP/CP?
도축반입	<ul style="list-style-type: none"> ○ 병원체 ○ 이물질 ○ 잔류물질 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농장별 질병관리, 홍보 및 교육 ○ 잔류물질검사 (뇨 및 지육) -검사방법: TLC 및 HLPC -검사빈도: 농가장 30두미만 2주, 50두미만 3두, 50~100두 4두, 100~200두 5두, 200두 이상 6두 검사 -조치사항: 양성시 도체 폐기 및 1개월간 출하금지 	CP
계류	<ul style="list-style-type: none"> ○ 병원체 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생체검사: 병축사격리 및 폐기 ○ 생체표면 미생물: 세척 ○ 계류시간: 6시간 이상 	CP
전살/방혈	<ul style="list-style-type: none"> ○ 병원체 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방혈칼: 도체마다 소독 및 점검 (83℃) 	CP
탕박	<ul style="list-style-type: none"> ○ 병원체 ○ 탕박재료 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탕박수 보충 및 교환(매일) ○ 탕박재료: 농도관리 	CP
탈모	<ul style="list-style-type: none"> ○ 병원체 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 탈모기 점검 	CP
잔모소각	<ul style="list-style-type: none"> ○ 병원체 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 자동잔모소각기 점검 	CP
예박	<ul style="list-style-type: none"> ○ 병원체 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 예박칼: 도체마다 소독 및 점검 (83℃) 	CP
박피	<ul style="list-style-type: none"> ○ 병원체 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 박피기: 도체마다 소독 및 점검 (83℃) 	CP
세척(1차)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 병원체 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세척수(냉수, 온수, 유기산제, 증기, 향미생물제 등) 압력, 양, 농도 점검 	CCP1-B
머리절단	<ul style="list-style-type: none"> ○ 병원체 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 절단칼: 도체마다 소독 및 점검 (83℃) ○ 경부농양: 제거 	CP
항문적출	<ul style="list-style-type: none"> ○ 병원체 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 항문결찰 또는 마감처리 	CP

<자료출처: 도축장 위해요소중점관리기준, 농림부, 1999>

Table 2-27. Continued

도축과정	위해요인	관리방법	CCP/CP
복부 및 가슴절개	o 병원체	o 위장관 비의도적 절단에 의한 분변 오염 방지: 별도처리 및 충분한 세척	CP
내장적출	o 병원체	o 내장의 비의도적 절단에 의한 분변 오염 방지: 별도 레일로 처리 및 세척	CP
검사	o 병원체 o 잔류물질	지육 및 내장에 대한 병리학적 검사 o 노중 잔류물질 검사	CP
이분도체	o 병원체	o 분해톱: 세척 (83℃)	CP
마무리 작업	o 병원체 o 뼈, 털	o 육안적 오염물 제거: 끝손질 및 세척 -유기산(1-2%)로 세척 권장	CCP2-B
최종세척	o 병원체	o 분사식 세척 -물 압력 : 30~40psi -물 온도: 15-55℃ -물량: 500ml 이상/도체	CCP3-B
급냉터널	o 병원체	o 신속 냉각 -온도: -5~-25℃, 15m/sec -시간: 1시간-2시간	CP
지육보관	o 병원체 o 유효활유	o 냉장실 온도, 시간, 기류, 냉장방법 도체공간관리점검 -도체 표면온도: 4.5℃/예냉 12시간내 -도체 심부온도: 4.5℃/예냉 24시간내 o 레일 정기점검 및 청소	CCP4-B

※ CP: control point (매일 2회점검), SSOP하에 관리

CCP : Critical control point (작업 1시간마다 점검)

<자료출처: 도축장 위해요소중점관리기준, 농림부, 1999>

Table 2-28. 도축 공정별 법적 요구 사항 및 관리 방법과 개선 사항






도축과정		법적 요구사항 및 관리 방법	문제점 및 개선책
도축반입		<ul style="list-style-type: none"> ○ 농장별 질병관리, 홍보 및 교육 ○ 잔류물질검사 (뇨 및 지육) - 검사방법: TLC 및 HPLC - 검사빈도: 농가당 30두미만 2주, 50두미만 3주, 50~100두 4주, 100~200두 5주, 200두 이상 6주 검사 - 조치사항: 양성시 도체 폐기 및 1개월간 출하금지 	<p>조사도축장 중 농장계열화가 25% 수준으로 낮아 .항생제 잔류물질, 인수공통전염병에 대한 효율적 관리에 한계가 있음. 계열화를 적극적으로 추진하도록 정부 차원에서 유도</p>
계류		<ul style="list-style-type: none"> ○ 생체검사: 병축사격리 및 폐기 ○ 생체표면 미생물: 세척 ○ 계류시간: 6시간 이상 	<p>계류시간에 대한 권장사항을 도축장에서 이행하는 정도가 매우 낮음. 분석결과 계류시간이 1시간 늘어나면 미생물 검출확률이 13% 감소하므로 계류시간이 중요한 변수임. 계류장 크기는 미생물 검출율에 크게 영향을 미치지 않았음.</p>
전살/방혈		<ul style="list-style-type: none"> ○ 방혈칼: 도체마다 소독 및 점검 (83℃) 	<p>특이사항 없음</p>
탕박		<ul style="list-style-type: none"> ○ 탕박수 보충 및 교환(매일) ○ 탕박재료: 농도관리 	<p>탕박조 크기에 대한 지도 사항은 현재 제시되고 있지 않으나 분석결과 탕박조 크기가 1ton 증가할 때 미생물 검출율이 3% 감소함. 따라서 탕박조 크기에 대한 지도가 요구됨</p>
탈모		<ul style="list-style-type: none"> ○ 탈모기 점검 	<p>특이사항 없음</p>

Table 2-28. Continued









도축과정		법적 요구사항 및 관리 방법	개선사항
잔모소각		o 자동잔모소각기 점검	특이사항 없음
예박		o 예박칼: 도체마다 소독 및 점검 (83℃)	특이사항 없음
박피	o 병원체	o 박피기: 도체마다 소독 및 점검 (83℃)	특이사항 없음
세척 (1차)		o 세척수(냉수, 온수, 유기산제, 증기, 항미생물제 등) 압력, 양, 농도 점검	특이사항 없음
머리절단		o 절단칼: 도체마다 소독 및 점검 (83℃) o 경부농양: 제거	특이사항 없음
항문적출		o 항문결찰 또는 마감처리	항문결찰을 실제 수행하고 있지 않음. 항문결찰을 시행토록 지도 요구됨.

Table 2-28. Continued

도축과정		법적 요구사항 및 관리 방법	문제점 및 개선사항
복부 및 가슴절개		o 위장관 비의도적 절단에 의한 분변오염 방지: 별도 처리 및 충분한 세척	특이사항 없음
내장적출		o 내장의 비의도적 절단에 의한 분변 오염 방지: 별도 레일로 처리 및 세척	회귀분석결과 전살에서 내장적출까지의 소요시간이 증가하면 미생물 검출 확률이 감소. 반면 내장 적출에서 예냉실까지의 소요시간이 감소하면 미생물 검출확률이 감소함.
이분도체		o 분해통: 세척 (83℃)	특이사항 없음
최종세척		o 분사식 세척 -물 압력 : 30~40psi -물 온도: 15-55℃ -물량: 500ml 이상/도체	특이사항 없음
예냉실		o 냉장실 온도, 시간, 기류, 냉장방법 도체공간관리점검 -도체 표면온도: 4.5℃/예냉 12시간내 -도체 심부온도: 4.5℃/예냉 24시간내 o 레일 정기점검 및 청소	미생물 실험 및 현황분석결과 예냉실 온도와 풍속이 커질수록 미생물 검출이 증대함. 지육의 초기(12h이내) 온도 강하를 신속하게 또한 예냉실의 공기오염 관리가 필요함.

제 3 절 유통돈육에서의 미생물 수준 평가

1. 유통 돈육에서의 미생물 수준 평가

가. 유통 경로별 위생관리현황

국내에서 돈육의 유통경로는 생산자 → 가공장 → 도매상 → 소매상 → 소비자에 이르는 4 단계의 형태가 대부분이다. 본 연구에서는 육가공장을 시작으로 하여 대형할인점 및 백화점, 재래식 정육점 중심으로 시료를 수거하여 분석하였다.

1) 가공장의 위생관리현황

가공장은 경기도 일대의 6개 회사의 시료를 분석하였다. 6개 회사의 각각 가공장의 위생관리 현황은 Table 3-1과 같다. 1일 작업 두수는 가장 적은 곳이 190 두이고 가장 많은 곳이 1000두이다. HACCP 인증을 받은 곳이 2개 회사이고 4개 회사는 HACCP 인증을 받지 않았다. 원료 지육 운반 시 예냉을 하는 업체는 1개 회사였고, 예냉실에서 출고 후 포장까지 소요 시간은 짧게는 7~8분이었고, 긴 곳은 25분이었다. 포장재 입고 및 보관 상태는 모두 양호한 것으로 나타났다. 6개 업체가 모두 청소 후 소독액을 사용하였다. 소독액 종류는 락스, 크린콜, 구제술, 세스코, 트리오 등을 사용하고 있었으며 작업자 수는 21~45명 수준이었다.

Table 3-1. Conditions related on hygiene of meat processing plants

구분	A사	B사	C사
일일작업두수	190두	12톤	250두 이내
HACCP 인증유무	무	무	무
원료지육 운반 유무	무	유	무
운반시 예냉 유무	무	무	무
예냉실 출고 후 포장까지 소요시간	24분	15분	7~8분
포장재 입고 및 보관	양호	양호	양호
청소 후 소독액 사용유무	유	바닥 : 락스 시설 : 크린콜	유, (구제술)
작업자 수	21명	30명	40명

Table 3-1. Continued

구분	D사	E사	F사
일일작업두수	1000두	600두	420두
HACCP 인증유무	유	유	무
원료지육 운반 유무	무	무	무
운반시 예냉 유무	무	유	무
예냉실 출고 후 포장까지 소요시간	16분	20~25분	25분
포장재 입고 및 보관	양호	양호	양호
청소 후 소독액 사용유무	유, 온수+세스코(공중부유)	유	바닥 : 락스 도마 : 트리오
작업자 수	45명	30명	35명

2) 백화점 및 대형할인점의 위생관리 현황

대형할인점 및 백화점 8개 업체의 위생 관리 현황을 설문 조사를 통해 살펴보았다 (Table 3-2 ~ 3-6). 백화점 및 대형 할인점에서 입고에서 판매까지 소요시간이 1일 이내인 곳이 2곳이었고, 3일 이상이 2곳 이었다 (Table 3-2). 조사한 8곳 모두 유통차량을 관리하고 있었고 (Table 3-3), 유통 차량의 관리 온도는 입고 시 $-5 \sim 0^{\circ}\text{C}$ 가 2곳, $0 \sim 5^{\circ}\text{C}$ 가 4곳으로 나타났고 (Table 3-4), 출고 시 $0 \sim 5^{\circ}\text{C}$ 가 2곳으로 조사되었고, 6곳이 무응답이었다.

Table 3-2. Duration time of pork meat from warehouse to selling in department store and wholesale market

	percent (%)	업체수
1일 이내	25	2
2일 이내	-	-
3일 이내	-	-
3일 이상	25	2
무응답	50	4

Table 3-3. Percent of management on the transport vehicle for pork meat in department store and wholesale market

	percent (%)	업체수
예	100	8
아니오		-
무응답		-

Table 3-4. Temperature of the transport vehicle for pork meat in department store and wholesale market

	입고	출고
-18℃이하	-	
-18℃ ~ -5℃	-	
-5℃ ~ 0℃	2	
0℃ ~ 5℃	4	2
무응답	2	6

백화점 및 대형 할인점의 작업실과 판매실의 온도관리에 대한 실태 조사한 결과는 Table 3-5에 나타내었다. 작업실의 온도가 15℃를 초과한 곳은 3곳이고 15℃ 이하인 곳은 2곳으로 나타났으며, 판매실은 응답한 곳은 모두 15℃ 초과인 것으로 나타났다 (Table 3-6).

Table 3-5. Temperature of processing room and showcase for pork meat in department store and wholesale market

	작업실	판매실
15℃ 초과	3 (60)	3 (100)
15℃ 이하	2 (40)	- (0)
무응답	3	5

Table 3-6. Temperature of storage room and showcase for pork meat in department store and wholesale market

	진열상자		평대		보관시설	
	냉장	냉동	냉장	냉동	냉장	냉동
-18℃이하	-	2	-	3	-	5
-5℃ ~-18℃	-	1	-	4	-	-
0℃ ~ -5℃	3		4		3	-
5℃ ~ 0℃	3		2		2	-
5℃ 초과	1					
무응답	1	5	2	1	3	3

3) 재래식 정육점의 위생관리 현황

재래식 정육점 30개 업체의 위생 관리 현황을 설문 조사를 통해 살펴보았다. 재래식 정육점에서 입고에서 판매까지 소요시간이 1일 이내인 곳이 10곳이었고, 2일 이내가 11곳이었고, 3일 이내가 3곳 3일 이상이 2곳으로 2일 이내에 판매하는 업체가 대다수를 차지하였다. 조사한 30곳 중 26곳이 유통차량을 관리하고 있었고, 유통 차량의 관리 온도는 입고 시 -18℃ 이하가 2곳, -5℃ ~-18℃가 2곳, 0 ~ -5℃가 9곳으로 나타났다. 출고 시 0 ~ 5℃가 2곳으로 조사되었고, 6곳이 무응답이었다. 백화점 및 대형 할인점의 작업실과 판매실의 온도관리에 대한 실태 조사한 결과는 표 3-5에 나타내었다. 작업실의 온도가 15℃를 초과한 곳은 3곳이고 15℃ 이하인 곳은 2곳으로 나타났으며, 판매실은 응답한 곳이 모두 15℃ 초과인 것으로 나타났다.

Table 3-7. Duration time of pork meat from storage room to selling in conventional butcher shop

	percent (%)	업체수
1일 이내		10
2일 이내		11
3일 이내		3
3일 이상		2
무응답		4

Table 3-8. Percent of management on the transport vehicle for pork meat in conventional butcher shop

	percent (%)	업체수
예		26
아니오		2
무응답		2

Table 3-9. Temperature of storage room and showcase for pork meat in conventional butcher shop

	입고	출고
-18℃이하	2	1
-5℃ ~ -18℃	2	3
0℃ ~ -5℃	9	7
5℃ ~ 0℃	5	5
5℃ 초과	2	3
무응답	10	11

() 전체 30개에 대한 백분위

Table 3-10. Temperature of processing room and showcase for pork meat in conventional butcher shop

	작업실	판매실
15℃ 초과	5 (87.5)	5 (50.7)
15℃ 이하	10 (12.5)	5 (49.3)
무응답	15	20

() 전체 30개에 대한 백분위

Table 3-11. Temperature of storage room and showcase for pork meat in conventional butcher shop

	진열상자		평대		보관시설	
	냉장	냉동	냉장	냉동	냉장	냉동
-18℃이하	-	11	-	11	-	19
-5℃ ~ -18℃	1	4	2	4	-	2
0℃ ~ -5℃	12	1	9	-	10	1
5℃ ~ 0℃	9	-	5	-	12	-
5℃ 초과	2	-	-	-	1	-
무응답	6	14	14	15	7	8

나. 유통 경로별 미생물 분석

육가공장을 시작으로 하여 대형할인점 및 백화점, 재래시장, 학교급식소를 중심으로 시료를 수거하여 미생물 수준 및 *Salmonella* spp., *Listeria* spp를 분석하였다.

1) 돈육 가공장의 공정별 미생물 분석

돈육 가공장의 작업 공정별 미생물분석을 실시하였다. 각 작업장에 수집된 자료를 종합적으로 제시하면 다음과 같았다. Table 3-12는 도체에서 가공단계별 일반세균 수의 분포를 나타낸 것으로 예냉실에서는 $10^3 \sim 10^4$ CFU/cm² 수준이 45%로 가장 많았다. 절단 과정에서 업체별 미생물 분포는 10^0 미만에서 10^5 로 넓게 분포하고 있었다. 발골 단계에서는 $10^4 \sim 10^5$ CFU/cm² 수준의 시료는 없었으나 정형과정에서 미생물 수준이 약간 증가하는 것으로 나타났다.

Table 3-13에서는 대장균수의 분포를 나타낸 것으로 조사된 시료 중 129개 시료에서 대장균이 검출되는데 모두 10^0 미만 CFU/cm² 수준이었다.

육가공장에서 *Salmonella*와 *Listeria* 검출율은 Table 3-14와 같은데 *Salmonella*는 1개 작업장에서 검출되었으나 *Listeria*는 6개 업체 중 4개 업체에서 검출되었다. Table 3-16에서는 검출된 *Listeria*의 serovar를 나타내었다. *L. welshimeri*, *ivanovii*, *monocytogenes*, *seeligeri*, *innocua*가 검출되었으며 *L. monocytogenes*, *innocua*의 검출율이 0.8%였다.

Table 3-12. Distribution of general bacteria in carcass by meat processing steps

일반세균수 (CFU/cm ²)	작업공정별 오염지표 미생물 분포(%)				계(%)
	예냉	절단	발골	정형	
10 ⁰ 미만	2 *(5.0)	7 (15.6)	7 (16.7)	-	16 (9.5)
10 ¹ ~10 ²	6 (15.0)	10 (22.2)	12 (28.6)	8 (19.5)	36 (21.4)
10 ² ~10 ³	10 (25.0)	12 (26.7)	13 (31.0)	17 (41.5)	52 (31.0)
10 ³ ~10 ⁴	18 (45.0)	12 (26.7)	10 (23.8)	13 (31.7)	53 (31.5)
10 ⁴ ~10 ⁵	4 (10.0)	4 (8.9)	-	3 (7.3)	11 (6.5)
계	40	45	42	41	168

* ()의 수치는 같은 열의 계에 대한 백분위

Table 3-13. Distribution of *E. coli* in carcass by meat processing steps

대장균수 (CFU/cm ²)	작업공정별 대장균수 분포(%)				계(%)
	예냉	절단	발골	정형	
*ND	19	23	26	18	86
10 ⁰ 미만	10	11	7	15	43
10 ¹ ~10 ²	-	-	-	-	-
10 ² ~10 ³	-	-	-	-	-
10 ³ ~10 ⁴	-	-	-	-	-
계	29	34	33	33	129

* ND : Not Detected

* ()의 수치는 같은 열의 계에 대한 백분위

Table 3-14. Number of positive samples for *Salmonella* and *Listeria* in carcass by meat processing plants

가공공장	작업장별 병원성미생물 검출수(%)		계(%)
	살모넬라	리스테리아	
A (n=79)	0	1 (1.3)	1 (1.3)
B (n=44)	0	4 (9.1)	4 (9.1)
C (n=74)	15 (20.2)	0	15 (20.2)
D (n=42)	0	4 (9.5)	4 (9.5)
E (n=84)	0	2 (2.4)	2 (2.4)
F (n=36)	0	0	0
계 (n=359)	15 (4.2)	11 (3.1)	26 (7.2)

* ()의 수치는 같은 행의 n에 대한 백분위

Table 3-15. Number of positive samples for *Salmonella* and *Listeria* obtained from meat processing plants

가 공 공 장	작업공정별 병원성미생물 검출수(%)											
	예냉 (n=39)		절단 (n=79)		발골 (n=91)		정형 (n=86)		포장 (n=19)		바닥 (n=9)	
	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
A	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
B	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
C	2	0	3	0	3	0	4	0	3	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
E	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
계 n=359	2 (0.6)	1 (0.3)	3 (0.8)	2 (0.6)	3 (0.8)	1 (0.3)	4 (1.1)	6 (1.7)	3 (0.8)	0	0	0

S : *Salmonella* , L : *Listeria*

* ()의 수치는 같은 행의 n에 대한 백분위

Table 3-16. Serovars of *Listeria* identified and number of positive in meat processing plants

Serovar	No. of positive	*Positive (%)
<i>L. welshimeri</i>	1	0.3
<i>L. ivanovii</i>	2	0.6
<i>L. monocytogenes</i>	3	0.8
<i>L. seeligeri</i>	2	0.6
<i>L. innocua</i>	3	0.8
total (n=359)	11	3.06

*n=359에 대한 백분율

2) 대형할인점 및 백화점에서 판매되는 돈육의 미생물 분석

경기도 일대의 대형 유통점에서 구입한 돈육의 미생물 수준은 Table 3-17과 같았다. 대형 유통점에서 판매되고 있는 돈육의 일반미생물 분포 수준은 10^1 - 10^6 수준이었고 *L. monocytogenes*가 2점에서 검출된 것을 포함하여 *Listeria* spp.는 17점에서 검출되었으나 *Salmonella*는 91점에서 검출되지 않았으며 1점에서 검출되었다. 계절별로 분류해 본 결과는 Table 3-18(일반 세균수)과 같다. 계절적으로 온도가 낮은 겨울의 시료에서 다른 계절에 비하여 1-2 log 수준으로 낮은 균수를 보여주었으며 기타 계절에서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 대장균 분포(Table 3-19)에서는 여름 가을 시료에서 3 log 수준의 대장균이 검출된 시료가 1개씩 있었으나 계절에 따른 큰 차이는 없는 것으로 분석되었다.

Table 3-17. Distribution of general bacteria, *E. coli*, *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in pork meat purchased from department stores and wholesale markets

	Distribution							
	ND	<10 ⁰	<10 ¹	<10 ²	<10 ³	<10 ⁴	<10 ⁵	<10 ⁶
General bacteria (cfu/g)	-	-	1	9	17	27	29	9
<i>E.Coli</i> (cfu/g)	66	3	13	8	2	-	-	-
<i>Listeria</i> (MPN/g)	77	6	7	2	-	-	-	-
<i>Salmonella</i> (MPN/g)	91	1						

Table 3-18. Distribution of general bacteria in pork meat purchased from department stores and wholesale markets by season

General bacteria (cfu/g)	Distribution							
	ND	<10 ⁰	<10 ¹	<10 ²	<10 ³	<10 ⁴	<10 ⁵	<10 ⁶
봄(3~5)	-	-	1	6	5	4	8	4
여름(6~8)	-	-	-	-	4	2	5	1
가을(9~11)	-	-	-	1	1	10	14	4
겨울(12~2)	-	-	-	2	7	11	2	-

대형 유통점에서 판매되고 있는 돈육에서 검출된 *Listeria* serovar는 *L. welshimeri*, *ivanovii*, *grayi*, *monocytogenes* 등이었다.

Table 3-19. Distribution of *E. coli* in pork meat purchased from department stores and wholesale markets by season

<i>E.coli</i> (cfu/g)	Distribution							
	ND	<10 ⁰	<10 ¹	<10 ²	<10 ³	<10 ⁴	<10 ⁵	<10 ⁶
봄(3~5)	21	-	2	5	-	-	-	-
여름(6~8)	7	3	1	-	1	-	-	-
가을(9~11)	22	-	5	2	1	-	-	-
겨울(12~2)	16	-	5	1	-	-	-	-

Table 3-20. Serovars of *Listeria* identified and number of positive in pork meat purchased from department stores and wholesale markets

Serovar	No. of positive	Positive (%)
<i>L. welshimeri</i>	6	6.5
<i>L. ivanovii</i>	4	4.3
<i>L. grayi</i>	5	5.4
<i>L. monocytogenes</i>	2	2.2
total(n=92)	17	18.5

3) 재래식 정육점에서 판매되는 돈육의 미생물 분석

경기도 일대의 재래식 정육점에서 돈육을 구입하여 분석한 결과는 Table 3-21, 3-22와 같았다. 일반세균은 10²-10⁴ 수준이 가장 많아서 80% 이상이었으므로 일반세균수준에서는 문제가 없는 것으로 나타났으며 오히려 대형 유통점에서 판매되는 돈육보다 생균수 수준이 낮은 것으로 나타났다. 그 이유로는 재래식 정육점에서는 냉장육보다는 냉동육 유통을 주로 하기 때문인 것으로 분석하였다. *Salmonella* spp.가 4개 시료에서 검출되어 대형 마트 시료에서는 1건인 것과 비

교되었다. *Listeria* spp. 는 25% 정도 양성으로 나타났으며 수준은 10^1 미만으로 낮은 수준이었다. *L. welshimeri*가 가장 분포도가 높았고 *L. monocytogenes*도 1개 시료에서 검출되었다. Table 3-22, 3-23에서는 계절에 의한 균수 분포도 차이를 나타낸 것으로 겨울, 봄 시료에서 1-2 log 낮은 총균수, 대장균수 수준을 보여 주었다.

Table 3-21. Distribution of general bacteria, *E. coli*, *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in pork meat purchased from conventional butcher shops

	Distribution							
	ND	<10 ⁰	<10 ¹	<10 ²	<10 ³	<10 ⁴	<10 ⁵	<10 ⁶
General bacteria (cfu/g)	-	-	-	9	20	54	32	13
<i>E.coli</i> (cfu/g)	91	4	16	13	3	1	-	-
<i>Listeria</i> spp. (MPN/g)	102	9	12	5	-	-	-	-
<i>Salmonella</i> spp. (MPN/g)	125	1	2					

Table 3-22. Distribution of general bacteria in pork meat purchased from conventional butcher shops by season

General bacteria (cfu/g)	Distribution							
	ND	<10 ⁰	<10 ¹	<10 ²	<10 ³	<10 ⁴	<10 ⁵	<10 ⁶
봄(3~5)	-	-	1	3	12	4	-	-
여름(6~8)	-	-	-	7	12	14	2	1
가을(9~11)	-	-	8	8	14	7	7	1
겨울(12~2)	-	-	-	2	16	8	1	-

검출된 *Listeria* serovar(Table 3-24)는 *L. welshimeri*, *ivanovii*, *monocytogenes* 였고 *L. welshimeri*가 가장 많이 검출되었다.

Table 3-23. Distribution of *E. coli* in pork meat purchased from conventional butcher shops by season

<i>E. coli</i> (cfu/g)	Distribution							
	ND	<10 ⁰	<10 ¹	<10 ²	<10 ³	<10 ⁴	<10 ⁵	<10 ⁶
봄(3~5)	18	-	1	1	-	-	-	-
여름(6~8)	16	4	11	4	1	-	-	-
가을(9~11)	36	-	1	6	2	-	-	-
겨울(12~2)	21	-	4	2	-	-	-	-

Table 3-24. Serovars of *Listeria* identified and number of positive in pork meat purchased from conventional butcher shops

Serovar	No. of positive	Positive (%)
<i>L. welshimeri</i>	15	11.7
<i>L. ivanovii</i>	7	5.5
<i>L. grayi</i>	7	5.5
<i>L. monocytogenes</i>	1	0.8
total (n=128)	30	23.4

4) 학교 급식용 돈육의 미생물 분석

경기도 지역(인천, 성남, 용인, 안양)의 학교에서 납품업체가 다른 학교를 중심으로 돈육 시료를 수거하여 분석한 결과 표 3-25을 얻었다. 일반세균수는 10²-10⁵ 수준으로 나타났으며 대장균 검출 수준도 시중 유통 돈육과 비교하여 비슷한 수준이었으나 *Listeria* spp. 의 수준은 높은 것으로 나타났다. 그러나 *L. monocytogenes*는 검출되지 않았다.

Table 3-25. Distribution of general bacteria, *E. coli*, *Salmonella* spp. and *Listeria* spp. in pork meat obtained from school foodservice program

	Distribution										
	ND	<10 ⁰	<10 ¹	<10 ²	<10 ³	<10 ⁴	<10 ⁵	<10 ⁶	<10 ⁷	<10 ⁸	<10 ⁹
General bacteria (cfu/g)	-	-	-	-	-	10	48	44	8	1	1
<i>E.coli</i> (cfu/g)	61	-	28	19	3	1	-	-	-	-	-
<i>Listeria</i> spp. (MPN/g)	21	62	13	8	7	1	-	-	-	-	-
<i>Salmonella</i> spp. (MPN/g)	112										

Table 3-26. Serovars of *Listeria* identified and number of positive in pork meat obtained from school foodservice program

Serovar	No. of positive	Positive (%)
<i>L. grayi</i>	57	50.9
<i>L. innocua</i>	15	13.4
<i>L. ivanovii</i>	29	25.9
<i>L. seeligeri</i>	19	17.0
<i>L. welshimeri</i>	24	21.4
tota l(n=112)	144	128.6

2. 오염된 돈육의 저장 및 조리 시 미생물 변화

가. *Salmonella* 오염 돈육의 저장중 균수 변화

Salmonella typhimurium (DT-104, ATCC 14028, 6994, PT10, PT30) 5종을 cocktail 하여 돈육에 10², 10³ 수준으로 오염시킨 다음 0℃, 10℃, 그리고 0℃와 10℃를 번갈아 1일씩 저장하면서 *Salmonella* 균수의 변화를 XLD agar를 이용하

여 counting 한 결과 (Fig 3-1, 3-2)이다. 0℃ 저장 시에는 균수의 증가가 거의 없었고 10℃ 저장에서는 빠르게 증식하여 10² 수준으로 오염 시킨 경우 약 4일

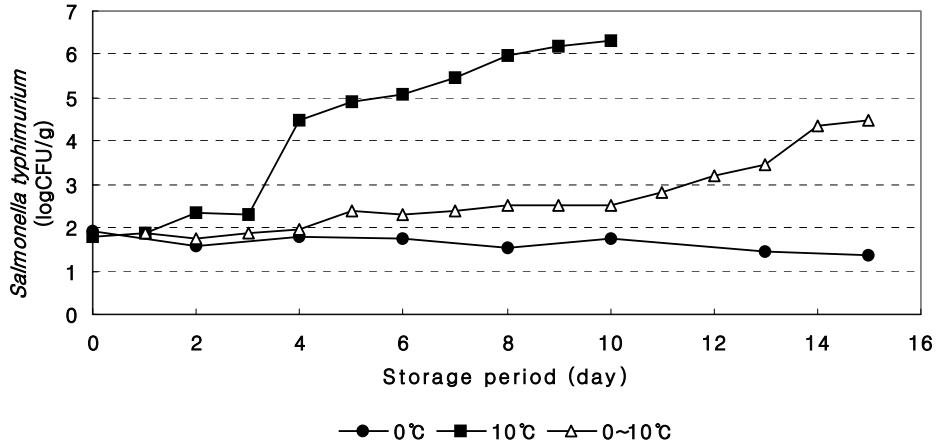


Fig. 3-1. Changes of cell counts of *Salmonella typhimurium* cocktail(DT-104, ATCC 14028, 6994, PT10, PT30) inoculated in pork with the level of 10² cell/g meat during storage.

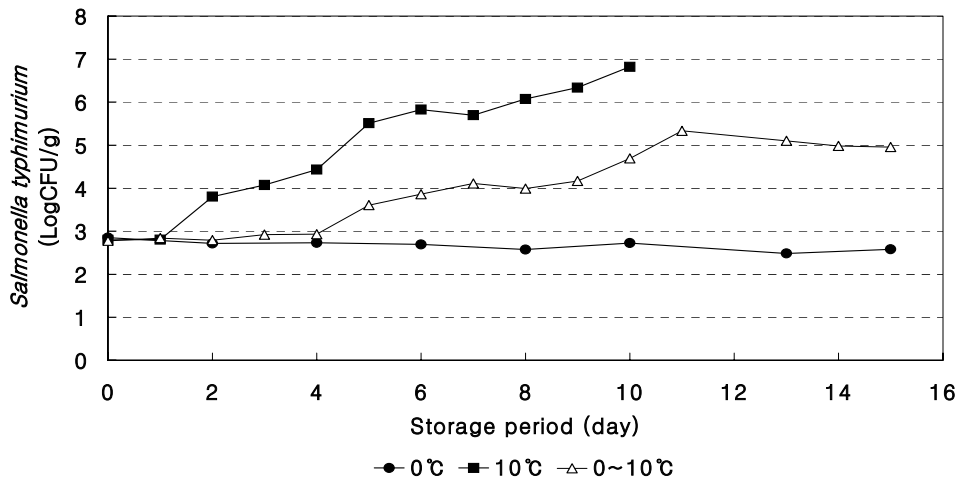


Fig. 3-2. Changes of cell counts of *Salmonella typhimurium* cocktail(DT-104, ATCC 14028, 6994, PT10, PT30) inoculated in pork with the level of 10³ cell/g meat during storage.

만에 초기 접종 수준의 2배가 되었으며 10^3 수준의 경우 6일 만에 2배가 되었다. 이는 돈육에 *Salmonella*가 오염되었을 경우 저장 상황에 따른 *Salmonella* 균의 변화를 예측하기 위한 자료로 활용하였다.

나. *Listeria* 오염 돈육의 저장중 균수 변화

Listeria monocytogenes (ATCC 7644, ATCC 19113, ATCC 191145) 3종을 cocktail 하여 돈육에 10^3 수준으로 오염시킨 다음 5, 8, 10°C에 저장 하면서 1일씩 저장하면서 균수를 측정 한 결과는 Fig 3-3과 같다. 이 결과는 미국 USDA PMP 모델을 사용할 경우 적합성을 판단하기 위하여 얻어진 결과이다.

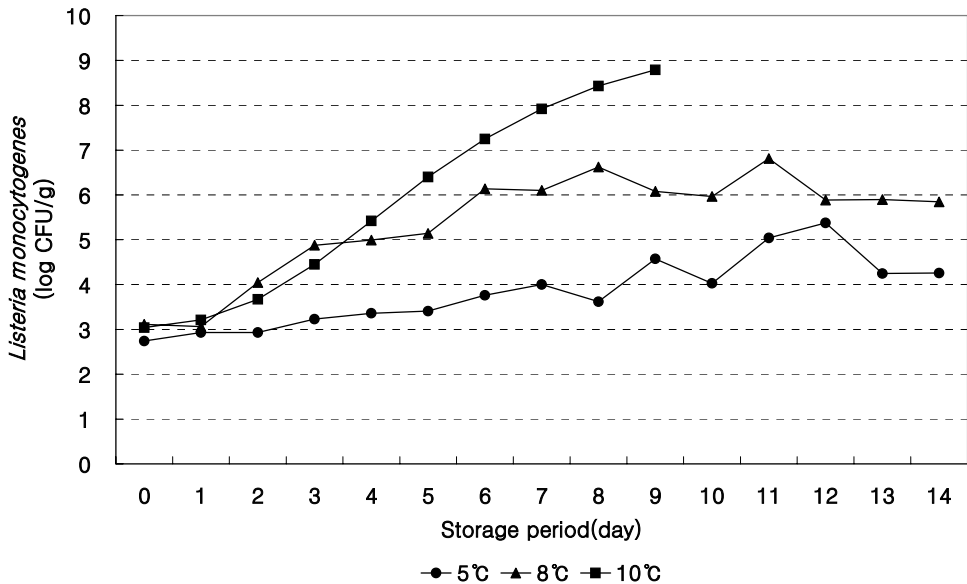


Figure 3-3. Changes of cell counts of *Listeria monocytogenes* cocktail(ATCC 7644, ATCC 19113, ATCC 19114) inoculated in pork with the level of 10^3 cell/g meat during storage.

다. 조리 시 돈육 중 미생물의 살균 효과

1) 열수 중탕에 의한 조리

두께 5mm인 돈육을 비닐 팩에 넣고 열수 온도에 따른 심부 온도의 변화를 측정한 결과는 Fig 3-4와 같다. 또한 돈육에 *Salmonella typhimurium* (DT-104, ATCC 14028, 6994, PT10, PT30) 5종을 cocktail한 다음 10^7 CFU/g meat 수준으로 오염 시킨 다음 가열 시간별 균수 변화는 Fig 3-5와 같았다. 일반적인 돈육 조리방법인 불판을 이용한 경우 온도, 총 가열 시간, 뒤집는 방법 등에 의한 균수 변화는 Table 3-27, 3-28과 같았다. 같은 온도와 총 가열 시간을 적용하여도 뒤집는 빈도에 따라서 조리 후 총균수는 차이가 있어 190, 220℃ 모두에서 30초 간격보다 10초 간격으로 뒤집는 경우가 사멸율이 높았다. 또한 돈육의 두께에 의한 차이도 큰 것으로 나타나 같은 무게의 돈육을 두께를 달리하여 조리한 경우 두께에 의한 영향이 큰 것으로 나타나서 두께가 두꺼울수록 조리시간이 충분하여야 함을 알 수 있었다.

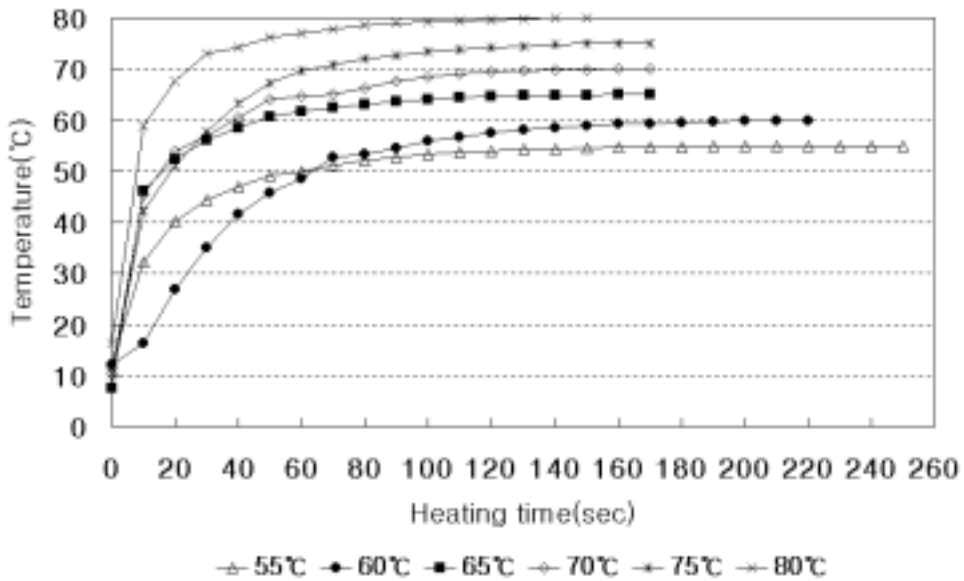


Fig. 3-4. Changes of internal temperature of pork meat (thickness 5mm) depending on the cooking temperature and time.

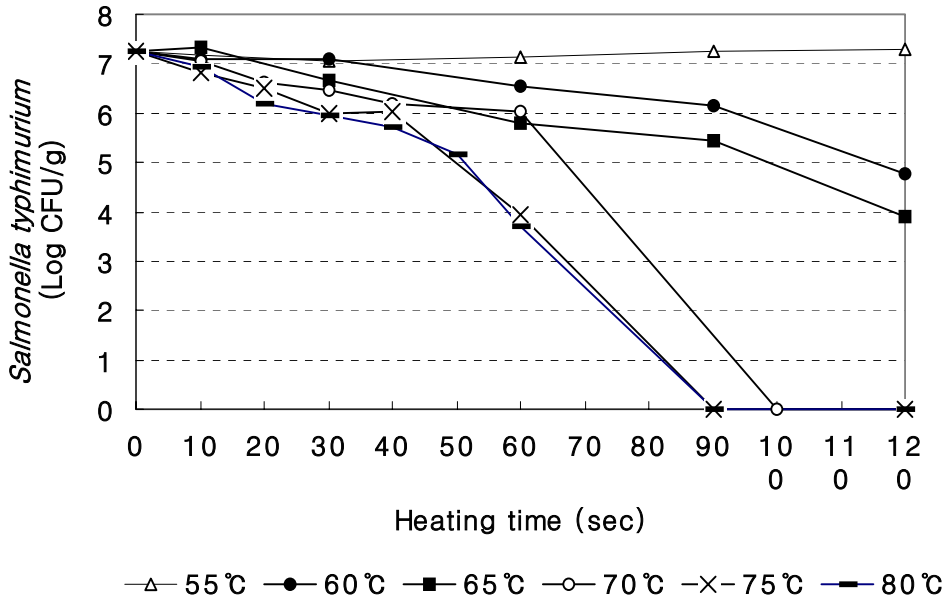


Fig. 3-5. Changes of viable cell for inoculated *Salmonella typhimurium* depending on the cooking temperature and time.

2) 불판에 의한 조리

가) 일반생균수의 변화

실험에 사용한 돈육의 초기 생균수는 5, 7 mm 시료 모두에서 10^8 CFU/g 정도 수준이었고, 불판을 이용한 실험 결과 190°C의 경우 10초 단위로 뒤집는 조리법에서 5 mm 두께의 시료는 80초의 가열로 미생물이 검출되지 않았고, 7 mm 두께의 시료는 60초 가열로 10^4 CFU/g 정도 검출되었고 100초의 가열에도 10^1 CFU/g 정도 검출되었다. 또한 30초 간격으로 뒤집는 열처리의 경우 5, 7 mm 두께 모두에서 60초의 가열로 균수가 10^4 CFU/g으로 줄었다. 이 때 5 mm는 120초 가열했을 경우 균이 검출되지 않았으며, 7 mm 두께 시료는 180초의 가열로 균이 거의 사멸하는 결과를 보였다. 220°C의 열처리에서 10초 단위로 뒤집는 경우 5 mm 두께의 시료는 40초 가열로 10^3 CFU/g, 7 mm 시료는 10^6 CFU/g 정도까지 균이 감소하였으며, 80초 가열로 두 가지 두께의 시료 모두 균이 검출되지 않았다. 220°C 30초 간격으로 뒤집는 열처리에서는 120초의 가열로 5, 7 mm 시료 모두에서 균이 검출되지 않았다(Table 3-27, 3-28).

Table 3-27. Viable cell number of pork (5 and 7 mm thickness) after cooking with 10 sec interval of turn pork upside down at 190 or 220°C.

(unit: CFU/g)

Temperature (°C)	Total heating time (sec)	Thickness (mm)	
		5	7
190	0	1.6×10^8	1.6×10^8
	40	5.3×10^5	8.5×10^6
	60	8.0×10^2	2.1×10^4
	80	ND ¹⁾	7.5×10^1
	100	ND	3.8×10^1
220	0	1.6×10^8	1.6×10^8
	40	3.6×10^3	1.9×10^6
	60	5.8×10^1	3.6×10^1
	80	ND	ND
	100	ND	ND

¹⁾ND=Not detected

Table 3-28. Viable cell number of pork(5 and 7 mm thickness) after cooking with 30 sec interval of turn pork upside down at 190 or 220°C.

(unit: CFU/g)

Temperature (°C)	Total heating time (sec)	Thickness (mm)	
		5	7
190	0	1.6×10^8	1.6×10^8
	60	1.0×10^4	1.0×10^4
	120	ND ¹⁾	6.0×10^2
	180	ND	3.8×10^0
220	0	1.6×10^8	1.6×10^8
	60	6.3×10^2	1.0×10^4
	120	ND	ND
	180	ND	ND

¹⁾ND=Not detected

나) *Salmonella* 균수변화

*Salmonella typhimurium*의 초기 접종 균수는 10^8 CFU/g 수준이었으며 190°C 에서 10초 단위로 뒤집어 가열하는 경우 5 mm 시료에서 60초의 가열로 10^2

CFU/g 수준으로 균수가 줄어들었고, 80초의 가열로 균이 검출되지 않았다. 또한 7 mm 시료에서는 60초의 가열로 10^4 CFU/g 수준이었으며 5 mm 두께 시료에서와 같이 80초의 가열로 균이 검출되지 않았다. 220℃에서는 10초 단위로 뒤집을 때 5 mm 시료의 경우 40초의 가열로 10^3 CFU/g 검출되었고, 60초의 가열로 균이 검출되지 않았다. 7 mm 시료에서는 40초 가열로 10^5 CFU/g, 80초의 가열로 균이 검출되지 않았다. 30초 간격으로 뒤집는 경우 균수는 190℃에서 5 mm 시료는 60초의 가열로 10^5 CFU/g 수준으로 감소하였으며, 120초의 가열로 균이 검출되지 않았고, 7 mm 시료에서는 120초의 가열로 10^5 CFU/g 수준으로 되었고 180초 정도 가열을 해야 균이 검출이 되지 않았다. 220℃에서는 두 가지 두께 시료 모두 120초에서 사멸하였다(Table 3-29, 3-30).

Table 3-29. Viable cell number of *Salmonella typhimuriums* cocktail of pork(5 and 7 mm thickness) after cooking with 10 sec interval of turn pork upside down at 190 or 220℃.

(unit: CFU/g)

Temperature (℃)	Total heating time (sec)	Thickness (mm)	
		5	7
190	0	1.6×10^8	1.6×10^8
	40	1.1×10^4	3.8×10^5
	60	3.8×10^2	4.3×10^4
	80	ND	ND
220	0	1.6×10^8	1.6×10^8
	40	8.3×10^3	1.1×10^5
	60	ND	8.5×10^2
	80	ND	ND

¹⁾ND=Not detected

Table 3-30. Viable cell number of *Salmonella typhimuriums* cocktail of pork(5 and 7 mm thickness) after cooking with 30 sec interval of turn pork upside down at 190 or 220°C.

(unit: CFU/g)

Temperature (°C)	Total heating time (sec)	Thickness (mm)	
		5	7
190	0	1.6×10 ⁸	1.6×10 ⁸
	60	1.3×10 ⁵	2.4×10 ⁵
	120	ND	1.3×10 ⁵
	180	ND	ND
220	0	1.6×10 ⁸	1.6×10 ⁸
	60	1.7×10 ³	2.8×10 ³
	120	ND	ND
	180	ND	ND

¹⁾ND=Not detected

다) *Listeria* 균수변화

준비된 고기 시료에 접종한 초기 *Listeria* 균수는 10⁷ CFU/g 이었으며, 이를 이용하여 가열 조리를 한 후 결과는 190°C에서 10초 단위로 뒤집는 경우 60초의 가열로 5 mm는 10⁵ CFU/g, 7 mm는 10⁶ CFU/g 정도로 균이 감소하였고, 미검출 한계는 5 mm는 80초였고, 7 mm 시료는 100초였다. 220°C에서는 60초의 가열로 5 mm는 10⁴ CFU/g, 7 mm는 10⁵ CFU/g로 균수가 줄어들었고, 중온에서와 같이 5 mm 시료는 80초, 7 mm 시료는 100초에서 균이 검출되지 않았다. 30초 간격으로 뒤집으며 굽는 실험에서는 중온 60초의 가열로 5 mm 시료는 10⁴ CFU/g, 7 mm 시료는 10⁵ CFU/g 수준이 되었으며, 미 검출 한계는 각각 120초와 180초였다. 고온에서는 60초의 가열로 5 mm 시료는 10³ CFU/g, 7 mm 시료는 10⁴ CFU/g으로 감소하였으며, 각각 중온에서와 같이 120초, 180초의 가열로 균이 검출되지 않았다(Table 3-31, 3-32).

Rhee 등은 ground beef에서 조리 조건을 달리하여 *E. coli* O157:H7의 감소 효율을 비교하여 보고한 바 있다. 이때 양면 grill, 단면 grill을 1회 뒤집기, 단면 grill을 수회 뒤집기 방법을 이용하였는데 그 결과, 단면 1회 뒤집는 조리방법 보다 여러 번 뒤집는 경우나, 양면으로 된 grill을 이용하는 것이 더 효과적이라고 하였다. 본 실험에서도 이와 유사한 결과를 보여 30초 간격으로 뒤집는 것보다 10초 간격으로 뒤집는 경우가 미생물 사멸에 더 효과적이었다. 또한 본 연구에서

적용한 가열온도 조건 중에서 모든 D value 값이 3초 미만이며 일반적으로 100 초 정도 가열했을 때 눈으로 보아 먹을 수 있을 정도로 표면이 익었다고 생각이 되나 7 mm 두께에서는 미생물 분석 결과 30초 간격으로 뒤집어 조리했을 때, 경우에 따라 120초의 가열에서도 미생물이 검출되었다. 위와 같은 결과들로서 돈육을 소비하는 개인의 일반적 조리습관이나 조리 시간에 따라서 식육 섭취 시 미생물 섭취 수준 및 식중독 발생 가능성이 달라질 수 있다고 예상된다.

Table 3-31. Viable cell number of *Listeria monocytogenes* cocktail of pork(5 and 7 mm thickness) after cooking with 10 sec interval of turn pork upside down at 190 or 220°C.

(unit: CFU/g)

Temperature (°C)	Total heating time (sec)	Thickness (mm)	
		5	7
190	0	3.8×10^7	3.8×10^7
	60	7.5×10^5	1.3×10^6
	80	ND	5.8×10^2
	100	ND	ND
220	0	3.8×10^7	3.8×10^7
	60	7.3×10^4	2.2×10^5
	80	ND	1.1×10^2
	100	ND	ND

¹⁾ND=Not detected

Table 3-32. Viable cell number of *Listeria monocytogenes* cocktail of pork(5 and 7 mm thickness) after cooking with 30 sec interval of turn pork upside down at 190 or 220°C.

(unit: CFU/g)

Temperature (°C)	Total heating time (sec)	Thickness (mm)	
		5	7
190	0	3.8×10^7	3.8×10^7
	60	3.3×10^4	4.0×10^5
	120	ND	3.0×10^2
	180	ND	ND
220	0	3.8×10^7	3.8×10^7
	60	6.8×10^3	8.3×10^4
	120	ND	5.5×10^1
	180	ND	ND

3. 유통 가공 단계별 병원성 미생물 변화 추이 모형

가. 과제 연구경과(Project History) 및 3차년도 과제와의 연계

본 세부과제는 1-2-3차년도에 걸쳐 이루어진 사업으로, 1-2차 년도에는 도축장에서 어떠한 변수들이 어떻게 얼마나 병원성미생물의 검출확률에 영향을 미치는가하는 것을 Limited Dependent Variable Model을 이용하여 분석하였다. 주목할 만한 결과는, 예를 들면, 도축장에서의 계류시간과 탕박조의 크기가 미생물 검출확률에 영향을 미친다는 가설이 유의한 것을 통계적으로 증명해 내고 계류시간이나 탕박조 크기가 1단위 증가할 때 미생물검출 확률이 얼마만큼씩 감소한다는 것을 추정할 것 등이라고 할 수 있다.

하지만 1-2차년도 과제의 결과물 중 3차년도에 유의한 결과는 우리나라 도축장에서 다음 유통단계인 육가공공장이나 도매상으로 출하되는 돈육 중 얼마가 미생물에 오염되어 있는가 하는 것이며 바로 이 결과가 3차년도 과제의 출발점이다.

3차년도 연구 및 모형의 목적은 도축장에서 출하된 돈육 중 국내산 냉장돈육을 대상으로 가공, 저장에 따른 돈육에 유착되어 있는 병원성미생물수준의 변화추이를 모형화하는 것이다. 따라서 수입된 돈육이나 냉동돈육, 또는 가공된(햄, 베이컨, 소시지 등) 돈육은 본 연구대상에서 제외되었다.

나. 모형의 구성방법 및 이용

본 모형은 다시 세부 module들로 이루어져 있는데, 이들은 유통 Module, 오염확률 계산 Module, 병원성미생물성장 Module 로 이루어져 있다. 이를 도식화하면 Fig. 3-6 과 같다.

그림을 보면 본 모형이 유통 Module(Marketing Module)을 중심으로 이루어진 것을 알 수 있으며 다른 Module 들이 각 유통단계별로 미생물의 성장(오염도) 및 오염된 serving의 빈도를 계산하도록 되어 있는 것을 알 수 있다. 따라서 본 모형의 최종 결과물은 몇 개의 serving들이 어느 정도의 오염도를 가지고 있는 것인가 하는 것이다.

유통 Module은 주로 얼마만큼의 냉장삼겹살과 목살이 어느 유통경로를 통하여 유통되고 있는가를 계산하며, 오염확률 계산(Contamination Prob.) Module은 각 유통단계에서 오염된 확률을 가지고 이전에 오염된 serving 인지 새롭게 오염된

servicing 인지의 확률을 계산하게 된다. 병원성미생물성장(Growth) Module 에서는 온도, 시간, pH, NaCl 수준에 의하여 미생물이 어떻게 성장하는 가를 결정하는 Module 이다. 다음에서는 이 각각의 Module을 상세하게 설명하였다.

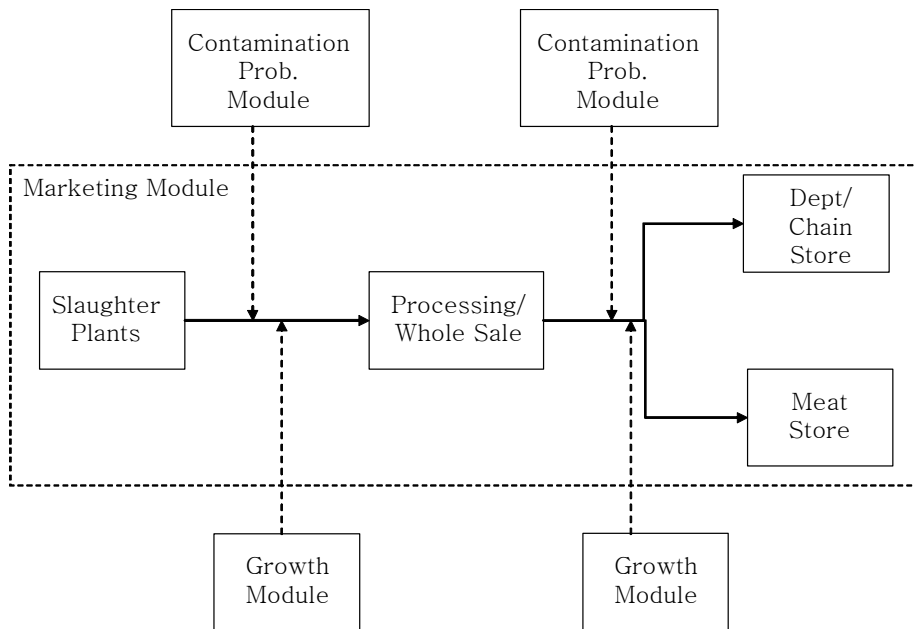


Fig. 3-6. Schematic Presentation of the Model

다. 유통(Marketing) Module

1) serving 크기의 결정

본 모형의 목적은 최종소비단계에서 병원성미생물의 위해성을 평가하고 관리 체계를 제시하는데 있다. 하지만 돈육의 경우 도축장에서 1차 가공된 후 도매/육가공장에서 다시 도체를 절단 가공하고, 다시 소매단계에서 serving size로 절단해 판매하므로 이를 오염되는 과정까지 모두 모형화 하기에는 많은 어려움이 따른다. 따라서 본 모형에서는 개념적으로 1차 도축과정에서 모든 도체가 serving size로 절단된 후 이 각각의 serving 들이 유통되면서 오염되는 것으로 가정하였다.⁴⁾ 따라서 돈육의 serving size를 우선 계산하여야 한다.

4) 본 모형의 기반이된 USDA(1998)의 연구는 생란을 대상으로 하였기 때문에 이러

삼겹살과 목살의 serving size는 ‘2001년도 국민건강·영양조사(보건복지부, 한국보건산업진흥원)’에서 조사된 삼겹살과 목살을 섭취했을 때 재료중량을 추출하여 평균값을 이용하였다.

serving size = 344.4g

우리나라 최근 돈육 소비량은 약 75만톤이며, 축산기술연구소(1999, 고품질 돈육 생산을 위한 수출 규격돈 생산기술)에 따르면 돼지 1마리의 정육은 약 51.30kg으로 나타났다. 이 중 목심이 4.45kg, 삼겹살이 8.64kg 생산되는 것으로 나타났다. 따라서 75만톤의 정육 중 25.52(=13.09/51.3)%가 삼겹살 및 목살의 연간 생산량이라고 할 수 있다. 즉, 우리나라의 연간 삼겹살과 목살 생산량은 191,400 톤으로 추정할 수 있다. 삼겹살과 목살은 대부분 냉장유통되는 것으로 가정하여 이를 serving 1개 크기로 나누면 연간 우리나라에 유통되는 삼겹살 및 목살의 serving 수를 계산할 수 있다.

삼겹살-목살의 연간 유통 serving 수 = $191,400 \times 1000 \times 1000 / 344.4 = 555,749,129$ 개

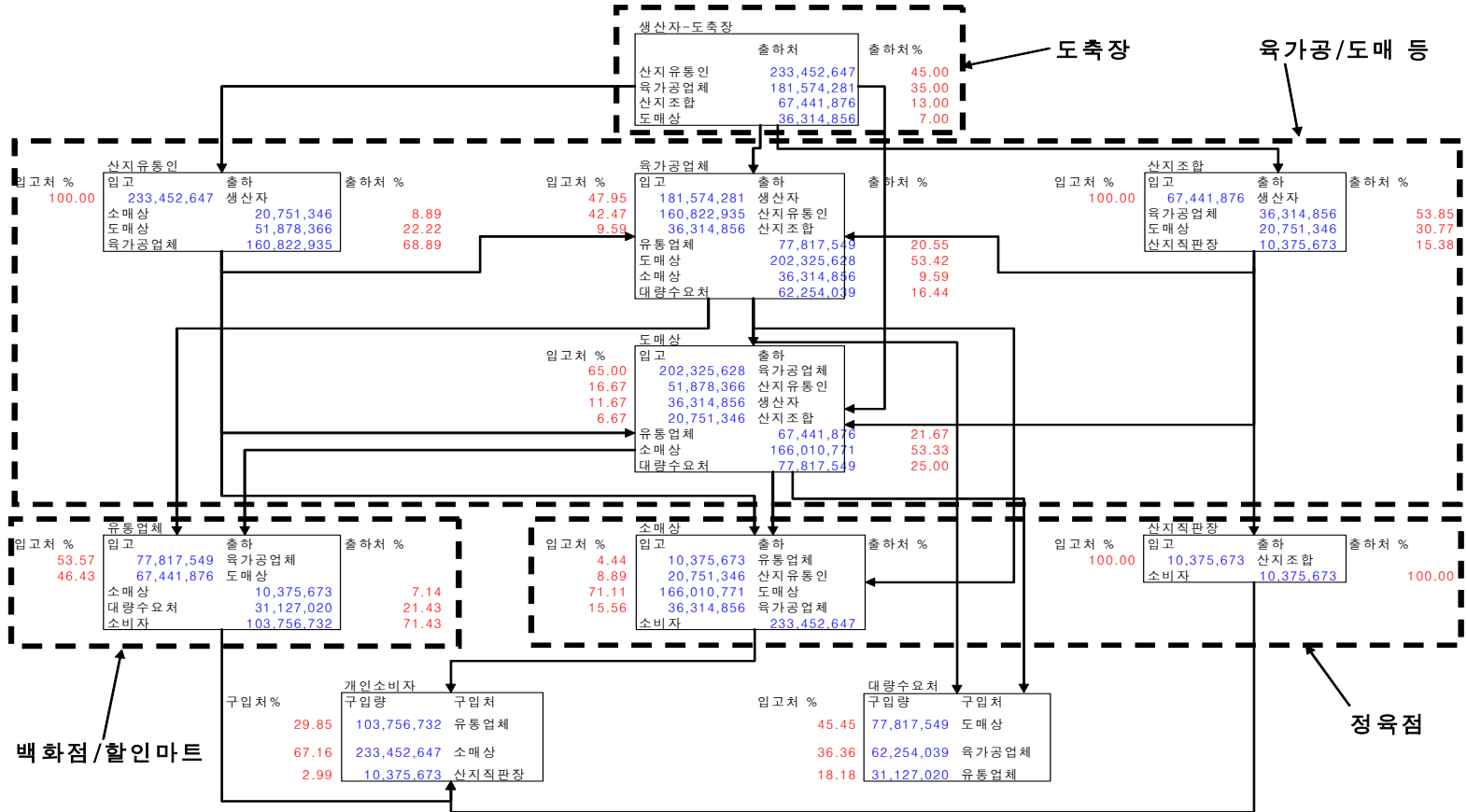
즉, 우리나라의 경우 약 5.6억개의 삼겹살-목살 serving이 연간 유통/소비되고 있다고 가정하였다.

2) 유통경로

전술한 바와 같이 돈육의 유통경로는 복잡하다. 우선 도축장을 거친 돈육의 대부분은 산지유통인(45%)과 육가공업체(35%)에게 출하된다. 산지유통인은 다시 도매상, 육가공업체 등으로 출하하며, 육가공업체도 도-소매, 유통업체 등으로 출하하게 된다. 하지만 도매는 육가공업체, 산지유통인에게 출하하지 않으며 따라서 다음 그림을 보면 같은 ‘육가공/도매’로 묶여져 있어도 도매에서 육가공업체나 산지유통인, 산지조합 하부 유통단계에 위치하고 있다. 도매 단계이하에서는 하방으로만 돈육이 유통되고 있다.

한 serving size가 계란 1개로 정해져 있다. 따라서 모형화가 비교적 수월할 수 있었다는 판단이다.

Fig. 3-7. Marketing Channels for Pork



3) 단순화 유통경로

전술한 바와 같이 Fig. 3-7과 같이 복잡하게 얽혀 있는 돈육 유통체계를 모형화하는 것은 어려운 일이며, 비효율적일 수 있다. 따라서 본 연구에서는 특성상 유사한 유통단계를 묶어 3단계 유통모형을 구성하였다.

Fig3-8. Simplified Marketing Channels for Pork

총 돈육생산량		도축단계			
냉장돈육생산량	700,114 ton			1.00000000	총 국내 생산량 중 냉장돈육 생산비율
냉장삼겹-목살 생산량	178,669 ton			0.25520000	총 국내 생산량 중 삼겹살-목살 생산비율
냉장삼겹-목살 총 serving 숫자	518,783,661 serving			344,4000	목살-삼겹살 평균섭취 재료증량(g)
Impomella 오염 냉장 목-삼겹살 serving 숫자	2,530,652 serving			0.00487805	P1; Salm 1차 오염 확률

유통가공단계(육가공공장/산지유통인/산지조합/도매상)		전체 serving 중 27%는 대량수요처(최종소비자)에 직판	
유통단계에서 1-2차오염 serving 수	4,084,802	0.0079	P12; 유통단계 listeria 전체오염비율(1차+신규)
1차에서만 오염 serving 수	2,523,034		
1-2차중복 오염된 serving 수	7,618	0.00001469	P1P2; 1차오염후다시2차오염될 확률
2차에서 신규오염된 serving 수	1,554,150	0.00301044	P2; 2차오염확률(=신규+중복)
확인1)유통단계에서 1-2차오염 serving 수	4,084,802		

유통업체(대형할인마트 등)		0.28000000 유통업체에서 전체 serving 중 28% 처리	
유통업체 처리 총 serving 수	145,259,425		
	serving 수	확률	0.01086957 P123; 유통업체 listeria 3차 오염비율
1차오염만 된 serving 수	704,316	0.00484868	P1-P1P2-P1P3+P1P2P3 0.00487805 P1
2차오염만 된 serving 수	433,848	0.00298671	P2-P1P2-P2P3+P1P2P3 0.00301044 P2
3차오염만 된 serving 수	435,162	0.00299576	P3-P1P3-P2P3+P1P2P3 0.00301953 P3
1-2차오염만 된 serving 수	2,127	0.00001464	P1P2-P1P2P3 0.00001469 P1P2
2-3차오염만 된 serving 수	1,314	0.00000905	P2P3-P1P2P3 0.00000909 P2P3
1-3차오염만 된 serving 수	2,133	0.00001469	P1P3-P1P2P3 0.00001473 P1P3
1-2-3차 모두 오염된 serving 수	6	0.00000004	P1P2P3 0.00000004 P1P2P3; 모두중복오염확률
3차까지 총 오염 serving 수	1,578,907	0.01086957	P1UP2UP3

소매상/직판장(정육점 등)		전체 serving 중 45% 처리	
소매상/직판장 처리 총 serving 수	233,452,647	0.45000000	소매/산지직판장에서 전체 serving 중 45% 처리
	serving 수	확률	0.02343750 P123; 유통업체 listeria 3차 오염비율
1차오염만 된 serving 수	1,117,554	0.00478707	P1-P1P2-P1P3+P1P2P3 0.00487805 P1
2차오염만 된 serving 수	688,397	0.00294876	P2-P1P2-P2P3+P1P2P3 0.00301044 P2
3차오염만 된 serving 수	3,633,385	0.01556369	P3-P1P3-P2P3+P1P2P3 0.01568721 P3
1-2차오염만 된 serving 수	3,374	0.00001445	P1P2-P1P2P3 0.00001469 P1P2
2-3차오염만 된 serving 수	10,971	0.00004700	P2P3-P1P2P3 0.00004723 P2P3
1-3차오염만 된 serving 수	17,811	0.00007629	P1P3-P1P2P3 0.00007652 P1P3
1-2-3차 모두 오염된 serving 수	54	0.00000023	P1P2P3 0.00000023 P1P2P3; 모두중복오염확률
3차까지 총 오염 serving 수	5,471,546	0.02343750	P1UP2UP3

위의 그림을 보면 복잡한 유통체계가 대폭 단순화되었음을 알 수 있다. 특이할 만한 점은 신유통체계로 불리우는 유통전문업체(대형할인마트 등)가 돈육 유통의 약 28%를 이미 담당하고 있다는 것이다. 이는 아직 45%의 돈육을 소비자에게 제공하는 일반정육점 위주의 소매 유통체계를 넘어 서고 있지 못하는 못하나, 정육점에 비하여 훨씬 그 숫자가 적은 것을 감안하면 무서운 속도로 돈육유통업계를 장악해 나가고 있다고 할 수 있다. 또한 숫자가 적다는 것은 관리가 쉽다는 것

이므로 식품위생측면에서는 대형할인마트 등의 유통업체가 돈육유통의 더 많은 비중을 차지하는 것이 바람직할 수 있다.

위의 3단계 유통모형은 단순히 유통주체가 얼마만큼의 유통량을 담당하고 있는가 하는 것을 계산하여 줄 뿐 아니라, 각 단계별, 유통주체별로 몇 개의 serving이 어떠한 과정을 거쳐 오염되어 있는가를 계산하여 준다. 다음은 이 감염확률계산 module에 대하여 설명하였다.

라. 감염확률계산(Contamination Probability) Module

전술한대로 본 연구에서는 돈육이 처음 도축장에서 출하될 때부터 작은 serving으로 잘라져 유통되는 것을 가정하고 있다. 따라서 각 serving은 오염이 되는 시점이 다를 수 있다. 예를 들어 101번째 serving은 도축장에서 오염이 되었지만 육가공공장이나 정육점에서는 추가로 오염이 되지 않을 수 있다. 반면 102번째 serving은 도축장에서 오염된 후 육가공공장에서 다시 오염되고 백화점에서 다시 중복 오염될 수 있다. 따라서 한번만 오염된 serving, 중복 오염된 경우의 serving 수를 구별하여 다른 오염도(다른 시간 다른 유통경로에 의한 온도 차이 등)를 가지게 되는 모든 경우의 수를 고려하여야 한다.

이러한 모든 경우의 오염도를 각각 계산하기 위해서 ‘각 serving의 오염가능성은 독립적이다’ 라는 가정을 하였다. 다시 말해서 1차에 오염이 된 serving이 2차에 다시 오염될 특별한 이유가 없다는 것으로 자연스러우면서 복잡한 Bayesian 추론을 고려할 필요가 없게 된다. 따라서 각 확률의 계산 방법은 명확해 지는데, 다음과 같이 정리할 수 있다.

변수의 정의

1차에 오염될 확률; P_1

2차에 추가(또는 신규)오염될 확률; P_2

3차에 추가(또는 신규)오염될 확률; P_3

1차에 오염되고 2차에 중복 오염될 확률; $P_1 * P_2$

2차에 오염되고 3차에 중복 오염될 확률; $P_2 * P_3$

1차에 오염되고 3차에 중복 오염될 확률; $P_1 * P_3$

1차, 2차, 3차에 계속 중복 오염될 확률; $P_1 * P_2 * P_3$

이상의 계산과정을 밴다이어그램으로 정리하면 다음과 같다.

Fig. 3-9. Definition of Variables for Contamination Prob. Module

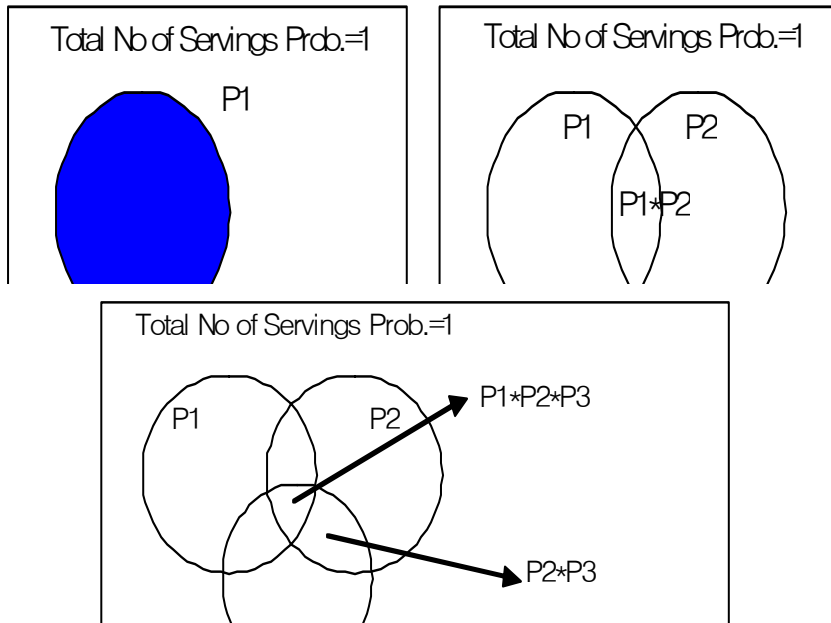
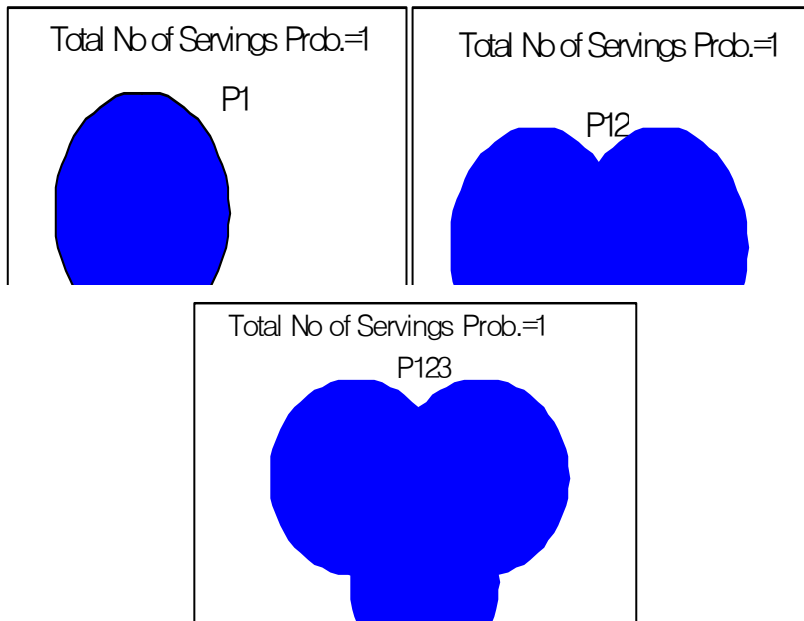


Fig. 3-10. Sample Probability of Contamination



하지만 우리에게 관측 가능한 오염확률(또는 오염된 시료수)은

P1; 1차에 오염된 시료수

P12; 1-2차 오염이 구분되어 있지 않은 시료수 (따라서 확률)

P123; 1-2-3차 오염이 구분되어 있지 않은 시료수 (따라서 확률)

들이다. 위의 확률들을 그림으로 나타내면 위의 그림과 같다. 즉, P1은 직접관찰이 가능하지만 P2, P3 등은 직접 관찰이 가능하지 않고 계산을 통하여 추정해 내야 한다. 즉, 우리가 2단계부터 접하는 serving 들에서 발견된 병원성미생물은 1차에서 오염된 것 일 수도 있고, 2차에서 오염된 것일 수도 있다. 따라서 육가공공장에서 오염확률(P12)을 알고 있다면

$$P12 = P1 + P2 - P1P2$$

$$\Rightarrow (1 - P1)P2 = P12 - P1$$

$$\Rightarrow P2 = (P12 - P1) / (1 - P1)$$

즉, P1과 P12은 관측가능하므로 P2를 계산할 수 있다. 또한 P123를 알고 있으므로,

$$P123 = P1 + P2 + P3 - P1P2 - P2P3 - P1P3 + P1P2P3 \Rightarrow$$

$$P123 - (P1 + P2) + P1P2 = (1 - P2 - P1 + P1P2)P3 \Rightarrow$$

$$P3 = (P123 - P1 - P2 + P1P2) / (1 - P1 - P2 + P1P2)$$

따라서 P3를 구할 수 있다. 이제 P1, P2, P3, P1P2, P2P3, P1P3, P1P2P3 를 알고 있으므로 다음 표와 같이 나머지 확률들도 계산이 가능하다.

Table 3-33. Algorithm to Acquire Necessary Probabilities.

Probability of Contamination	Calculation Method
1st Stage	$P1 - P1P2 - P1P3 + P1P2P3$
2nd Stage	$P2 - P1P2 - P2P3 + P1P2P3$
3rd Stage	$P3 - P1P3 - P2P3 + P1P2P3$
1st and 3rd Stages	$P1P2 - P1P2P3$
2nd and 3rd Stages	$P2P3 - P1P2P3$
1st and 3rd Stages	$P1P3 - P1P2P3$
All stages	$P1P2P3$

이러한 과정을 거쳐 실제 각 오염확률과 이에 따른 각 경우의 오염 serving 수자를 살펴보면 다음과 같다.

Table 3-34 number of Serving and Probability by Contamination Origin - *Salmonella*

Origin of Contamination	Dept/Chain Store		Meat Store	
	no of Serving	Prob	no of Serving	Prob
1st Stage	704,316	0.00484868	1,117,554	0.00478707
2nd Stage	433,848	0.00298671	688,397	0.00294876
3rd Stage	435,162	0.00299576	3,633,385	0.01556369
1st and 3rd Stages	2,127	0.00001464	3,374	0.00001445
2nd and 3rd Stages	1,314	0.00000905	10,971	0.00004700
1st and 3rd Stages	2,133	0.00001469	17,811	0.00007629
All stages	6	0.00000004	54	0.00000023

Table 3-35. Number of Serving and Probability by Contamination Origin - *Listeria*

Origin of Contamination	Dept/Chain Store		Meat Store	
	no of Serving	Prob	no of Serving	Prob
1st Stage	2,591,948	0.01665672	3,966,556	0.01586070
2nd Stage	1,244,999	0.00800078	1,905,269	0.00761842
3rd Stage	20,883,481	0.13420419	43,566,222	0.17420419
1st and 3rd Stages	24,776	0.00015922	37,916	0.00015161
2nd and 3rd Stages	199,623	0.00128284	416,444	0.00166520
1st and 3rd Stages	415,592	0.00267073	866,989	0.00346675
All stages	3,973	0.00002553	8,287	0.00003314

위 표를 보면 기대했던 것과 마찬가지로 단일 오염이 대부분이며 2회 중복 오염

이나 3회 중복 오염은 매우 그 빈도가 적게 계산되었다. 이렇게 각 오염경로와 확률이 확보되면 각 경로를 따라 미생물이 어떻게 성장할 것인가를 하나씩 계산해 보아야 한다. 따라서 다음 절에서는 구체적으로 미생물이 어떻게 성장하는가를 토의하였다.

마. 병원성미생물성장(Growth) Module

1) Gompertz Equation

많은 생명체들이 S-curve를 그리며 성장하며 본 연구에서 고려된 병원성미생물도 S-curve를 그리며 성장하는 것으로 가정하였다. 이는 USDA의 PMP의 가정이기도 하다. 여러 가지 함수 형태가 병원성미생물의 성장을 구현할 수 있겠지만, 본 연구에서는 USDA PMP에서 사용된 Gompertz equation(Gibson et al, 1987, 1988)을 성장함수로 가정하고 성장모형을 구축하였다. Gompertz 성장곡선은 다음의 식에 의하여 주어진다.

$$L(t) = A + C \exp\{-\exp[-B(t - M)]\}$$

여기서 L(t)은 시간 t 에 있어 오염도(또는 Biomass; Log10)이고 A는 t 가 무한히 감소할 때 L값, 즉, 초기 오염도 라고 할 수 있다. C는 t 가 무한히 늘어날 때 추가적으로 늘어날 수 있는 최대치, 즉, 추가적 성장가능성 또는 오염가능성이라고 할 수 있다. USDA(2006, page2)는 MPD(Maximum Population Density; Carrying Capacity)가 $10^9 \sim 10^{11}$ cfu/ml (또는 $9 \ln \sim 10 \ln$) 이라고 하고 있으므로, $C=10-A$ 라고 가정해도 무리가 없다고 생각된다. 다음에서는 C를 제외한 다른 변수들이 어떻게 계산되어지는 가를 알아보고 추가적인 가정을 언급하였다.⁵⁾ B는 상대적성장률이라고 할 수 있으며 M 은 성장률이 극대가되는 시점, 즉, 성장 S-curve 의 곡점(Inflex Point) 이라고 할 수 있다.

USDA의 PMP에서는 Salmonella 의 경우 Gompert equation을 사용하지 않고 다음과 같은 성장모형을 쓰고 있다.

$$Y = \text{Baseline} + \text{Increase}$$

$$\text{Increase} = 0 \quad \text{if } X \leq X_0$$

5) L, A, C 는 Log10 단위이며, B은 비율, M과 t는 시간이 단위이다.

$$= \mu \Delta X \text{ if } X > \lambda$$

단, $\Delta X = X - \lambda$

이 마치 두 개의 직선을 연결하여 놓은 것 같은 모양으로 Gompertz 성장곡선의 성장초기 부분을 많이 닮아 있다.

하지만 두 개의 병원균에 서로 다른 성장곡선을 쓰는 것은 일관성의 문제도 있고, 위의 접근 방법의 단점으로는 시간이 오래 지나도 계속 성장하며 성장이 정체가 되는(level off) 효과를 모형화하지 못한다는 치명적인 단점이 있다. 장점으로 는 성장의 단기간만 관심을 가지고 있을 때 (기본적으로 선형이므로) 다루기가 용이하다는 것이다.

본 과제는 1주일 정도까지 돈육유통기간을 잡을 수 있고 이를 모형화하여야 하기 때문에 USDA PMP 의 모형과는 다르게 Salmonella도 Gompertz equation을 이용하여 모형화 하였다. Salmonella를 Gompertz equation 으로 모형화한 다른 예는 Gibson et al. (1987)을 들 수 있다. 다음에서는 Gompertz equation 의 구성 요소 하나하나에 대해 상세히 설명하도록 하겠다.

2) 유통단계별 초기오염도(A)

본 연구에서 조사된 유통단계별 오염도는 다음 표와 같다.

Table 3-36. Sampled Level of Contamination at each Marketing Stage (MPN/cm²,g)

Pathogen	Slaughter Plant	Processing Plant	Dept/Chain Store	Meat Store
Salmonella	1.2100	10.3600	0.8000	12.4000
Listeria	4.1880	132.7400	3.5000	6.4000

문제는 유통단계를 거치면서 오염도가 증가할 것을 기대할 수 있지만 육가공공장 이후 갑자기 오염도가 급락하는 것을 알 수 있다. 이는 도축장/육가공공장에서의 sampling protocol과 소매단계의 sampling protocol이 다름에서 기인한다. 즉, 도축장/육가공공장에서는 도체의 크기가 크기 때문에 10x10 cm² 정도 시료의 표면을 swabbing 한 후 이를 배양하여 오염도를 측정하는 반면, 백화점/정육점에서는 25g 정도의 시료를 mince한 후 이를 용해액에 넣고 미생물을 추출하여 미생물 수준을 측정한다. 따라서 미생물의 수준에 차이가 많을 수 밖에 없다.

따라서 본 연구에서는 이러한 sampling protocol의 차이를 정규화(normalize)하기 위하여 도축장/육가공공장의 시료 크기가 10x10x10 cm³로 가정하고 이를 다시 1000g 으로 가정하였다(1cm³=1g). 따라서 도축장/육가공공장의 시료 크기가 소매 시료크기의 40배 이므로, 도축장/육가공공장 시료의 크기에 1/40을 곱하였다. 이 결과 다음과 같이 위의 표가 변환되었다.

Table 3-37. Normalized Level of Contamination at each Marketing Stage (MPN/g)

Pathogen	Slaughter Plant	Processing Plant	Dept/Chain Store	Meat Store
Salmonella	0.0303	0.2590	0.8000	12.4000
Listeria	0.1047	3.3185	3.5000	6.4000

마지막으로 위의 오염도는 serving 1 단위의 오염도가 아니므로 다시 11.41(=serving크기/시료크기=285.17/25)를 곱하여 serving 1 단위당 오염도를 계산하였으며 이를 모형에 이용하여 1 serving 당 미생물성장모형에 이용하였다

Table 3-38. Normalized Level of Contamination at each Marketing Stage (MPN/serving)

Pathogen	Slaughter Plant	Processing Plant	Dept/Chain Store	Meat Store
Salmonella	0.3451	2.9544	9.1256	141.4466
Listeria	1.1943	37.8541	39.9244	73.0047

1차 오염은 위의 초기값을 이용하여 2차, 3차 까지 성장을 계속하고, 2차에서 오염된 경우에는 위의 2차 초기값을 썼다. 하지만 1차에서 오염되고 2차로 계속 이어지는 경우에는 2차의 성장함수에 있어 초기값은 전기의 최종오염도가 되도록 모형을 구성하였다.

3) 성장률(B)

*Listeria*의 성장함수를 위해서 성장률(B)을 구하는 추정식은 USDA(2006) 등에 소개되어 있다. 하지만 본 연구에서 같은 결과를 reproduce 할 수 없었으므로 이용된 자료를 가지고 직접 추정하였다. 즉, 다음과 같은 함수를 가정하였으며,

$$\ln(B) = \text{constant} + b_1 \cdot \ln(\text{Temp}) + b_2 \cdot \ln(\text{pH}) + b_3 \cdot \ln(\text{NaCl})$$

상수항 및 계수(bi)를 추정하기 위하여 USDA(2006)의 Table 2 에 있는 자료를 이용하였다(부록 참조).

Table 3-39. Coefficients for B(*Listeria*)

	constant	LN(Temp)	LN(pH)	LN(NaCl)
Coefficient	-6.2042	1.5461	-0.3972	-0.1217
t value	-7.8390	26.6300	-1.0004	-3.0608

*R²=0.92

Salmonella 의 경우는 Gibson et al (1987)의 연구가 재현 가능하여, 연구되어 소개된 B의 추정함수를 그대로 사용하였다. 즉,

$$\ln B = -23.5 + 1.496 \cdot \text{NaCl} + 0.487 \cdot \text{temp} + 4.29 \cdot \text{pH} - 0.0608 \cdot \text{NaCl}^2 - 0.00563 \cdot \text{temp}^2 - 0.293 \cdot \text{pH}^2 - 0.0126 \cdot \text{NaCl} \cdot \text{temp} - 0.171 \cdot \text{NaCl} \cdot \text{pH} - 0.0124 \cdot \text{temp} \cdot \text{pH}$$

4) 최대성장시점(M)

Gompertz equation 의 다른 중요한 변수가 바로 M 인데 이는 S-curve의 변곡점(기울기 또는 성장률이 최대가 되는 점)을 나타낸다. 이 역시 *Listeria*의 경우는 문헌의 계산을 재현 할 수 없어 다시 추정하였다.

Table 3-40. Coefficients for M (*Listeria*)

	constant	LN(Temp)	LN(pH)	LN(NaCl)
Coefficient	9.4130	-1.6054	-0.8490	0.1887
t value	18.3188	-42.5913	-3.2935	7.3106

*R²=0.97

*Salmonella*의 M을 추정하는 경우도 역시 Gibson et al (1987)의 연구가 재현 가능하여, 연구되어 소개된 M의 추정함수를 그대로 사용하였다. 즉,

$$\ln B = 29.19 - 0.409 \cdot \text{NaCl} - 0.5518 \cdot \text{temp} - 6.02 \cdot \text{pH} + 0.0924 \cdot \text{NaCl}^2 + 0.00771 \cdot \text{temp}^2 + 0.448 \cdot \text{pH}^2 + 0.00118 \cdot \text{NaCl} \cdot \text{temp} + 0.0166 \cdot \text{NaCl} \cdot \text{pH} + 0.0136 \cdot \text{temp} \cdot \text{pH}$$

바. 모형에 쓰인 Parameter 및 수준

위의 B와 M은 온도(temp), NaCl, pH 의 함수 이다. 온도는 시간과 함께 본 연구의 주요 변수이므로 민감도 분석을 행하는 등 추가적인 분석이 이루어 졌다. 하지만 pH 와 NaCl 의 경우 돈육에 있어 안정되어 있기 때문에 변수가 아닌 상수로 취급하였다. 즉, pH 는 5.6 을 가정하였고, NaCl은 0.1%를 가정하였다.

사. 모형의 종합적 결과(유통단계별 미생물수준) 및 정책적 함의.

Table 3-41. Number of Contaminated Servings and Level of Contamination (*Salmonella*)

Origin of Contamination	Small Meat Store		Dept/Chain Store	
	no. of contaminated servings	Contamination Level(Log10 CFU/ml)	no. of contaminated servings	Contamination Level(Log10 CFU/ml)
Slaughter Plant (S)	1,117,554	-0.3499	704,316	-0.3430
Processing Plant (P)	688,397	0.5207	433,848	0.5270
Retail (R)	3,633,385	2.1657	435,162	0.9837
S then P	3,374	0.5756	2,127	0.5820
P then R	10,971	2.1754	1,314	1.1138
S then R	17,811	2.1670	2,133	1.0037
S then P then R	54	2.1767	6	1.1287
Total no. of Contaminated Servings upto Retail	5,471,546		1,578,907	
Weighted Average of Estimated Contamination Level (MPN/cm ²)	98.54		3.81	
Average Contamination Level of the Samples (MPN/cm ²)	12.40		0.80	

Table 3-41. cont'd.

(Listeria)

Origin of Contamination	Small Meat Store		Dept/Chain Store	
	no. of contaminated servings	Contamination Level(Log10 CFU/ml)	no. of contaminated servings	Contamination Level(Log10 CFU/ml)
Slaughter Plant (S)	3,966,556	0.3457	2,591,948	0.6286
Processing Plant (P)	1,905,269	1.7058	1,244,999	1.9488
Retail (R)	43,566,222	1.9617	20,883,481	1.9459
S then P	37,916	1.7243	24,776	1.9691
P then R	416,444	2.1533	199,623	2.2484
S then R	866,989	1.9721	415,592	1.9663
S then P then R	8,287	2.1600	3,973	2.2587
Total no. of Contaminated Servings upto Retail	50,767,683		25,364,390	
Weighted Average of Estimated Contamination Level (MPN/cm ²)	83.48		80.51	
Average Contamination Level of the Samples (MPN/cm ²)	160.90		67.50	

위의 표에서 모형의 결과(Weighted Average of Estimated Contamination Level)를 표본실측치(Average Contamination Level of the Samples)와 비교해 보면 정육점에서의 *Listeria*를 제외하고는 1 Log10 범위 내에서 접근하고 있음을 알 수 있다.

가장 오염빈도가 높은 곳은 *Salmonella*나 *Listeria* 모두 소매단계(백화점/할인마트, 정육점)이며 *Listeria*의 경우 *Salmonella* 보다 상대적으로 많은 오염이 소매 단계에서 일어난다는 것을 알 수 있다. 따라서 미생물병원균 outbreak의 효과적인 억제를 위해서는 도축-가공/도매 단계보다는 소매단계의 관리가 더 중요함을 알 수 있다. 오염도가 가장 높은 경우는 도축-가공/도매-소매 단계 모두에서 추가적으로 오염된 경우이나 발생률은 매우 작은 것을 알 수 있다. 또한 전체적으로 *Listeria* 검출빈도가 *Salmonella*의 검출빈도보다 약 9배가량 높게 나타났다.

오염도의 경우는 백화점의 *Salmonella*가 상대적으로 오염도가 적은 것으로 나타났다. 정육점의 경우는 *Salmonella*와 *Listeria*가 비슷하게 검출되는 것으로 추정되었다. 즉, 많은 수가 존재하고 영세한 정육점들이 많은 상황에서는 이들을 관리하는 것이 어려움이 있을 것으로 판단되나 백화점/대형할인마트 등의 신유통업체에 대한 관리 보다는 재래 정육점을 관리하는 것이 더 효율적일 것으로 판단된다.

또한 평균값기반모형(모형유통 가공 단계별 병원성 미생물 변화 추이 모형)에서 변수로 고려한 온도와 유통기간의 오염도에의 영향을 비교해 보면 오염도의 변화에 온도가 유통기간보다 훨씬 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 예를 들면 정육점에서의 온도와 시간의 변화에 대한 *Listeria* 오염도변화를 탄력성⁶⁾을 기준으로 보면, 온도의 오염도완화탄력성(Mitigation Elasticity)은 -0.98, 시간의 오염도 완화 탄력성은 -0.64로 나타났다. 즉, 온도를 1% 감소 시킬 때 오염도는 0.98% 하락하며, 성장시간(유통시간)을 1%감소시키면 오염도는 0.64% 감소한다는 의미이다. 즉, 고려된 병원성미생물들은 시간보다 온도에 민감하므로, 예를 들어 같은 비용이 든다면 차량대수를 늘려 유통시간을 줄이는 것 보다 냉장온도를 더 낮게 유지하는 것이 미생물증식을 제어하는 더 좋은 방법이라는 결론을 내릴 수 있다. 하지만 이러한 오염완화탄력성이 오염도 관리변수의 변화에 대한 오염도의 변화민감도를 부분적으로 제공할 수 있으나 보다 전반적인 민감도분석 및 위해성평가를 가능하게 하기 위해서는 SQRA (Stochastic Quantitative Risk Assessment) 모형이 필요하게 된다.

6) USDA(1998)의 Mitigation Elasticity 와 같은 의미를 갖으며, 경제학의 가격변화에 대한 수요변화를 계측하는 수요탄력성과 유사한 개념이다.

제 4 절 도축에서 소비까지 SQRA 모델

1. 평균값기반 모형에서 SQRA 모형으로의 변환

평균값기반모형(Mean-based Model)모형은 평균값을 이용하는 모형으로 미생물 수준을 결정하는 변수가 한 개 주어지면 한 개 수치의 미생물수준을 계산하여 주는 모형이다. 반면에 SQRA 모형은 원인변수의 분포를 정해주면(예를 들어 평균값과 분산값이 알려진 정규분포) 이를 Monte Carlo 기법 또는 Latin Hyper Cube 기법⁷⁾을 이용하여 이 분포에 맞게 변수값을 생성하여 정한 회수 만큼 반복적으로 미생물수준을 계산한 다음, 이를 다시 일개 평균값이 아닌 분포로써 보고하는 모형이다.

기본적으로 본 모형에 이용된 모든 입력변수들은 추정치들이기 때문에 실제치와는 편차가 있을 수밖에 없다. 하지만 모든 입력변수를 고려하는 것은 모형의 기본원칙인 KISS(Minimalist 적인 접근; Keep It Simple and Short)에 위배되며 많은 경우에 있어 모형이 오차범위외의 결과를 내었을 때 문제가 되는 변수 및 수준을 찾아내는데 어려움을 준다. 따라서 본 연구에서는 serving의 크기와 수량을 결정하는 변수들은 모든 평균값을 그대로 쓰고 대신 최종 결과물에서는 각 오염수준별로 전체 serving 수에서 오염된 serving의 수가 차지하는 비중(%)을 보고함으로써 평균값을 사용함으로써 발생할 수 있는 변수값의 대표성문제를 완화하였다. 하지만 유통단계별 오염도, 온도, 기간 등의 미생물성장, 오염도에 관련되는 변수는 실제 자료나 문헌을 이용하여 분포(Distribution)를 추정하여 입력자료로 사용하였다. 문제의 소지가 있는 부분은 각 삼겹살-목살의 유통단계별 병원성미생물 검출확률인데 현재 본 연구에서 계산한 검출확률이외에 삼겹살-목살에 대하여 체계적으로 조사되어 신뢰할 만한 결과가 없으므로 본 연구의 검출 결과를 토대로 검출확률을 이용하였으며 분포를 가지지 않는 것으로 가정하였다. 입력변수의 분포를 선택하는 기준을 정리하면 다음과 같다.

2. 분포의 선택기준(Fitting Criterion)⁸⁾

2.1 A-D 또는 Anderson-Darling Test

7) Monte Carlo 기법과 같은 기능을 가지나 보다 효율적으로 가정된 분포에 접근하게 simulation을 가능하게 하는 기법으로 본 연구에서는 Latin Hyper Cube 기법이 사용되었다.

8) @Risk의 도움말을 해설한 것임.

Anderson-Darling test 는 Kolmogorov-Smirnov test 와 유사하지만 tail value 에 보다 강조점을 두며, 구간의 수에 독립적이다.

2-2 K-S 또는 Kolmogorov-Smirnov Test.

Kolmogorov-Smirnov test 는 구간수(number of bins)에 의존하지 않으며 따라서 Chi-Square test 보다 강력한 test 라고 할 수 있다. 이 test는 표본 자료를 사용할 수 있지만 불연속 분포함수에는 쓰일 수 없다. Kolmogorov-Smirnov test 의 단점 중 하나는 tail 모순성을 잘 간파하지 못한다는 데 있다.

2-3 Chi Sq, or Chi-Square Test.

Chi-Square test 는 가장 일반적으로 많이 사용되는 적합성(goodness-of-fit) test이다. Chisquare test는 sample input data 및 어떠한 형태의 분포함수(연속 또는 불연속)에 도 쓰일 수 있다는 점이다. 단점은 구간을 선택하는 뚜렷한 기준 이 없다는 것이다. 어떤 경우에 있어서는 같은 자료를 쓰더라도 구간을 어떻게 설정하느냐에 따라 다른 결론을 내릴 수 있다. 따라서 본 연구에서는 A-D test 에 의해 매겨진 순서에 의하여 분포를 선택하고 안목검사 등을 통하여 A-D test 에 의해서 선택된 분포가 실제 분포를 잘 반영하지 못한다는 판단이 들었을 경우 다른 분포를 선택하였다.

시간의 경우, 도축장은 도축-예냉-출고까지 걸리는 시간을 조사하여 나열한 후 분포를 추정하였고, 육가공공장의 경우에는 예냉에서 포장까지 시간만 조사되어 있고, 예냉실 보관시간이 누락되어 있으므로 정확한 시간을 알 수 없었다. 따라서 15~18시간 정도 걸린다는 전문가의 조언과 중간값 보다는 18시간에 가깝다는 의견을 수용하여 17시간을 평균으로 하고 15를 최소, 18을 최대로 하는 삼각형분포를 가정하였다. 나머지 시간들의 경우는 무난히 @Risk 의 BestFit을 사용하여 분포를 측정하고 A-D test 에 의한 ranking 대로 선택하였다.

이는 온도의 경우도 무리없이 분포가 추정되었는데, 특이할 만한 점은 흔히 생각하는 정규분포(Normal Distribution)의 자료는 거의 찾아보기 힘들고, 한쪽으로 skew 되어 있는 경우가 대부분이었다. 마지막으로 온도나 시간 모두 민감하게 오염도에 영향을 줄 수 있으므로 Truncate 명령을 사용하여 불필요하게 너무 멀리 꼬리쪽의 자료를 가져오지 못하도록 하였다. 다음은 이렇게 선택된 분포들이다.

3. 온도

Fig 4-1. Temperature at Slaughter Plants

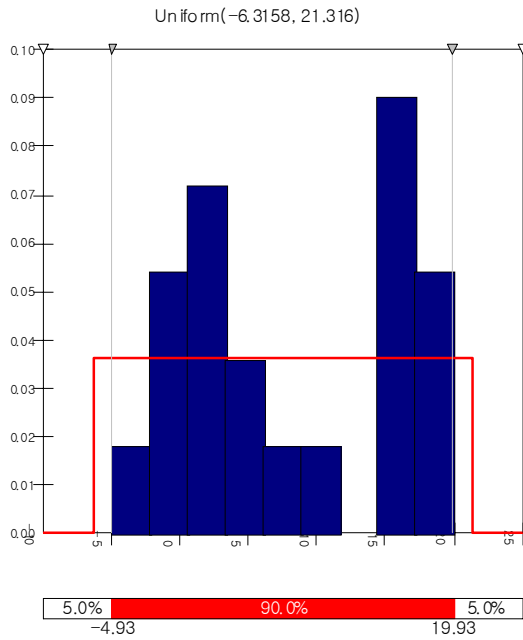


Fig. 4-2. Temperature at Processing Plants

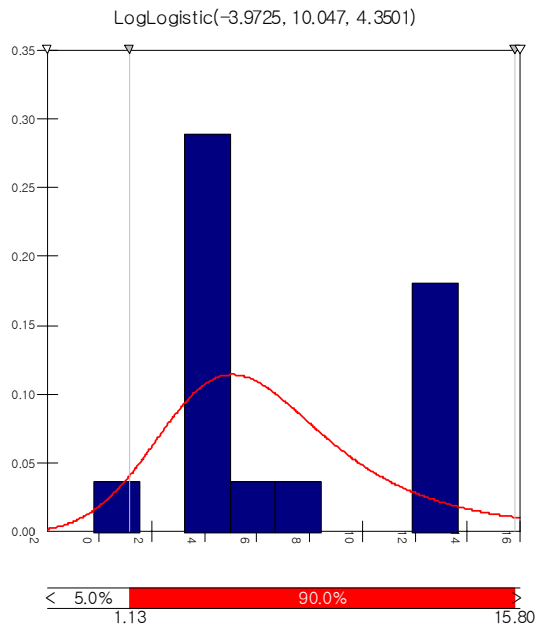


Fig. 4-3. Temperature at Dept/Chain Store

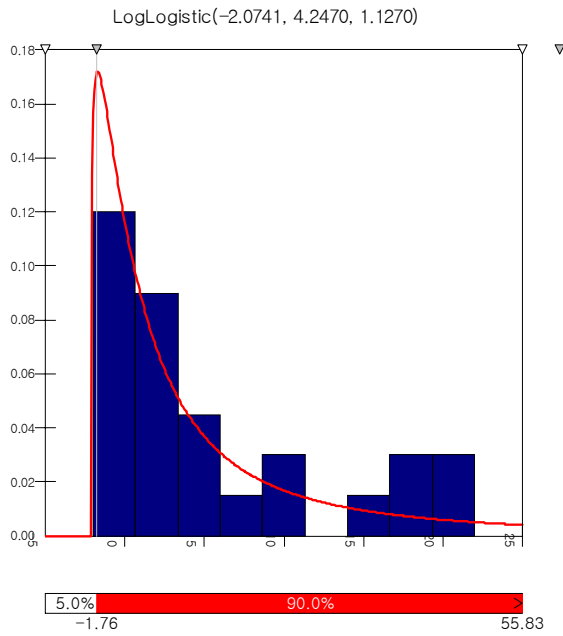
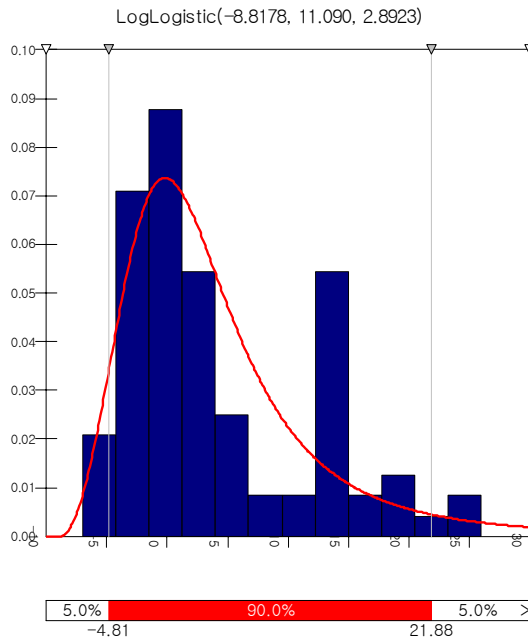


Fig. 4-4. Temperature at Meat Store



4. 가공/유통 시간

Fig. 4-5. Duration at Slaughter Plant

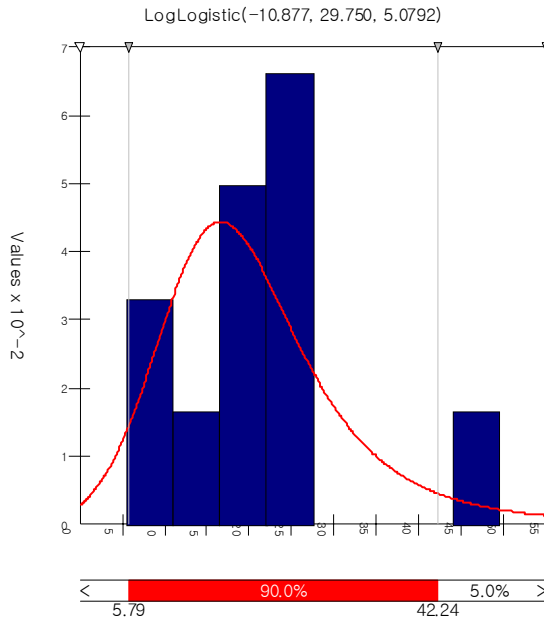


Fig. 4-6. Duration at Processing Plant

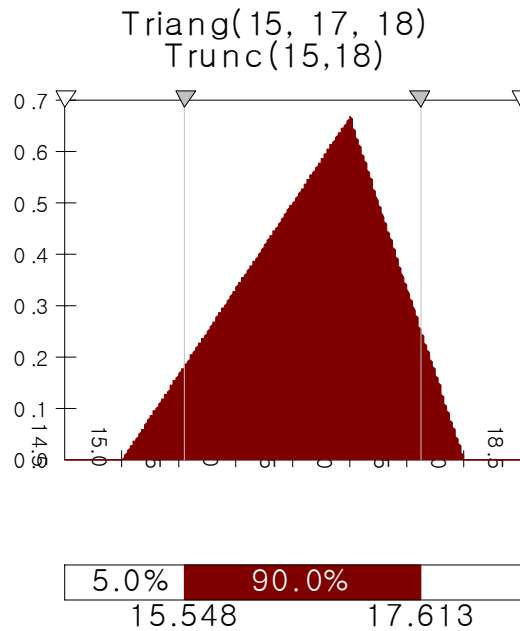


Fig. 4-7. Duration at Dept/Chain Store

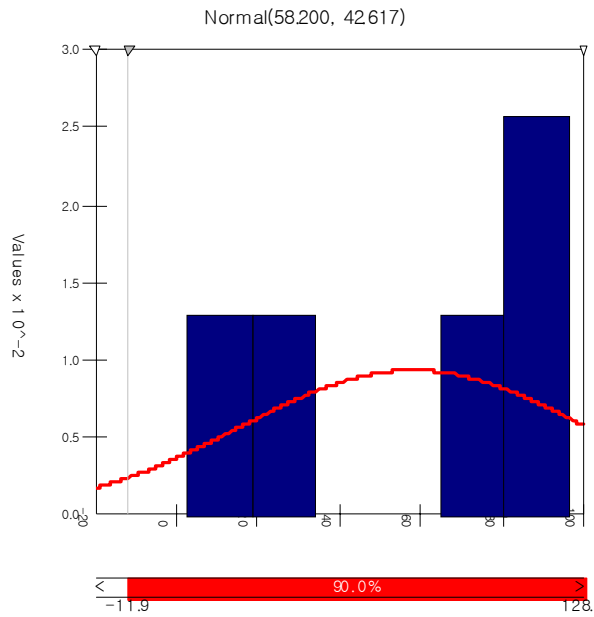
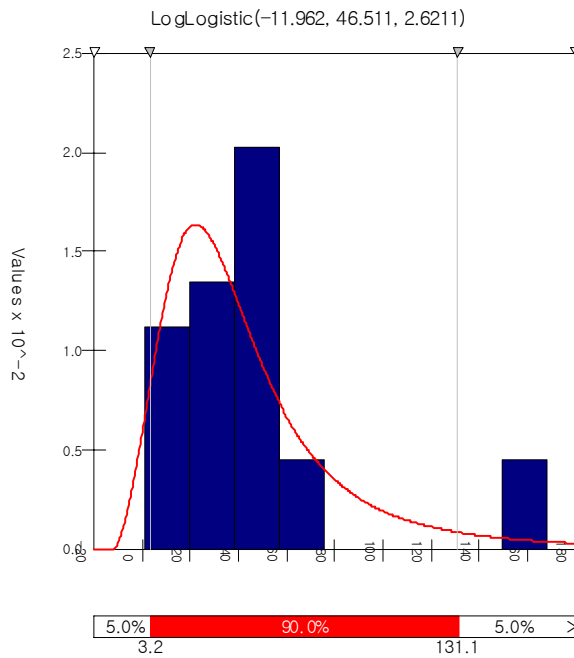


Fig. 4-8. Duration at Meat Store



5. Simulation 결과

목표 output은 소매단계(백화점과 정육점)의 1차오염, 2차오염, 3차오염, 1-2차오염, 2-3차오염, 1-3차오염, 1-2-3차오염의 빈도수로 오염도를 가중평균한 값을 목표 output으로 정하였다. 평균값기반모형에서도 이 값을 목표 output으로 정하여 토의하였다.

이와 같이 유통단계별로(연구의 궁극적인 목표인 최종판매단계를 포함하여) 소비자들이 위해한 수준의 미생물에 얼마나 노출될 수 있는가를 간단히 표로 정리하면 다음과 같다.

Table 4-1. Simulated Contamination Level of *Salmonella* at Retail Stores

	Min.	Mean	Max
Dept/Chain Store	3.55	121,740,900 = 1.22x10 ⁸	10,035,380,000 = 1.00x10 ¹⁰
Meat Store	95.17	120,630,100 = 1.21x10 ⁸	10,058,970,000 = 1.00x10 ¹⁰

Table 4-2. Simulated Contamination Level of *Listeria* at Retail Stores

	Min	Mean	Max
Dept/Chain Store	19.85	640,707,300 = 6.41x10 ⁸	9,608,930,000 = 9.61x10 ⁹
Meat Store	81.88	614,809,800 = 6.15x10 ⁸	9,786,857,000 = 9.79x10 ⁹

즉, 온도와 시간의 가능한 모든 조합을 각 각 10,000회씩, 10,000²개의 조합으로 simulation한 결과 *Salmonella*가 최저수준(Min)과 평균(Mean)에서는 *Listeria*를 하회하였지만, 최대수준(Max)에서의 오염도는 두 병원성미생물간, 유통단계간에 있어 거의 비슷한 10¹⁰ 규모로 결론지을 수 있다

각 백화점과 정육점에서의 *Salmonella*와 *Listeria* 수준의 simulation 결과를 다시 BestFit으로 fitting 시켜 나타낸 그림들이 다음 그림에 나타나 있으며, 민감도 분석 결과도 이어져 보고되어 있다. 기대 했던 대로 해당 유통단계에서의 온도가 가장 민감하게 다음으로 해당유통단계의 시간이 가장 민감하게 오염수준에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Fig. 4-9. Distribution of Simulated Contamination Level of *Salmonella* at Dept/Chain Store

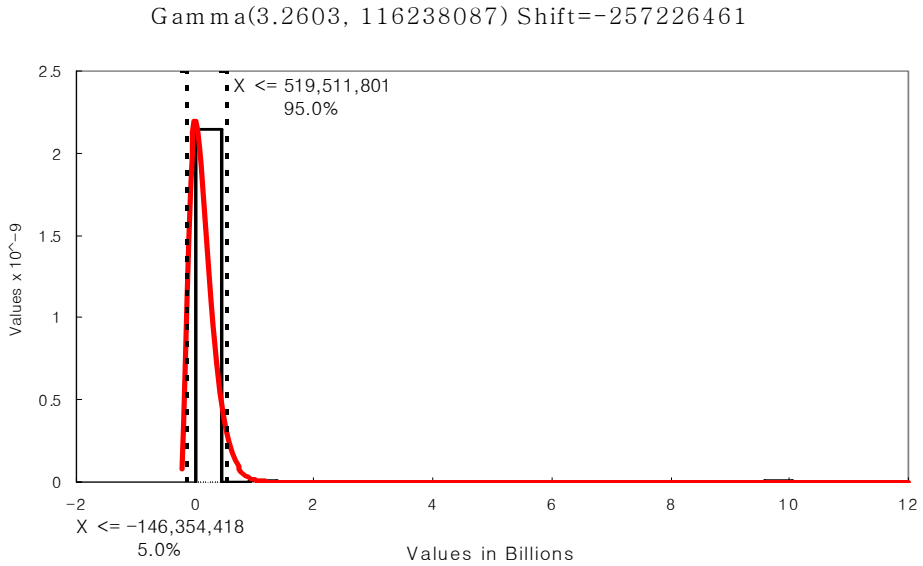


Fig. 4-10. Distribution of Simulated Contamination Level of *Salmonella* at Meat Store

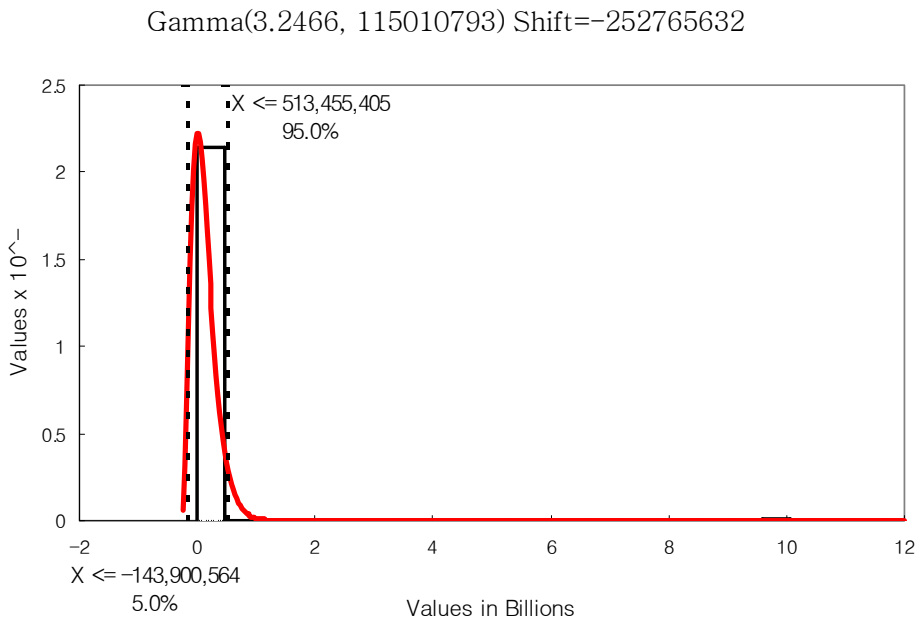


Fig. 4-11. Distribution of Simulated Contamination Level of *Listeria* at Dept/Chain Store

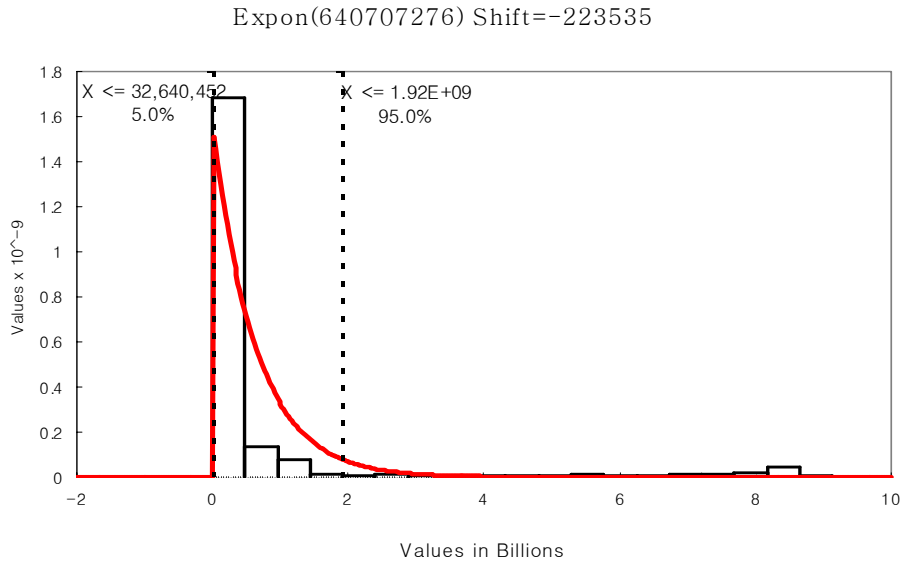
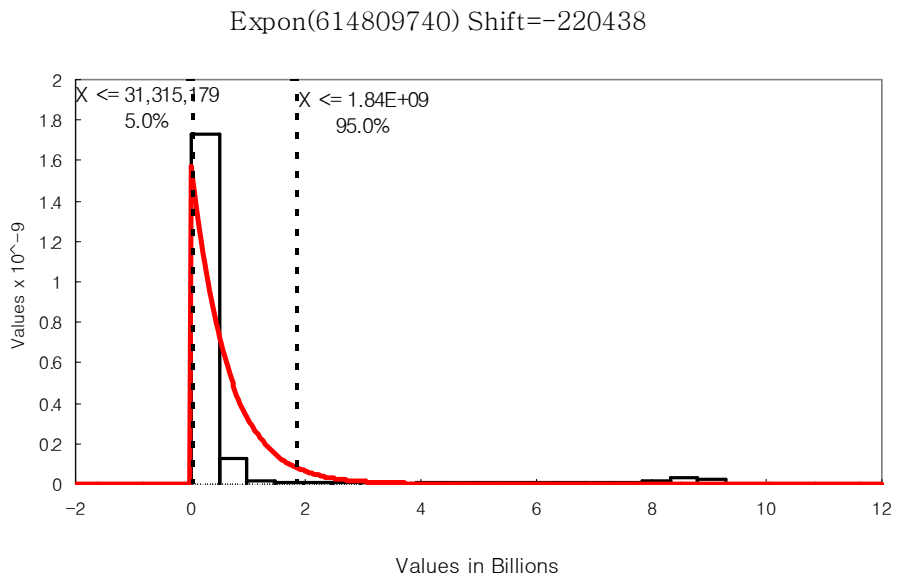


Fig. 4-12. Distribution of Simulated Contamination Level of *Listeria* at Meat Store



6. 민감도 분석

Table 4-3. Regression Sensitivity for Overall *Listeria* Contamination. Level at Dept/Chain Store

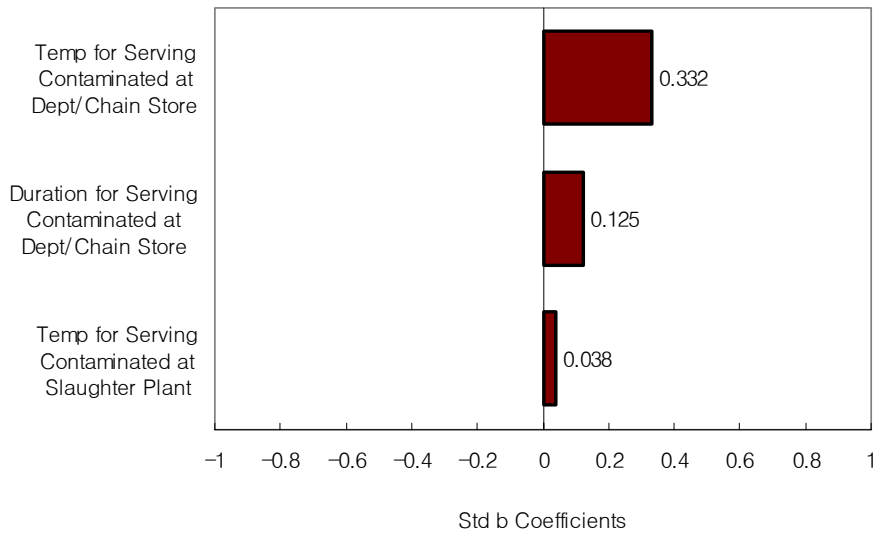


Table 4-4. Regression Sensitivity for Overall *Listeria* Contamination. Level at Meat Store

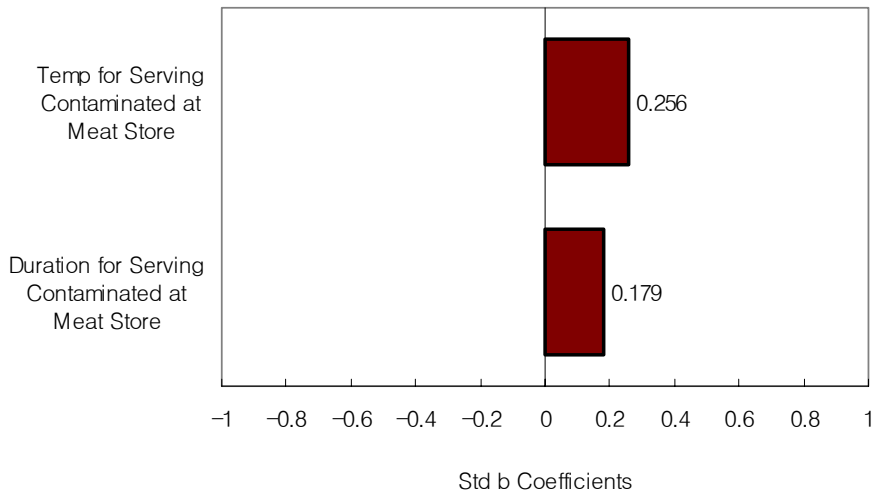


Table 4-5. Regression Sensitivity for Overall *Salmonella* Contamination.
Level at Dept/Chain Store

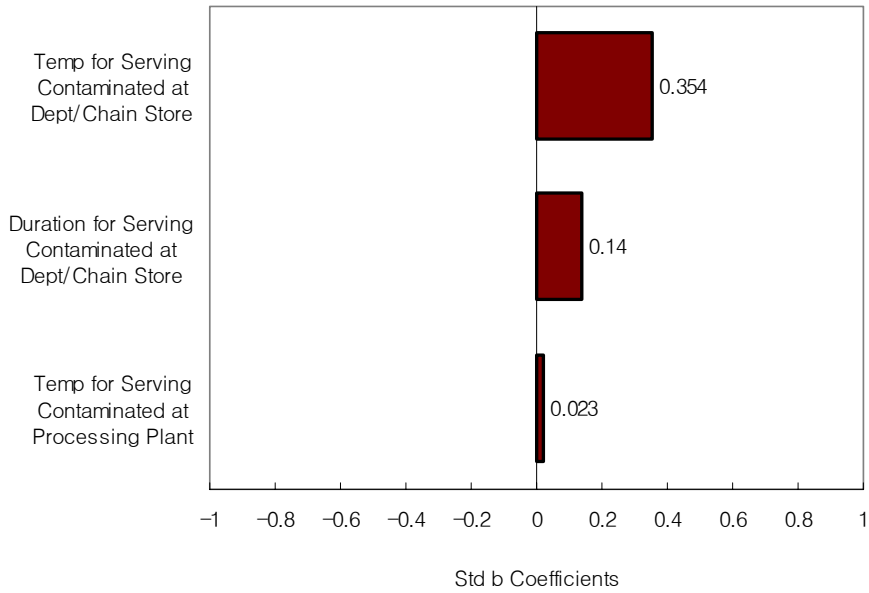
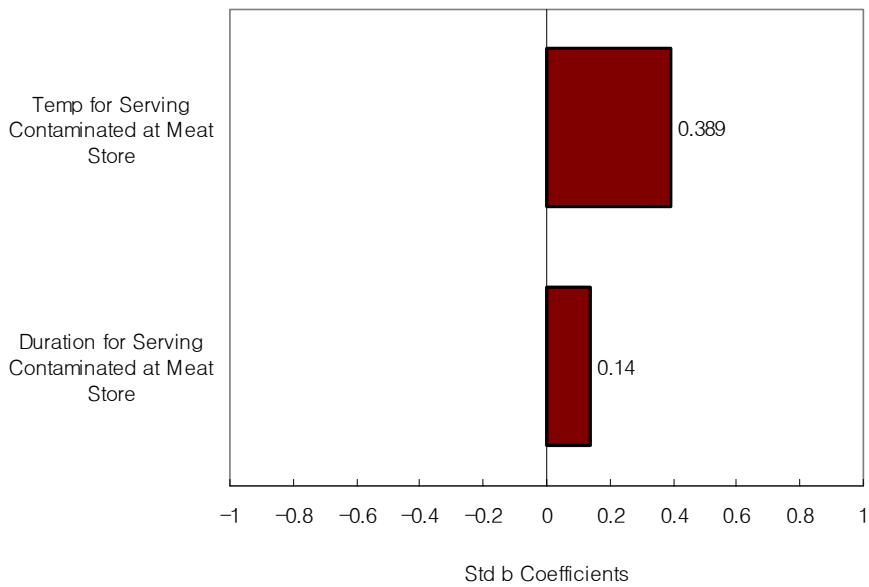


Table 4-6. Regression Sensitivity for Overall *Salmonella* Contamination.
Level at Meat Store



7. 평균기반모형과 SQRA 모형 결과의 비교 및 정책적 함의

전술했던 것과 같이, 평균값기반모형은 2 Log10 대의 오염도를 예측하였다. SQRA 모형도 Simulation을 행하기 이전 평균값에서는 비슷하게 2 Log10 대의 오염도를 보여준다. 하지만 SQRA 모형을 실행시키고 목표 output인 오염빈도가중평균오염도를 보면 이미 보고했던 바와 같이 Salmonella 와 Listeria 모두 8 Log10 정도 수준의 오염도를 보이는 것으로 나타났다. 왜 이렇게 많은 차이가 나는 것일까?

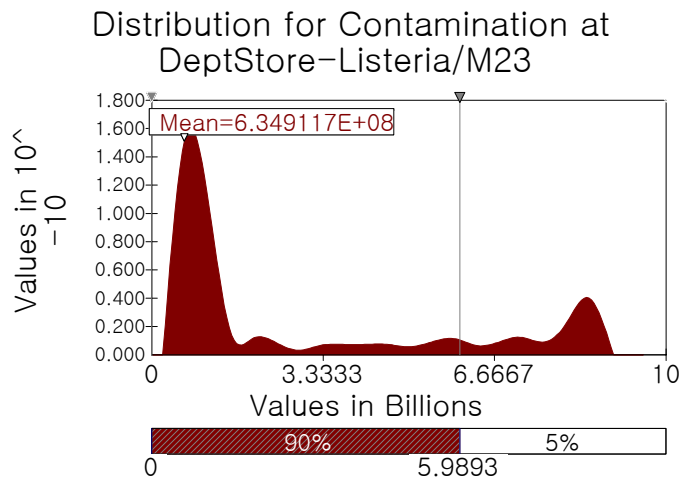
SQRA 모형도 분포의 평균값에서는 평균값기반모형과 비슷한 수준의 오염도를 보고하고 있고 같은 Spreadsheet에서 입력을 분포로 전환한 것에 불과하므로 모형을 평균값기반모형에서 SQRA 모형으로 변환함에 있어 문제는 없는 것으로 판단된다.

한가지 가능성은 온도에 대한 민감도가 너무 커서 정상적으로 simulation이 행해졌음에도 불구하고 높은 온도로 계산되었을 때 오염도가 상대적으로 크게 증가하였을 것이라는 추측이 가능하다. 이는 보다 많은 자료가 확보되고 분포가 '이빨이 덜 빠져 있으면' 자연히 해결될 것이다.

두 번째 가능성은 모형에는 문제가 없고 평균기반모형이나 SQRA 모형이나 현실을 잘 대표하고 있다는 것이다. 즉, 평균기반모형은 1/10000²(10000번을 온도와 시간에 대하여 iteration 했으므로) 의 가능성만을 보여준다는 것이다. 즉, 현재로는 돈육유통에서의 온도와 시간관리가 비교적 양호하게 되고 있어 2 Log10 정도로 유지되고 있지만 조금만 방심하면 오염도가 8 Log10까지 올라가는 outbreak 가 일어날 가능성이 매우 높다는 것이다. 예를 들어 겨울철에 온도관리에 방심하여 실온에 주말동안 돈육을 방치한 후 다시 유통시킨다면 outbreak 가 일어날 가능성이 급등하게 될 수 있다는 것이다.

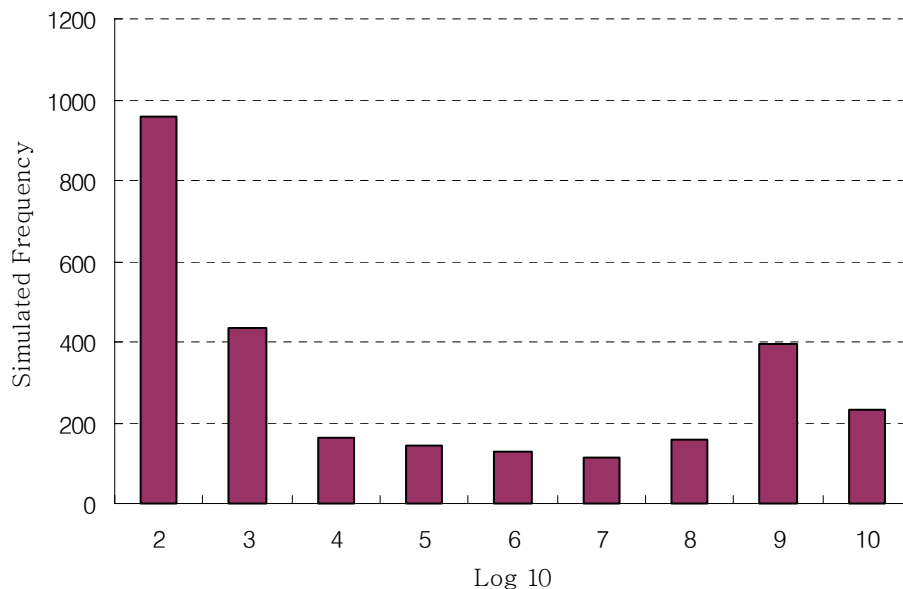
예를 들어, 정육점에서 검출될 수 있는 Listeria의 오염도 분포를 simulation 한 결과를 더 자세히 보면 다음과 같다.

Fig.4-13. Simulated Weight Average of Contamination Level at Meat Store



위의 그림에서 보는 바와 같이 대부분의 오염도들이 좌측에 몰려 있다. 여기에서 추출된 자료를 가지고 다시 1 Log10, 2 Log10, ... , 10 Log10 단위로 재 정렬하면 다음 그림과 같다.

Fig.4-14 Simulated Frequency of Contamination Level



위의 그림에서 보는 바와 같이 대부분의 오염도들은 10의 2승 (100~999

MPN/cm²)에 몰려 있다. 따라서 경험에 의하면 *Listeria*의 소매단계에서의 오염도가 2 Log₁₀ 정도라고 생각할 수 있고, 시료가 수백개가 되지 않는 이상 2 Log₁₀ ~ 3 Log₁₀ 정도의 오염도가 검출될 것이다. 하지만 SQRA 모형의 분석 결과는 만일 시료수가 충분히 크다면(예를 들어 3000개), 정육점에서의 *Listeria* 오염도는 위의 분포와 같을 것이라는 것을 말해주고 있다. 즉, 평균기반모형의 온도와 시간이 경험에 의해 흔히 접할 수 있는 환경을 가정하고 있으므로 2~3 Log₁₀ 정도의 오염도를 보이지만, 모든 가능성을 고려하고 시료를 충분히 채취한다면 오염도 평균은 8 Log₁₀ 까지 증가할 것이라는 것을 시사한다. 즉, 경험적으로는 돈육의 병원성미생물 오염도 수준은 크게 걱정할 만한 것이 아니라고 전문가 들이나 업계 관계자들이 자료를 제시하여도 이들은 정상적인 상황에서의 자료일 뿐 outbreak가 일어날 수 있는 비우호적인 돈육유통환경에서 나온 자료가 아닐 수 있다는 것이다. 따라서 새로운 돈육 위해성관리 프로그램을 도입하기 보다는 현재 위해성 프로그램이 잘 운영되도록 관리하는 것이 더 바람직할 수 있다는 판단이다. 즉, 획기적인 관리방안 보다 꾸준히 특정부분이 아닌 전체적인 돈육유통시스템을 관리하는 방향으로 나아가야 할 것이다.

8. 향후 연구방향

SQRA모형 측면에서 향후 연구방향을 조명해 보면 다음과 같다. 우선 보다 다양한 미생물에 대한 모형화가 이루어 져야 한다. USDA의 PMP모형은 1개 미생물단위에서 환경변수에 의해 미생물이 성장하는 것을 모형화한 것 일뿐 실제 대량으로 오염된 serving 들이 유통되는 실제시장 상황을 반영하지는 못한다. 즉, PMP는 구성요소(building block) 일 뿐 전체 오염도관리를 위해서는 적합하지 않다. 따라서 최근 발생한 Noro Virus 등 병원성미생물 이외의 다양한 위해요소들에 대한 돈육뿐만이 아닌 다른 식품에 대해서도 모형화가 이루어 져야 전반적인 식품위해를 관리할 수 있다. 둘째, 항생제의 영향 및 super bacteria의 출현 가능성을 대비해 위해성 평가 모형에서 이를 고려하여야 한다. 셋째, 조리 등 소비행태에 의한 미생물수준변화 모형화가 필요하다. 넷째, 공중보건 및 경제성평가의 모형화를 추가적으로 추진하여야 돈육위해성관리 프로그램이 실행가능한가를 가늠할 수 있다.

Listeria Gompertz 성장함수를 위한 B와 M 을 추정하는 회귀식을 구하는데 이 용된 자료 USDA(2006)의 Table2의 자료를 자연로그를 취한 자료임.

LN(Temp)	LN(pH)	LN(NaCl)	LN(NANO2 LN(B)	LN(M)
3.610918	1.791759	-0.69315	-9.21034	0.236 1.688249
3.610918	1.791759	-0.69315	3.912023	0.199 1.766442
3.610918	1.791759	-0.69315	4.60517	0.201 1.909543
3.610918	1.791759	-0.69315	5.298317	0.201 2.223542
3.610918	1.791759	1.504077	-9.21034	0.378 2.300583
3.610918	1.791759	1.504077	3.912023	0.391 2.231089
3.610918	1.791759	1.504077	4.60517	0.322 2.343727
3.610918	1.791759	1.504077	5.298317	0.135 2.959587
3.610918	2.014903	-0.69315	-9.21034	0.221 1.652497
3.610918	2.014903	-0.69315	3.912023	0.222 1.646734
3.610918	2.014903	-0.69315	4.60517	0.218 1.693779
3.610918	2.014903	-0.69315	5.298317	0.211 1.693779
3.610918	2.014903	-0.69315	6.907755	0.237 1.742219
3.610918	2.014903	1.504077	-9.21034	0.164 2.242835
3.610918	2.014903	1.504077	3.912023	0.155 2.349469
3.610918	2.014903	1.504077	4.60517	0.166 2.334084
3.610918	2.014903	1.504077	5.298317	0.162 2.373044
3.610918	2.014903	1.504077	6.907755	0.164 2.388763
3.332205	1.791759	-0.69315	-9.21034	0.265 2.107786
3.332205	1.791759	-0.69315	3.912023	0.305 2.065596
3.332205	1.791759	-0.69315	4.60517	0.377 2.104134
3.332205	1.791759	-0.69315	5.298317	0.081 2.925846
3.332205	1.791759	1.504077	-9.21034	0.179 2.463002
3.332205	1.791759	1.504077	3.912023	0.21 2.464704
3.332205	1.791759	1.504077	4.60517	0.251 2.423917
3.332205	1.791759	1.504077	5.298317	0.137 2.697326
3.332205	2.014903	-0.69315	-9.21034	0.21 2.190536
3.332205	2.014903	-0.69315	3.912023	0.209 2.127041
3.332205	2.014903	-0.69315	4.60517	0.184 2.158715
3.332205	2.014903	-0.69315	5.298317	0.197 2.128232
3.332205	2.014903	-0.69315	6.907755	0.207 2.060514
3.332205	2.014903	1.504077	-9.21034	0.126 2.528924
3.332205	2.014903	1.504077	3.912023	0.129 2.532903
3.332205	2.014903	1.504077	4.60517	0.117 2.632608
3.332205	2.014903	1.504077	5.298317	0.116 2.524127
3.332205	2.014903	1.504077	6.907755	0.096 2.611539
2.944439	1.791759	-0.69315	-9.21034	0.156 3.02965
2.944439	1.791759	-0.69315	3.912023	0.225 3.097837
2.944439	1.791759	-0.69315	4.60517	0.129 3.105035
2.944439	1.791759	-0.69315	5.298317	0.056 3.263849
2.944439	1.791759	1.504077	-9.21034	0.056 3.313458
2.944439	1.791759	1.504077	3.912023	0.056 3.828641
2.944439	1.791759	1.504077	4.60517	0.069 4.149779
2.944439	2.014903	-0.69315	-9.21034	0.1 2.979603
2.944439	2.014903	-0.69315	3.912023	0.1 3.018472
2.944439	2.014903	-0.69315	4.60517	0.122 3.05164
2.944439	2.014903	-0.69315	5.298317	0.096 3.054473
2.944439	2.014903	-0.69315	6.907755	0.172 3.121924
2.944439	2.014903	1.504077	-9.21034	0.063 3.257327
2.944439	2.014903	1.504077	3.912023	0.065 3.299534
2.944439	2.014903	1.504077	4.60517	0.078 3.283164
2.944439	2.014903	1.504077	5.298317	0.067 3.382015
2.944439	2.014903	1.504077	6.907755	0.054 3.452207
1.609438	1.791759	-0.69315	-9.21034	0.011 4.878855
1.609438	1.791759	-0.69315	3.912023	0.008 5.160376
1.609438	1.791759	-0.69315	4.60517	0.015 5.508983
1.609438	1.791759	1.504077	-9.21034	0.008 5.355642
1.609438	1.791759	1.504077	3.912023	0.008 5.704749
1.609438	1.791759	1.504077	4.60517	0.005 6.035003
1.609438	2.014903	-0.69315	-9.21034	0.01 5.065755
1.609438	2.014903	-0.69315	3.912023	0.01 5.067331
1.609438	2.014903	-0.69315	4.60517	0.01 5.041164
1.609438	2.014903	-0.69315	5.298317	0.01 5.028868
1.609438	2.014903	-0.69315	6.907755	0.011 4.953359
1.609438	2.014903	1.504077	-9.21034	0.01 5.166556
1.609438	2.014903	1.504077	3.912023	0.012 5.142657

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

구 분	연구목표 및 평가의 착안점	목표달성도	기여도
1차년도(2003년)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Risk analysis에 대한 자료 분석 ○ 대상 도축장 선정 및 도축 공정별 미생물 평가 ○ 유통 중 돈육의 병원성미생물 변화 평가 ○ 도축 공정별 microbial QRA를 위한 기본적 모형 	100 100 100 100	큼
2차년도(2004년)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 축산식품 소비실태 조사 ○ 2차 도축장별 미생물 평가 ○ 2차 유통 중 돈육의 병원성 미생물 변화 평가 ○ 도축장 도축 공정별 병원성 미생물 변화 추이 모형 개발 	100 100 100 100	큼
3차년도(2005년)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유통가공 단계별 병원성 미생물 변화 추이 모형 개발 ○ 국내 도축장 HACCP 체계 검토 분석 ○ 대상 병원성 미생물에 대한 risk assessment 모델 도출 	100 100 100	큼
최종평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대상 병원성 미생물에 대한 risk assessment 모델이 도출 ○ 개발된 모델의 국내 실정에 대한 적합성 ○ 도축장의 HACCP 체제 개선책 	100 100 100	큼

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 정책건의 및 지도자료 제공

본 연구를 통하여 개발된 모형 및 실태조사 자료는 돈육 생산 공정은 물론 축산제품 생산 공정에서 현재 시행되고 있는 위생관리수준을 향상시킬 수 있는 좋은 tool로 활용될 수 있다. 그동안 국내 축산물에 대한 HACCP system 적용시 외국의 사례를 그대로 활용한 경우가 대부분으로 그 유효성 검증이 부족한 실정이었으나 특히 도축장의 경우 본 연구에서 도출된 자료로 그동안 과학적으로 분석된 자료가 부족한 상태에서 간과되었던 요소들에 대한 적극적인 지도가 가능해질 것으로 사료된다. 따라서 본 연구결과를 해당 부서에 정책개선에 사용될 수 있도록 자료를 제공할 예정이다.

2. 학술발표

연구결과는 현재까지 발표 자료(학술지 1건, 학회발표 5건) 이외에 얻어진 자료는 국내외 학술지와 학회에 발표할 예정이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- ▷ Risk analysis 관련 일반적 수행 기술
- ▷ 병원성 미생물 예측 모델
- ▷ Ready-to-eat food에 대한 QMRA 평가 기술
- ▷ Risk analysis를 이용한 도축장 위생관리 관련 기술
- ▷ 소비자 조리방법 관련 병원성 미생물 감소 모델

제 7장 참고문헌

- Anna M. Lammerding. 1997. An overview of microbial food safety risk assessment. J. Food Prot. 60(11):1420-1425.
- Arthur J. Miller, Richard C. Whiting, and James L. Smith. 1997. Use of risk assessment to reduce listeriosis incidence. Food Technology. 51(4):100-103.
- Barnhat, H.M., Dreesen, D.W., Bastien, R. and Pancorbo. O.C. (1991) Prevalence *Salmonella enteritidis* and other serovars in ovaries of layer hens at time of slaughter. J. Food Protect. 54:488-491.
- Bruce A. macler and Stig Regli. 1993. Use of micrlbial risk assessment in setting US dinking water standards. Int. J. Food Microbiology. 18:245-256.
- David John Vose. 1998. The application of quantitative risk assessment to microbial food safity. J. Food Prot. 61(5):640-648.
- Delignette-Muller M. L., L. Rosso, J.P. Flandrois. 1995. Accuracy of microbial growth predictions with square root and polynomial models. Int. J. Food Microbiology. 27:139-146.
- Dorsa WJ, CN Cutter, and GR Siragusa. 1996. "Effectiveness of a Steam-vacuum Sanitizer for Reducing Escherichia coli O157:h7 Inoculated to Beef Carcass SurfaceTisseu." Lett. Appl. Micro. 23:61-63.
- Donald A. Corlett, Jr. Importance of the hazard analysis and critical control point system in food safety evaluation and planning. Food Safety Assessment. pp120-130.
- Dorsa WJ, CN Cutter, and GR Siragusa. 1997.a "Effects of Acetic Acid, Lactic Acid and Trisodium Phosphate on the Microflora of Refrigerated Beef Carcass Surface Tissue Inoculated with Escherichia coli O157:h7, Listeria innocua, and Clostridium sporogenes." J. of Food Porotection. 60:619-624
- Ewen C. D. Todd, and Joost Harwig. Microbial risk analysis of food in Canada. 1996. J. Food Prot. Suppl: 10-18

- FSIS. 1994. Nationwide beef microbiological baseline data collection program: Steers and heifers. Food Safety and Inspection Service. U.S. Dept. of Agriculture, Washington, D.C.
- Gibson, A.M., N. Bratchell and T.A.Roberts, 1987, The effect of sodium chloride and temperature on the rate and extent of growth of *Clostridium botulinum* type A in pasteurized pork slurry. *J. of Appl. Bacteriol.* 62:479-490
- FSIS. 1998. Preliminary Pathway and Data for a Risk Assessment of *E. coli* O157:H7 in Beef. U.S. Dept. of Agriculture, Washington D.C.
- Gibson, A.M., Bratchell, N. and Roberts, T.A. (1988) Predicting microbial growth: growth responses of salmonella in a laboratory medium as affected by PH, sodium chloride, and storage temperature. *Int. J. Food Microbiol.* 6, 155-178.
- Glynn, J. R., and D. J. Bradley. 1992. The relationship between infecting dose and severity of disease in reported outbreaks of *Salmonella* infections. *Epidemiol. Infect.* 109:371-388.
- Hancock, DD, TE Besser, ML Kinsel, PI Tarr, KH Rice, and MG Paros, 1994 The Prevalence of *Escherichia coli* O157 in dairy and beef cattle in Washington State. *Epidemiol. Infect.* 113:199-207.
- Harry Marks, and Margaret Coleman. 1998. Estimating distributions of numbers of organisms in food products. *J. Food Prot.* 61(11):1535-1540.
- Henry C. J. Risk assessment, risk evaluation, and risk management. *CRC Food Safety and Toxicity.* pp283-300.
- James T. Peeler and V. Kelly Bunning. 1994. Hazard assessment of *Listeria monocytogenes* in the processing of bovine milk. *J. Food Prot.* 57(8):689-697.
- Jan F. Van Impe, Bart M. Nicolai, Toon Martens, Josse De Baerdemaeker, and Joos Vandewalle. 1992. Dynamic mathematical model to predict microbial growth and inactivation during food processing. *Appl. Environ. Microbiol.* 58(9):2901-2909.
- John de Vries. *Food safety and toxicity*, CRC Press p.283-300.

- John W. Finley, Susan F. Robinson, and David J. Armstrong. 1992. Food safety assessment. Am. Chem. Soc. p.120-130.
- Kevin J. Vought and Sita R. Tatini. 1998. Salmonella enteritidis contamination of ice cream associated with a 1994 multistate outbreak. J. Food Prot. 61(1):5-10.
- Louvois, J. (1993) Salmonella contamination of eggs: A potential source of human salmonellosis. PHLIS Microbiol. Digest 10, 158-162.
- Margaret Coleman, and Harry Marks. 1998. Topics in dose-response modeling. J. Food Prot. 61(11):1550-1559.
- Miller, A., R. C. Whiting, and J. L. Smith. 1997. "Use of Risk Assessment to Reduce Listeriosis Incidence.", Food Tech. 51:100-103.
- Morales, R., L. Jaykus, and P. Cowen. 1996. Characterizing human health risk due to S. enteritidis-contaminated shell eggs, abstr H1.04, p.110. Society Risk Analysis and International Society of Exposure Analysis Final Program: Society for Risk Analysis, McLean, VA.
- Robert L. Buchanan. 1997. National advisory committee on microbiological criteria for foods "Principles of risk assessment for illnesses caused by foodborne biological agents" J. Food Prot. 60(11):1417-1419.
- Shah, D.B., Bradshaw, J.G. and Peeler, J.T.(1991) Thermal resistance of egg-associated epidemic strains of Salmonella enteritidis. J. Food Sci. 56, 391-393.
- Suzanne J. C. VAN Gerwen and Marcel H. Zwietering. 1998. Growth and inactivation models to be used in quantitative risk assessments. J. Food Prot. 61(11):1541-1549.
- USDA. About the office of risk assessment and cost-benefit analysis.
- USDA(2006), Effects and Interactions of Temperature, pH, Atmosphere, Sodium Chloride, and Sodium Nitrite on the Growth of Listeria monocytogenes, PMP reference document, paper# 5435, ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=6786 2006년 7월11일 현재.

Vose, D. J., 1998 "The Application of Quantitative Risk Assessment to Microbial Food Safety", J. of Food Protection 61:640-648.

Whiting, R. C. and R. L. Buchanan, 1997, "Development of a quantitative risk assessment model for *Salmonella enteritidis* in pasteurized liquid eggs" Int. J. of Food Microbiology, 36:111-125

구동환, 정충일, 정동관, 남은숙, 국내 시판 쇠고기의 *Listeria* spp. 오염. 식품위생안전학회 10(2) 89~95, 1995

김일석, 도축과정에서 돼지도체의 미생물 오염도 평가. 한국축산학회지 41(2) 199~206, 1999

김종규, 조리과정에 따른 살모넬라(*Salmonella typhimurium*) 식중독균수의 변화 및 중점 관리(CCP)의 관찰 -돼지고기 잡채를 중심으로-. 식품위생안전학회 13(4) 441~447, 1998

김지영, 고성희, 급식소에서 제공되는 돼지고기 장조림과 햄-오이샐러드의 조리 후 보관방법 및 시간이 살모넬라(*Salmonella typhimurium*) 식중독균의 생존에 미치는 영향. 한국식품조리과학회지 20(4) 352~357, 2004

민중석, 육류의 안전성 평가기술 연구. 한국동물과학회지 40(4) 421~430, 1998

이무하, 민중석, 김일석, 이상욱, 신대근, 강석남, 국내산과 외국산 냉장 삼겹살의 물리, 화학적 및 미생물학적 품질 특성. 한국동물과학회지 41(3) 317~326, 1999

이용욱, 박석기, 시판 동물성 식품의 오염지표 세균 분포 및 저장온도 기간별 오염 지표세균의 변화. 식품위생안전학회 13(4) 430~440, 1998

최양일, 조현갑, 김일석, 국내 냉장돈육의 이화학적 특성과 저장성에 관한 연구, 한국동물과학회지 40(1) 59~68, 1998

홍종해, 국내에서 보고된 동물성 식품 유래 식중독의 역학적 발생 특징. 한국수의공중보건학회지 18(2) 147~154, 1994

홍종해, 안상철, 돈육가공 작업환경에서 *Listeria monocytogenes*의 분리와 혈청형 분포조사. 식품위생안전학회지 13(4) 425~429, 1998

국내 축산식품매개 질병의 현황, 국립수의과학검역원 연구보고서

국민영양조사, 보건복지부, 2002

도축장 위해요소중점관리기준(HACCP) 적용매뉴얼, 농림부, 1999

육류의 저장 및 유통개선을 위한 기술개발, 발행; 농림부, 주관연구기관명; 축산기술연구소, 협동연구기관명; 한국식품개발연구원, 건국대학교, 총괄연구책임자; 김용곤 (2001)

육류소비구조의 변화와 전망, 연구보고 R401, 한국농촌경제연구원, 1999

APPENDIX

Table A-1-1. 도축장별 위생현황 조사 (A사)

구 분		내용	비고
도축전 단계	농장의 사육두수	-	
	계열화여부	X	
도축장 현황	도축두수(두/일)	700	
	종업원수(계류장-예냉실)	20명	
	일일 물 사용량	사용량 140톤/일, 200 L/두수	
	종업원의 경력(년)	머리절단(12), 예박(-), 내장적출(8), 2도체(자동라인)	도축라인
	계류장 크기	488 m ²	
	작업장 크기	385 m ²	
	예냉실크기	346 m ² , 현수두수 650두	
계류장	계류시간	1시간 이하(X), 평균 4시간	
	분무세척정도(O,△,×)	△(간헐분무)	
사용수(지하수, 수도수 및 기타)		수 도 수	
도축방법(탕박 또는 박피)		탕박	
지육세척	방혈전 세척(O,X)	O	
	방혈후 세척(O,X)	O	
	잔모소각(화염)(O,X)	O	
	2분도체전 세척(O,X)	O	
	2분도체후 세척(O,X)	O	
	최종세척(O,X)	O	
탕박	방식(침지, 스팀)	침지	
	온도	60 ± 1 ℃	
	시간	6 ~ 7분	
	물교환횟수(/일)	2회	
	탕박조의 용량(L)	10톤	
박피	방 법(수평, 수직)	X	

Table A-1-1. Continued (A사)

구 분		내용		비고
전살 볼트 및 시간		200 ~ 300 V		
항문결찰 유무(O,X)		X		
식도결찰 유무(O,X)		X		
작업장내 온수의 온도 및 사용실태	방혈라인	시설여부	사용여부(O,X)	온수 (30-33℃)
		온수, 소독조	O	
	예박라인	온수, 소독조	O	
	머리절단 라인	온수, 소독조	O	
	항문적출 라인	온수, 소독조	O	
	가슴절개 라인	온수, 소독조	O	
	백내장적출 라인	온수, 소독조	O	
	적내장적출 라인	온수, 소독조	O	
마무리 작업 라인		온수, 소독조	O	2도체후
고무장갑사용 여부(O,X)		O		
도체세척 소독제 종류 및 사용유무(O,X)		O(70% 알콜)		
작업장내 온도		15 ℃ 이하		내장적출라인
소요시간	전살→내장적출	11 min 51 sec		
	내장적출→예냉실	10 min 32 sec		
	전살→예냉실	22 min 23 sec		
지육 예냉실	온도(℃)	5 ℃ 이하		
	상대습도(%)	87 %		
	풍속(m/초)			
	보관시간(시간)	18 시간 이상		
	예냉실 입고직후	39.6 ℃		중심온도
	예냉실 입고 12시간후	4.5 ℃ 이하		
	예냉실 입고 24시간후			

Table A-1-2. 도축장별 위생현황 조사 (B사)

구 분		내용		비고
도축전 단계	농장의 사육두수	-		
	계열화여부	X		
도축장 현황	도축두수(두/일)	1,100		
	종업원수(계류장-예냉실)	38명		
	일일물 사용량	사용량 550톤/일, 500 L/두수		
	종업원의 경력(년)	머리절단(18), 예박(20), 내장적출(22), 2도체(23)		도축라인
	계류장 크기	663 m ²		
	작업장 크기	631 m ²		
	예냉실크기	1,257 m ² , 현수두수 1,638 두		
계류장	계류시간	1시간 이하(X), 평균 8시간		
	분무세척정도(O,△,×)	○(지속분무)		
사용수(지하수, 수도수 및 기타)		수 도 수		
도축방법(탕박 또는 박피)		탕박	박피	
지육세척	방혈전 세척(O,X)	X	X	
	방혈후 세척(O,X)	O	O	
	잔모소각(화염)(O,X)	O	X	
	2분도체전 세척(O,X)	O	X	
	2분도체후 세척(O,X)	O	O	
	최종세척(O,X)	O	O	
탕박	방식(침지, 스팀)	스프레이		
	온도	58 ~ 61 ℃		
	시간	6 min 30 sec		
	물교환횟수(/일)	1		
	탕박조의 용량(L)	13톤		
박피	방 법(수평, 수직)	수 평		

Table A-1-2. Continued (B사)

구 분		내용		비고
전살 볼트 및 시간		1차 375V 2차 450~650 V, 3~5 sec		
항문결찰 유무(O,X)		X		
식도결찰 유무(O,X)		X		
작업장내 온수의 온도 및 사용실태	방혈라인	시설여부	사용여부(O,X)	온수 (30-33℃)
		온수, 소독조	O	
	예박라인	온수, 소독조	O	
	머리절단 라인	온수, 소독조	O	
	항문적출 라인	온수, 소독조	O	
	가슴절개 라인	온수, 소독조	O	
	백내장적출 라인	온수, 소독조	O	
	적내장적출 라인	온수, 소독조	O	
마무리 작업 라인		온수, 소독조	O	2도체후
고무장갑사용 여부(O,X)		X		
도체세척 소독제종류 및 사용유무(O,X)		2 % 젯산		내 장 터 진 경우
작업장내 온도		15 ℃		내 장 적 출 라인
소요시간	전살→내장적출	탕박 20 min	박피 14 min	
	내장적출→예냉실	탕박 3 min	박피 3 min 30 sec	
	전살→예냉실	탕박 23 min	박피 17 min 30sec	
지육 예냉실	온도(℃)	-1 ~ 0 ℃		
	상대습도(%)	80 ~ 90 %		
	풍속(m/초)	2 ~ 3 min		
	보관시간(시간)	16 ~ 24 시간이상		
	예냉실 입고직후	3.5 ~ 4.0 ℃ 이하		중심온도
	예냉실 입고 12시간후	3.5 ~ 4.0 ℃ 이하		
	예냉실 입고 24시간후	1.0 ~ 2.0 ℃ 이하		

Table A-1-3. 도축장별 위생현황 조사 (C사)

구 분		내용	비고
도축진 단계	농장의 사육두수	-	
	계열화여부	×	
도축장 현황	도축두수(두/일)	700두/일	
	종업원수(계류장-예냉실)	40명	
	일일물 사용량	사용량 500 ton/일, 114 L/두수	
	종업원의 경력(년)	머리절단(10), 예박(), 내장적출(15), 2도체(8)	도축라인
	계류장 크기	264 m ²	
	작업장 크기	600 m ²	
	예냉실크기	192 m ² , 700 현수두수	
계류장	계류시간	1시간 이하(×), 평균 3 시간	
	분무세척정도(○,△,×)	×	
사용수(지하수, 수도수 및 기타)		지하수	
도축방법(탕박 또는 박피)		탕박	
지육세 척	방혈전 세척(O,X)	○(간단함)	
	방혈후 세척(O,X)	○	
	잔모소각(화염)(O,X)	X	
	2분도체전 세척(O,X)	○	
	2분도체후 세척(O,X)	○	
	최종세척(O,X)	○	
탕박	방식(침지, 스팀)	스팀	
	온도	59 ℃	
	시간	7분 30초	
	물교환횟수(/일)	1/1일	
	탕박조의 용량(L)	3000 L	
박피	방 법(수평, 수직)	-	

Table A-1-3. Continued (C사)

구 분		내용		비고
전살 볼트 및 시간		머리 180V(3 sec)		
항문결찰 유무(O,X)		×		
식도결찰 유무(O,X)		×		
작업장내 온수의 온도 및 사용실태	방혈라인	시설여부	사용여부(O,X)	온수 (30-33℃)
		온수, 소독조	○	
	예박라인	온수, 소독조	○	
	머리절단 라인	온수, 소독조	○	
	항문적출 라인	온수, 소독조	○	
	가슴절개 라인	온수, 소독조	○	
	백내장적출 라인	온수, 소독조	○	
	적내장적출 라인	온수, 소독조	○	
마무리 작업 라인		온수, 소독조	○	
고무장갑사용 여부(O,X)		○		
도체세척 소독제 종류 및 사용유무(O,X)		X		
작업장내 온도		15℃ 이하		내장적출 라인
소요시간	전살→내장적출	20 분		
	내장적출→급냉실	20 - 25 분		
	전살→급냉실	40 - 45 분		
지육 예냉실	온도(℃)	0 - 3 ℃		
	상대습도(%)	70 - 80 %		
	풍속(m/초)	7cm/sec		
	보관시간(시간)	5 - 6 시간		
	예냉실 입고직후	39℃		중심온도
	예냉실 입고 12시간후	도축후 대부분 반출		
	예냉실 입고 24시간후			

Table A-1-4. 도축장별 위생현황 조사 (D사)

구 분		내용	비고
도축진 단계	농장의 사육두수	-	
	계열화여부	X	
도축장 현황	도축두수(두/일)	2000	
	종업원수(계류장-예냉실)	63	
	일일물 사용량	사용량 /일, 250 L/두수	
	종업원의 경력(년)	머리절단(), 예박(), 내장적출(), 2도체()	도 축 라 인
	계류장 크기		m ²
	작업장 크기		m ²
	예냉실크기	m ² , 현수두수 두	
계류장	계류시간	1시간 이하(X), 평균 2시간	
	분무세척정도(O,△,×)	△(간헐분무)	
사용수(지하수, 수도수 및 기타)		수도수 및 지하수	
도축방법(탕박 또는 박피)		탕박, 박피	
지육세 척	방혈전 세척(O,X)	O	
	방혈후 세척(O,X)	O	
	잔모소각(화염)(O,X)	O	
	2분도체전 세척(O,X)	O	
	2분도체후 세척(O,X)	O	
	최종세척(O,X)	O	
탕박	방식(침지, 스팀)	침지	
	온도	60 ~63 ℃	
	시간	8 분	
	물교환횟수(회/일)	1	
	탕박조의 용량(L)		
박피	방 법(수평, 수직)	X	

Table A-1-4. Continued (D사)

구 분		내용		비고
전살 볼트 및 시간		머리 230 V, 가슴 125 V(1~2 sec)		
항문결찰 유무(O,X)		X		
식도결찰 유무(O,X)		X		
작업장내 온도의 및 사용실태	방혈라인	시설여부	사용여부(O,X)	온수 (30 - 33℃)
		온수, 소독조	O	
	예박라인	온수, 소독조	O	
	머리절단 라인	온수, 소독조	O	
	항문적출 라인	온수, 소독조	O	
	가슴절개 라인	온수, 소독조	O	
	백내장적출 라인	온수, 소독조	O	
	적내장적출 라인	온수, 소독조	O	
마무리 작업 라인		온수, 소독조	O	2도체후
고무장갑사용 여부(O,X)		X		
도체세척 소독제 종류 및 사용유무(O,X)		O(구연산)		
작업장내 온도		15 ℃		내장적출 라인
소요시간	전살→내장적출	18 min		
	내장적출→예냉실	5 min		
	전살→예냉실	23 min		
지육 예냉실	온도(℃)	10 ℃ 이하		
	상대습도(%)	50 %		
	풍속(m/초)			
	보관시간(시간)	12 시간 이상		
	예냉실 입고직후	40 ~ 41 ℃		중심온도
	예냉실 입고 12시간후	10 ℃ 이하		
	예냉실 입고 24시간후	5 ℃ 이하		

Table A-1-5. 도축장별 위생현황 조사 (E사)

구 분		내용	비고
도축진 단계	농장의 사육두수	-	
	계열화여부	O	
도축장 현황	도축두수(두/일)	2,000	
	종업원수(계류장-예냉실)	계류장 38명	
	일일물 사용량	사용량 800톤/일, 121 L/두수	
	종업원의 경력(년)	머리질단(20), 예박(17), 내장적출(18), 2도체(16)	도 축 라 인
	계류장 크기	3,044 m ²	
	작업장 크기	1,309 m ²	
	예냉실크기	1,459 m ² , 현수두수 2,300두	
계류장	계류시간	1시간 이하(X), 평균 8 시간	
	분무세척정도(O, △,×)	O(지속분무)	
사용수(지하수, 수도수 및 기타)		지하수	
도축방법(탕박 또는 박피)		탕박	
지육세척	방혈전 세척(O,X)	O	
	방혈후 세척(O,X)	O	
	잔모소각(화염)(O,X)	O	
	2분도체전 세척(O,X)	X	
	2분도체후 세척(O,X)	O	
	최종세척(O,X)	O	
탕박	방식(침지, 스팀)	분사식	
	온도	60 ± 1 ℃	
	시간	7 ~ 8분	
	물교환횟수(/일)	1	
	탕박조의 용량(L)	40톤(지속보충)	
박피	방 법(수평, 수직)	X	

Table A-1-5. Continued (E사)

구 분		내용		비고
전살 볼트 및 시간		머리 240V 2.3 sec, 가슴 125V 1.8sec		
항문결찰 유무(O,X)		X		
식도결찰 유무(O,X)		X		
작업장내 온수의 온도 및 사용실태	방혈라인	시설여부	사용여부(O,X)	온수 (30-33℃)
		온수, 소독조	O	
	예박라인	온수, 소독조	O	
	머리절단 라인	온수, 소독조	O	
	항문적출 라인	온수, 소독조	O	
	가슴절개 라인	온수, 소독조	O	
	백내장적출 라인	온수, 소독조	O	
	적내장적출 라인	온수, 소독조	O	
마무리 작업 라인		온수, 소독조	O	2도체후
고무장갑사용 여부(O,X)		X		
도체세척 소독제 종류 및 사용유무(O,X)		X		
작업장내 온도		15℃		내 장 적 출 라인
소요시간	전살→내장적출	18min 59sec		
	내장적출→예냉실	3min 38sec		
	전살→예냉실	22min 37sec		
지육 예냉실	온도(℃)	1℃(± 1℃)		
	상대습도(%)	75%		
	풍속(m/초)	-		
	보관시간(시간)	24시간 이상		
	예냉실 입고직후	30℃(심부)		중심온도
	예냉실 입고 12시간후	10℃(심부)		
	예냉실 입고 24시간후	2~3℃(심부)		

Table A-1-6. 도축장별 위생현황 조사 (F사)

구 분		내용	비고
도축진 단계	농장의 사육두수	2,000두	
	계열화여부	×	
도축장 현황	도축두수(두/일)	1300두/일	
	종업원수(계류장-예냉실)	35명	
	일일물 사용량	사용량 500 ton/일, 380 ton/두수	
	종업원의 경력(년)	머리절단(5), 예박(), 내장적출(3), 2도체(5)	도축라인
	계류장 크기	1,950.12m ²	
	작업장 크기	1,752 m ²	
	예냉실크기	1,404m ² , 2,000 현수두수	
계류장	계류시간	1시간 이하(×), 평균 2~3 시간	
	분무세척정도(○, △,×)	○(지속분무)	
사용수(지하수, 수도수 및 기타)		지하수	
도축방법(탕박 또는 박피)		탕박	
지속세척	방혈전 세척(O,X)	×	
	방혈후 세척(O,X)	○	
	잔모소각(화염)(O,X)	○(2.5초/2회)	물기 제거 후 잔모소각
	2분도체전 세척(O,X)	○	세척 (머리절단 전)
	2분도체후 세척(O,X)	○	
	최종세척(O,X)	○	(Lactic acid 2%)
탕박	방식(침지, 스팀)	스팀(머리침지)	
	온도	58℃	
	시간	7분 30초	
	물교환횟수(회/일)	1/1일	
	탕박조의 용량(L)	35 ton	
박피	방 법(수평, 수직)	×	없음

Table A-1-6. Continued (F사)

구 분		내용		비고
전살 볼트 및 시간		250V, 1.5sec		
항문결찰 유무(O,X)		△(항문분리기)		
식도결찰 유무(O,X)		×		
작업장내 온수의 온도 및 사용실태	방혈라인	시설여부	사용여부(O,X)	온수 (30-33℃)
		온수, 소독조	○	
	예박라인	온수, 소독조	-	
	머리절단 라인	온수, 소독조	○	
	항문적출 라인	온수, 소독조	○	
	가슴절개 라인	온수, 소독조	○	
	백내장적출 라인	온수, 소독조	○	
	적내장적출 라인	온수, 소독조	○	
마무리 작업 라인	온수, 소독조	○	2도체후	
고무장갑사용 여부(O,X)		×		
도체세척 소독제 종류 및 사용유무(O,X)		크린콜(70% Alcohol/DF100 혼합)		오염시 사용
작업장내 온도		19℃ 이하		내장적출 라인
소요시간	전살→내장적출	23분		
	내장적출→급냉실	2분		
	전살→급냉실	25분		
지육 예냉실	온도(℃)	심부온도(24시간후) 3~4℃		예냉실 -2 ~ 3℃ (심부)
	상대습도(%)	75%		
	풍속(m/초)	2m/초		
	보관시간(시간)	24 ~ 48		
	예냉실 입고직후	30℃(심부)		중심온도
	예냉실 입고 12시간후	7~8℃(심부)		
	예냉실 입고 24시간후	3~4℃(심부)		

Table A-1-7. 도축장별 위생현황 조사 (G사)

구 분		내용	비고
도축전 단계	농장의 사육두수	-	
	계열화여부	○	
도축장 현황	도축두수(두/일)	1800	
	종업원수(계류장-예냉실)	50명	
	일일물 사용량	사용량 810 ton/일, 450L/두수	
	시간당 작업속도(두)	400	
	종업원의 경력(년)	머리절단(18), 예박(20), 내장적출(20), 2도체(20)	도축라인
	계류장 크기(m ²)	1,322	
	작업장 크기(m ²)	3,300	
	예냉실크기(m ²)	1,019, 현수두수 3,600	
계류장	계류시간(평균시간)	5	
	분무세척정도(○, △,×)	○(지속분무)	
	돼지표면 오염정도 (깨끗=1, 중간=2,오염=3)	2	
사용수(지하수=0, 수도수=1,수+지=2)		0	
도축방법(탕박 또는 박피)		박피	
지육세척	방혈전 세척(O,X)	○	
	방혈후 세척(O,X)	○	
	잔모소각(화염)(O,X)	X(2.5초/2회)	
	2분도체전 세척(O,X)	○	세척 (머리절단전)
	2분도체후 세척(O,X)	○	
	최종세척(O,X)	○	(Lactic acid 2%)
탕박	방식(침지, 스팀)	-	
	온도(℃)	-	
	시간(분)	-	
	물교환횟수(/일)	-	
	탕박조의 용량(ton)	-	
박피	방 법(수평, 수직)	수평	없음

Table A-1-7. Continued (G사)

구 분		내용		비고
전살 볼트 및 시간		220-250V, 1.3sec		
항문결찰 유무(O,X)		×		
식도결찰 유무(O,X)		×		
작업장내 온수의 온도 및 사용실태	방혈라인	시설여부	사용여부(O,X)	온 수 (30-33℃)
		온수, 소독조	○	
	예박라인	온수, 소독조	○	
	머리절단 라인	온수, 소독조	○	
	항문적출 라인	온수, 소독조	○	
	가슴절개 라인	온수, 소독조	○	
	백내장적출 라인	온수, 소독조	○	
	적내장적출 라인	온수, 소독조	○	
마무리 작업 라인	온수, 소독조	○	2도체후	
고무장갑사용 여부(O,X)		○		
도축라인 면장갑 사용(O,X)		○		
도체세척 소독제 종류 및 사용유무(O,X)		×		오 염 시 사 용
작업장내 온도(℃)		18		내 장 적 출 라인
소요시간	전살→내장적출	3-6분		
	내장적출→급냉실	10분		
	전살→급냉실	16분		
지육 예냉실	온도(℃)	-5~8		예냉실 - 2 ~ 3 ℃ (십부)
	상대습도(%)	40		
	풍속(m/초)	2-3		
	보관시간(최소시간)	24		
	예냉실 입고직후(℃)	41		중심온도
	예냉실 입고 12시간후(℃)	-		
	예냉실 입고 24시간후(℃)	4~6		

Table A-1-8. 도축장별 위생현황 조사 (H사)

구 분		내용	비고
도축전 단계	농장의 사육두수	-	
	계열화여부	×	
도축장 현황	도축두수(두/일)	1300	
	종업원수(계류장-예냉실)	20명	
	일일물 사용량	200 ton/일, 150L/두수	
	시간당 작업속도(두)	200	
	종업원의 경력(년)	머리절단(5), 예박(0), 내장적출(4), 2도체(7)	도축라인
	계류장 크기(m ²)	250	
	작업장 크기(m ²)	620	
	예냉실크기(m ²)	480, 현수두수 1,500	
계류장	계류시간(평균시간)	-	
	분무세척정도(○, △,×)	△(간헐분무)	
	돼지표면 오염정도 (깨끗=1, 중간=2,오염=3)	2	
사용수(지하수=0, 수도수=1,수+지=2)		2	
도축방법(탕박 또는 박피)		탕박	
지육세척	방혈전 세척(O,X)	○	
	방혈후 세척(O,X)	○	
	잔모소각(화염)(O,X)	○	물기제거후 잔모소각
	2분도체전 세척(O,X)	○	세척 (머리절단전)
	2분도체후 세척(O,X)	○	
	최종세척(O,X)	○	(Lactic acid 2%)
탕박	방식(침지, 스팀)	침지	
	온도(℃)	61.5	
	시간(분)	6	
	물교환횟수(/일)	1	
	탕박조의 용량(ton)	15	
박피	방 법(수평, 수직)	×	없음

Table A-1-8. Continued (H사)

구 분		내용		비고
전살 볼트 및 시간		250V, 1.2sec		
항문결찰 유무(O,X)		○		
식도결찰 유무(O,X)		×		
작업장내 온수의 온도 및 사용실태	방혈라인	시설여부	사용여부(O,X)	온수 (30-33℃)
		온수, 소독조	○	
	예박라인	온수, 소독조	×	
	머리절단 라인	온수, 소독조	○	
	항문적출 라인	온수, 소독조	○	
	가슴절개 라인	온수, 소독조	○	
	백내장적출 라인	온수, 소독조	○	
	적내장적출 라인	온수, 소독조	○	
마무리 작업 라인		온수, 소독조	○	2도체후
고무장갑사용 여부(O,X)		×		
도축라인 면장갑 사용(O,X)		○		
도체세척 소독제 종류 및 사용유무(O,X)		×		오염시사용
작업장내 온도(℃)		20		내장적출라인
소요시간	전살→내장적출	22분		
	내장적출→급냉실	4분		
	전살→급냉실	26분		
지육 예냉실	온도(℃)	2		예냉실 -2~3℃ (심부)
	상대습도(%)	88		
	풍속(m/초)	10		
	보관시간(최소시간)	16		
	예냉실 입고직후(℃)	36		중심온도
	예냉실 입고 12시간후(℃)	7		
	예냉실 입고 24시간후(℃)	1.5		

Table A-2-1. 도축장의 공정별 미생물 오염도 세부현황 (A사)

(unit: CFU/Cm²)

구분	일반세균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (정량)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (정량)
1차시료채취						
내장적출전(n=5)	4.04E+02	3.00E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	5.50E+02	5.60E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	4.41E+02	6.00E-02	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	1.57E+03	4.67E-02	-	-	-	-
낙하세균수	2.00E+00					
2차시료채취						
내장적출전(n=5)	7.25E+02	7.40E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	8.31E+02	1.42E+01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	2.07E+02	1.96E+00	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	1.61E+02	1.33E-02	-	-	-	-
낙하세균수	6.20E+01					
3차시료채취						
내장적출전(n=5)	5.45E+03	1.07E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	1.59E+03	7.33E-02	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	8.03E+02	5.33E-02	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	8.27E+02	8.07E-01	-	-	+(1)	16MPN/cm ²
낙하세균수	7.00E+01					
4차시료채취						
내장적출전(n=5)	1.75E+03	7.80E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	2.19E+03	9.33E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	6.07E+02	2.87E-01	-	-	+(1)	2.8MPN/cm ²
예냉실 (n=5)	3.16E+03	3.40E-01	-	-	-	-
낙하세균수	8.10E+01					
5차시료채취						
내장적출전(n=5)	2.04E+03	5.67E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	4.81E+02	3.27E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	7.84E+02	3.07E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	6.27E+01	1.33E-02	-	-	-	-
낙하세균수	2.97E+01					
6차시료채취						
내장적출전(n=5)	1.87E+02	3.73E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	8.23E+02	2.75E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	5.96E+02	6.13E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	2.17E+02	9.33E-02	-	-	-	-
낙하균수	NT*					

*NT : Not Tested

Table A-2-2. 도축장의 공정별 미생물 오염도 세부현황 (B사)

(unit: CFU/Cm²)

구분	일반세균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (정량)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (정량)
1차시료채취						
내장적출전(n=5)	2.50E+03	1.30E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	1.76E+04	9.76E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	2.80E+03	6.00E-02	-	-	+	0
예냉실 (n=5)	1.64E+03	4.07E-01	-	-	-	-
낙하균수	2.32E+02					
2차시료채취						
내장적출전(n=5)	1.10E+03	1.14E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	5.51E+02	1.61E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	1.60E+03	8.00E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	5.99E+02	3.27E-01	+(1)	0.2MPN/cm ²	+	0
낙하균수	3.60E+01					
3차시료채취						
내장적출전(n=5)	1.38E+03	4.25E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	1.44E+03	8.83E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	6.65E+02	6.39E+00	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	4.14E+02	1.07E+00	-	-	-	-
낙하균수	1.88E+02					
4차시료채취						
내장적출전(n=5)	4.56E+03	9.73E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	2.11E+03	4.59E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	1.42E+03	7.53E+00	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	7.70E+03	2.64E+01	-	-	-	-
낙하균수	1.60E+02					
5차시료채취						
내장적출전(n=5)	5.90E+03	1.49E+01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	1.88E+03	1.50E+01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	1.21E+03	7.60E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	2.79E+02	5.93E-01	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
6차시료채취						
내장적출전(n=5)	6.15E+02	4.10E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	2.27E+02	2.38E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	1.12E+02	4.40E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	4.36E+02	5.80E-01	-	-	-	-
낙하균수	7.80E+01					

* NT : Not Tested

Table A-2-3. 도축장의 공정별 미생물 오염도 세부현황 (C사)

(unit: CFU/Cm²)

구분	일반세균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (정량)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (정량)
1차시료채취						
내장적출전(n=5)	3.29E+02	4.00E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	1.30E+03	0.00E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	3.66E+02	1.00E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	1.09E+02	3.33E-01	-	-	-	-
낙하균수	6.67E+00					
2차시료채취						
내장적출전(n=5)	5.12E+03	6.90E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	8.99E+02	4.00E-02	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	3.66E+03	2.80E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	3.69E+03	2.67E-02	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
3차시료채취						
내장적출전(n=5)	9.09E+03	5.60E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	6.80E+03	1.78E+01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	3.49E+03	1.80E+01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	8.74E+02	1.53E-01	-	-	-	-
낙하균수	1.88E+02					
4차시료채취						
내장적출전(n=5)	6.23E+03	7.33E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	4.88E+03	8.67E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	2.61E+03	2.13E+00	-	-	+	-
예냉실 (n=5)	4.19E+03	1.87E+00	-	-	+	-
낙하균수	1.78E+02					
5차시료채취						
내장적출전(n=5)	3.26E+03	1.65E+00	-	1.53MPN/ cm ²	-	-
내장적출후(n=5)	2.54E+03	6.89E+00	+(1)	cm ²	-	-
최종세척후(n=5)	1.29E+03	1.03E+00	+(1)	2.87MPN/ cm ²	-	-
예냉실 (n=5)	6.03E+02	2.00E-02	-	cm ²	-	-
낙하균수	5.25E+02			-		
6차시료채취						
내장적출전(n=5)	5.94E+03	1.43E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	6.83E+03	1.56E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	3.68E+03	5.80E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	1.80E+03	2.00E-02	-	-	-	-
낙하균수	2.84E+02					

*NT : Not Tested

Table A-2-4. 도축장의 공정별 미생물 오염도 세부현황 (D사)

(unit: CFU/Cm²)

구분	일반세균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (정량)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (정량)
1차시료채취						
내장적출전(n=5)	3.98E+03	1.52E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	3.43E+03	6.40E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	2.94E+02	2.60E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	5.96E+02	7.33E-02	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
2차시료채취						
내장적출전(n=5)	2.63E+03	2.40E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	2.78E+03	4.40E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	1.03E+03	3.50E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	2.67E+02	0.00E+00	-	-	-	-
낙하균수	1.68E+02					
3차시료채취						
내장적출전(n=5)	5.65E+03	4.13E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	4.13E+03	7.27E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	2.57E+03	1.35E+00	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	3.40E+02	1.33E-02	-	-	-	-
낙하균수	6.50E+02					
4차시료채취						
내장적출전(n=5)	4.81E+02	1.67E+00	+(1)	-	-	-
내장적출후(n=5)	3.07E+02	3.00E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	2.89E+02	9.51E+00	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	1.06E+02	1.20E-01	-	-	-	-
낙하균수	8.17E+01					
5차시료채취						
내장적출전(n=5)	1.32E+03	1.00E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	1.58E+03	1.87E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	1.03E+03	4.33E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	2.42E+02	0.00E+00	-	-	-	-
낙하균수	1.45E+02					
6차시료채취						
내장적출전(n=5)	1.37E+03	4.00E-02	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	2.48E+03	1.27E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	1.22E+03	2.73E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	5.64E+02	5.33E-02	-	-	-	-
낙하균수	9.67E+01					

* NT : Not Tested

Table A-2-5. 도축장의 공정별 미생물 오염도 세부현황 (E사)

(unit: CFU/Cm²)

구분	일반세균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (정량)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (정량)
1차시료채취						
내장적출전(n=5)	2.49E+03	2.80E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	1.42E+03	5.70E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	8.70E+02	2.00E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	4.67E+02	1.33E-01	-	-	-	-
낙하균수	2.70E+02					
2차시료채취						
내장적출전(n=5)	6.76E+02	1.20E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	7.95E+02	1.00E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	3.16E+02	6.00E-02	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	9.69E+01	0.00E+00	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
3차시료채취						
내장적출전(n=5)	2.07E+02	6.67E-02	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	1.72E+02	1.13E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	7.97E+01	7.33E-02	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	2.33E+01	2.00E-02	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
4차시료채취						
내장적출전(n=5)	2.29E+02	2.00E-02	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	1.87E+02	8.67E-02	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	6.13E+02	2.53E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	5.00E+01	2.00E-02	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
5차시료채취						
내장적출전(n=5)	4.70E+02	3.33E-02	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	1.18E+03	2.07E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	8.33E+02	2.67E-02	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	5.53E+01	6.67E-03	-	-	-	-
낙하균수	2.50E+02					
6차시료채취						
내장적출전(n=5)	6.46E+02	6.00E-02	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	9.54E+02	5.13E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	2.26E+02	4.67E-02	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	4.43E+01	0.00E+00	-	-	-	-
낙하균수	7.33E+01					

* NT : Not Tested

Table A-2-6. 도축장의 공정별 미생물 오염도 세부현황 (F사)

(unit: CFU/Cm²)

구분	일반세균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (정량)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (정량)
1차시료채취						
내장적출전(n=5)	7.82E+03	4.00E-02	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	4.42E+03	3.60E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	4.14E+03	1.20E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	4.32E+02	1.33E-02	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
2차시료채취						
내장적출전(n=5)	7.61E+03	0.00E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	2.71E+03	2.10E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	1.29E+03	1.00E-02	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	9.23E+02	0.00E+00	-	-	-	-
낙하균수	1.25E+02					
3차시료채취						
내장적출전(n=5)	3.23E+02	2.00E-02	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	5.13E+02	5.07E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	2.12E+02	3.13E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	7.26E+01	0.00E+00	-	-	-	-
낙하균수	2.90E+02					
4차시료채취						
내장적출전(n=5)	2.69E+03	1.33E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	4.06E+03	1.40E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	1.46E+03	6.67E-03	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	1.13E+02	2.00E-02	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
5차시료채취						
내장적출전(n=5)	1.31E+03	6.67E-03	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	9.23E+02	1.93E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	1.26E+03	1.20E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	3.02E+02	2.00E-02	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
6차시료채취						
내장적출전(n=5)	3.46E+02	0.00E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	9.87E+02	3.38E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	2.32E+01	0.00E+00	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	1.78E+02	0.00E+00	-	-	-	-
낙하균수	1.42E+03					

* NT : Not Tested

Table A-2-7. 도축장의 공정별 미생물 오염도 세부현황 (G사)

(unit: CFU/Cm²)

구분	일반세균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (정량)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (정량)
1차시료채취						
내장적출전(n=5)	1.35E+02	1.13E+00	-	-	+(1)	1MPN/cm ²
내장적출후(n=5)	1.20E+02	1.74E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	4.79E+02	1.88E+00	-	-	+(4)	-
예냉실 (n=5)	8.73E+01	3.33E-02	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
2차시료채취						
내장적출전(n=5)	3.84E+02	3.70E+00	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	2.19E+02	3.80E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	6.96E+02	1.19E+01	-	-	+(1)	0.24MPN/ cm ²
예냉실 (n=5)	4.43E+02	6.00E-01	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
3차시료채취						
내장적출전(n=5)	6.32E+02	1.87E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	2.34E+02	1.59E+00	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	6.65E+02	1.26E+00	-	-	+(2)	7.3MPN/cm ²
예냉실 (n=5)	3.14E+02	4.00E-02	-	-	-	-
낙하균수	1.58E+02					

* NT : Not Tested

Table A-2-8. 도축장의 공정별 미생물 오염도 세부현황 (H사)

(unit: CFU/Cm²)

구분	일반세균 수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (정량)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (정량)
1차시료채취						
내장적출전(n=5)	6.43E+02	1.80E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	7.80E+02	1.27E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	2.14E+02	8.33E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	5.76E+02	1.07E-01	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
2차시료채취						
내장적출전(n=5)	8.93E+02	3.27E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	7.45E+02	4.07E-01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	6.79E+02	2.73E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	5.90E+02	2.20E-01	-	-	-	-
낙하균수	NT*					
3차시료채취						
내장적출전(n=5)	4.51E+02	1.20E-01	-	-	-	-
내장적출후(n=5)	3.07E+02	3.79E+01	-	-	-	-
최종세척후(n=5)	1.63E+02	2.93E-01	-	-	-	-
예냉실 (n=5)	1.74E+02	1.33E-02	-	-	-	-
낙하균수	6.99E+02					

* NT : Not Tested

Table A-3-1. 육가공장에서 공정별 미생물 수준 조사(A사) (unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑교체주기	
예냉 지육	0					작업장	6.4	-
						지육표면	1.0	
						지육심부	4.4	
절단 작업대 지육 칼	5 (n=1) (n=3) (n=1)	3.67 2.51 1.99	0.68 0.06 -	-	-	작업장	14.0	10분
						지육표면	7.5	
						지육심부	7.4	
발골 작업대 지육 칼 컨베이어	7 (n=1) (n=3) (n=2) (n=1)	4.26 3.22 1.16 4.61	0.72 -0.52 - -	-	-	작업장	13.7	20분
						지육표면	7.5	
						지육심부	7.4	
						컨베이어	-	
정형 작업대 지육 칼 컨베이어	5 (n=1) (n=3) (n=1)	3.22 3.71 2.40	0.30 -0.19 -0.32	-	-	작업장	13.8	30분
						지육표면	8.0	
						지육심부	7.9	
						컨베이어	-	
포장 작업대 보조기구	0					작업장 지육표면 완제품보 관	13.6 9.7 0	

Table A-3-1. Continued (A사) (unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑교체주기	
예냉 지육	3 (n=3)	1.38	-1.36	-	-	작업장	5.7	-
						지육표면	1.0	
						지육심부	4.4	
절단 작업대 지육 칼	9 (n=2) (n=5) (n=2)	2.65 2.28 0.90	0.08 - -	-	-	작업장	14.0	30분
						지육표면	6.9	
						지육심부	6.0	
발골 작업대 지육 칼 컨베이어	11 (n=2) (n=5) (n=2) (n=2)	1.70 2.01 1.08 1.58	-0.40 - - -	-	-	작업장	13.7	20분
						지육표면	7.2	
						지육심부	7.0	
						컨베이어	-	
정형 작업대 지육 칼 컨베이어	9 (n=2) (n=5) (n=2)	1.51 3.00 1.65	0.15 0.19 -	-	-	작업장	13.8	60분
						지육표면	8.0	
						지육심부	7.9	
						컨베이어	-	
포장 작업대 보조기구	0					작업장 지육표면 완제품보 관	14.0 10.0 0	

Table A-3-1. Continued (A사)

(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기								
예냉 지육	3 (n=3)	3.21	-	-	-	작업장	6.4	-							
						지육표면	1.0								
						지육심부	4.4								
절단 작업대 지육	9 (n=1) (n=3)	-	-	-	-	작업장	14.0	10분							
						지육표면	7.5								
						지육심부	7.4								
칼	(n=1)	-	-	-	-	지육심부	7.4								
						발골 작업대 지육	11 (n=1) (n=3)	4.19	-0.70	-	-	작업장	13.7	20분	
												지육표면	7.5		
지육심부	7.4														
칼	(n=2)	2.76	-1.00	-	-	지육심부	7.4								
						컨베이어	(n=1)	3.79	-0.40	-	-	-			
													정형 작업대 지육	9 (n=1) (n=3)	2.70
지육표면	8.0														
지육심부	7.9														
칼	(n=1)	4.61	0.04	-	-	지육심부	7.9								
						컨베이어	(n=1)	3.48	0.35	-	-	-			
													포장 작업대 보조기구	1 (n=1)	2.34
지육표면	9.7														
완제품보 관	0														

Table A-3-1. Continued (A사)

(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기								
예냉 지육	3 (n=3)	3.73	0.43	-	-	작업장	6.4	-							
						지육표면	1.0								
						지육심부	4.4								
절단 작업대 지육	9 (n=1) (n=3)	4.74	0.26	-	-	작업장	14.0	10분							
						지육표면	7.5								
						지육심부	7.4								
칼	(n=1)	2.48	-	-	-	지육심부	7.4								
						발골 작업대 지육	11 (n=1) (n=3)	5.29	0.20	-	-	작업장	13.7	20분	
												지육표면	7.5		
지육심부	7.4														
칼	(n=2)	4.21	-	-	-	지육심부	7.4								
						컨베이어	(n=1)	4.89	-	-	-	-			
													정형 작업대	9 (n=1)	4.84
지육표면	8.0														
지육심부	7.9														
칼	(n=1)	2.84	-0.40	-	-	지육심부	7.9								
						컨베이어	(n=1)	4.63	1.18	-	-	-			
													포장 작업대 보조기구	3 (n=3)	4.09
지육표면	9.7														
완제품보 관	0														

Table A-3-2. 육가공장에서 공정별 미생물 수준 조사(B사)(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기	
예냉 지육	0			-	-	작업장	2.0	-
						지육표면	2.3	
						지육심부	4.0	
절단 작업대 지육 칼	9 (n=2) (n=5) (n=2)	1.60 1.62 2.10	-1.40 -3.30 -	-	-	작업장	15.2	60분
						지육표면	3.3	
						지육심부	4.1	
발골 작업대 지육 칼 컨베이어	7 (n=2) (n=5)	1.89 2.15	-2.40 -2.70	-	-	작업장	15.0	60분
						지육표면	4.2	
						지육심부	4.6	
정형 작업대 지육 칼 컨베이어	5 (n=5)	1.65	-2.19	-	-	작업장	15.0	60분
						지육표면	5.0	
						지육심부	4.8	
포장 작업대 보조기구	0					작업장	15.5	
						지육표면	6.6	
						완제품보관	0	

Table A-3-2. Continued (B사) (unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기	
예냉 지육	3 (n=3)	3.40	-	-	-	작업장	3.0	-
						지육표면	4.3	
						지육심부	4.0	
절단 작업대 지육 칼	9 (n=2) (n=5) (n=2)	2.38 2.99 0.90	- 0.33 -	-	-	작업장	15.2	60분
						지육표면	3.3	
						지육심부	4.1	
발골 작업대 지육 칼 컨베이어	7 (n=2) (n=5)	3.37 2.89	0.81 -0.10	-	-	작업장	15.0	60분
						지육표면	4.2	
						지육심부	4.6	
정형 작업대 지육 칼 컨베이어	5 (n=3) (n=2)	2.90 0.48	0.03 -	-	-	작업장	15.0	60분
						지육표면	5.0	
						지육심부	4.8	
포장 작업대 보조기구	0					작업장	16.0	
						지육표면	6.6	
						완제품보관	0	

Table A-3-2. Continued (B사)

(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기	
예냉 지육	3 (n=3)	4.18	-0.57	-	-	작업장 지육표면 지육심부	3.0 4.3 4.0	-
절단 작업대 지육 칼	3 (n=3)	4.25	-0.88	-	-	작업장 지육표면 지육심부	15.2 3.3 4.1	60분
발골 작업대 지육 칼	2 (n=2)	4.48	1.05	-	-	작업장 지육표면 지육심부	15.0 4.2 4.6	60분
컨베이어	(n=2)							
정형 작업대 지육 칼	5 (n=2)	3.63	-0.80	-	-	작업장 지육표면 지육심부	15.0 5.0 4.8	60분
컨베이어	(n=1) (n=2)	3.37 3.45	- -1.00	-	-			
포장 작업대 보조기구	0					작업장 지육표면 완제품보관	16.0 6.6 0	

Table A-3-3. 육가공장에서 공정별 미생물 수준 조사(C사)(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기	
예냉 지육	3 (n=3)	1.83	-0.88	-	-	작업장	5.0	-
						지육표면	2.0	
						지육심부	8.1	
절단 작업대 지육 칼 컨베이어	10 (n=2) (n=5) (n=2) (n=1)	2.59 1.82 0.90 3.43	-	-	-	작업장	11.0	60분
						지육표면	4.0	
						지육심부	5.4	
						컨베이어	5.4	
발골 작업대 지육 칼 컨베이어 도마	12 (n=2) (n=5) (n=2) (n=2) (n=1)	2.48 1.08 1.51 1.18 2.10	-	-	-	작업장	11.0	60분
						지육표면	4.3	
						지육심부	6.0	
						컨베이어	6.0	
						도마	2.10	
정형 작업대 지육 칼 컨베이어	11 (n=2) (n=5) (n=2) (n=2)	1.41 1.88 1.28 1.67	-	-	-	작업장	11.0	60분
						지육표면	4.5	
						지육심부	6.0	
						컨베이어	6.0	
포장 작업대 보조기구	1 (n=1)	1.97	-	-	-	작업장 지육표면 완제품 관	11.0 4.5 2.0	

Table A-3-3. Continued (C사) (unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기	
예냉 지육	3 (n=3)	2.30	-0.88	-	-	작업장	5.0	-
						지육표면	2.0	
						지육심부	8.1	
절단 작업대 지육 칼 컨베이어	9 (n=2) (n=5) (n=2)	4.21 2.60 1.57	-	-	-	작업장	11.0	60분
						지육표면	4.0	
						지육심부	5.4	
						컨베이어	5.4	
발골 작업대 지육 칼 컨베이어	11 (n=2) (n=5) (n=2) (n=2)	2.09 0.87 1.06 4.42	-	-	-	작업장	11.0	60분
						지육표면	4.3	
						지육심부	6.0	
						컨베이어	6.0	
						도마	2.10	
정형 작업대 지육 칼 컨베이어	11 (n=2) (n=5) (n=2) (n=2)	3.13 2.56 1.99 3.36	-	-	-	작업장	11.0	60분
						지육표면	4.5	
						지육심부	6.0	
						컨베이어	6.0	
포장 작업대 보조기구	3 (n=1) (n=2)	3.47 4.84	-	-	-	작업장 지육표면 완제품 관	1.0 4.5 2.0	

Table A-3-3. Continued (C사)

(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 체 주기	
예냉 지육	3 (n=3)	2.80	-	-	-	작업장	5.0	-
						지육표면	2.0	
절단 작업대	9 (n=2)	3.26	-	S.spp(1.2)	-	작업장	11.0	60분
						지육	4.0	
칼 컨베이어	(n=2)	2.85	-	S.spp(1.84)	-	지육표면	4.0	
						지육심부	5.4	
발골 작업대	7 (n=2)	3.45	-	-	-	작업장	11.0	60분
						지육	4.3	
칼 컨베이어	(n=2)	3.51	-0.70	S.spp(16)	-	지육표면	4.3	
						지육심부	6.0	
정형 작업대	11 (n=2)	4.33	-	-	-	작업장	11.0	60분
						지육	4.5	
칼 컨베이어	(n=2)	2.45	-	S.spp(3.68)	-	지육표면	4.5	
						지육심부	6.0	
포장 작업대	3 (n=1)	2.44	-	S.spp(1.48)	-	작업장	1.0	
						지육표면	4.5	
보조기구	(n=2)	2.75	-	S.spp(1.44)	-	완제품보관	2.0	

Table A-3-4. 육가공장에서 공정별 미생물 수준 조사(D사)(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기	
예냉 지육	3 (n=3)	1.01	-	-	-	작업장	0.5	-
						지육표면	2.0	
						지육심부	4.0	
절단 작업대	6 (n=1) (n=3) (n=1) (n=1)	1.91	-	-	-	작업장	11.4	30분
						지육	5.0	
						칼	4.3	
						컨베이어	2.40	
발골	6 (n=1) (n=3) (n=1) (n=1)	1.81	-0.70	-	-	작업장	12.0	20분
						지육	5.6	
						칼	4.4	
						컨베이어	3.48	
정형	7 (n=1) (n=3) (n=1) (n=1) (n=1)	3.33	-1.40	-	-	작업장	13.0	30분
						지육	6.0	
						칼	4.5	
						컨베이어	2.86	
						도마	3.42	
포장 작업대 보조기구	0					작업장	14.0	
						지육표면	6.3	
						완제품보관	2.0	

Table A-3-4. Continued (D사) (unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기	
예냉 지육	3 (n=3)	2.16	-	-	-	작업장	3.0	-
						지육표면	3.5	
						지육심부	4.0	
절단 작업대	6 (n=1) (n=3) (n=1) (n=1)	0.80	-	-	-	작업장	12.9	30분
						지육	5.0	
						칼	4.3	
						컨베이어	2.63	
발골	6 (n=1) (n=3) (n=1) (n=1)	1.04	-	-	-	작업장	13.0	30분
						지육	5.6	
						칼	4.4	
						컨베이어	2.92	
정형	7 (n=1) (n=3) (n=1) (n=1) (n=1)	3.50	-	-	-	작업장	13.0	30분
						지육	6.0	
						칼	4.5	
						컨베이어	2.85	
						도마	3.90	
포장 작업대 보조기구	2 (n=2)	2.11	-0.22	-	-	작업장	14.0	
						지육표면	6.3	
						완제품보관	2.0	

Table A-3-5. 육가공장에서 공정별 미생물 수준 조사(E사)(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기
예냉 지육	0			-	-	작업장 지육표면 지육심부 3.5 -3.0-2.5 2.3-2.7	-
절단 작업대	6 (n=1)	2.82	-	-	-	작업장 지육표면 지육심부 14.0 0 3.1	90분
지육	(n=3)	3.40	-1.00	-	-		
칼	(n=1)	2.91	-	-	-		
발골 작업대	7 (n=1)	3.68	-0.70	-	-	작업장 지육표면 지육심부 14.3 2.0 3.2	120분
지육	(n=3)	3.18	-0.82	-	-		
칼	(n=1)	2.85	-	-	-		
컨베이어	(n=1)	4.48	-0.52	-	-		
정형 작업대	6 (n=1)	3.87	-	-	-	작업장 지육표면 지육심부 14.4 3.6 3.2	120분
지육	(n=3)	2.59	-	-	-		
칼	(n=1)	2.20	-	-	-		
컨베이어	(n=1)	4.67	-	-	-		
포장 작업대	2 (n=2)			-	-	작업장 지육표면 완제품보관 15.0-17.0 4.0-9.0 -18.0-0.0	맨 손 작업 5일 내 출고

Table A-3-4. Continued (E사) (unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기
예냉 지육	3 (n=3)	2.15	0.72	-	-	작업장 지육표면 지육심부 3.5 -3.0-2.5 2.3-2.7	-
절단 작업대	6 (n=1)	2.63	-	-	-	작업장 지육표면 지육심부 14.0 0 3.1	90분
지육	(n=3)	3.04	-	-	-		
칼	(n=1)	2.91	-	-	-		
컨베이어	(n=1)	4.26	-0.70	-	-		
발골 작업대	7 (n=1)	2.85	-	-	-	작업장 지육표면 지육심부 14.3 2.0 3.2	120분
지육	(n=3)	1.82	-	-	-		
칼	(n=1)	3.24	-	-	-		
컨베이어	(n=1)	4.33	-	-	-		
정형 작업대	6 (n=1)	2.90	-	-	-	작업장 지육표면 지육심부 14.4 3.6 3.2	120분
지육	(n=3)	3.12	-	-	-		
칼	(n=1)	2.56	-	-	-		
컨베이어	(n=1)	4.16	-	-	-		
포장 작업대	2 (n=2)	0.70	-	-	-	작업장 지육표면 완제품보관 15.0-17.0 4.0-9.0 -18.0-0.0	맨 손 작 업 5일 내 출고

Table A-3-4. Continued (E사)

(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기		
예냉 지육	3	3.93	0.08	-	-	작업장 지육	5.0	-	
	(n=3)					면 심부	2.0		
							8.3		
절단 작업대 지육	6	4.01	0.70	-	-	작업장 지육	11.0	60분	
	(n=1)					면 심부	4.7		
	(n=3)								
	(n=1)								
칼 컨베이어	(n=1)	4.15	-	-	-	지육			
	(n=1)	4.55	-	-	-	심부			
발골 작업대 지육	7	3.95	-	-	-	작업장 지육	11.0	60분	
	(n=1)					면 심부	5.0		
	(n=3)								
	(n=1)								
칼 컨베이어	(n=1)	3.08	-	-	-	지육			
	(n=1)	4.76	-	-	-	심부			
정형 작업대 지육	6	3.65	-	-	-	작업장 지육	11.0	60분	
	(n=1)					면 심부	4.5		
	(n=3)								
	(n=1)								
칼 컨베이어	(n=1)	3.23	-0.10	-	-	지육			
	(n=1)	3.25	-	-	-	심부			
	(n=1)	6.14	-	-	-				
포장 작업대 보조기구	2	2.40	-	-	-	작업장 지육	면 심부	5.0	
	(n=2)					완 제품	보 조기 구		

Table A-3-4. Continued (E사)

(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도 (°C)	장갑 교체 주기		
예냉 지육	3	3.79	-	-	-	작업장 지육	5.0	-	
	(n=3)					면 심부	2.0		
							8.3		
절단 작업대 지육	6	3.36	1.08	-	-	작업장 지육	11.0	60분	
	(n=1)					면 심부	4.7		
	(n=3)								
	(n=1)								
칼 컨베이어	(n=1)	3.50	-	-	-	지육			
						심부			
발골 작업대 지육	8	3.78	0.90	-	-	작업장 지육	11.0	60분	
	(n=1)					면 심부	5.0		
	(n=3)								
	(n=1)								
칼 컨베이어	(n=1)	4.88	1.30	-	-	지육			
	(n=1)	5.98	-0.52	-	-	심부			
	(n=2)	5.85	-	-	-				
정형 작업대 지육	7	3.93	0.60	-	-	작업장 지육	11.0	60분	
	(n=1)					면 심부	4.5		
	(n=3)								
	(n=1)								
칼 컨베이어	(n=1)	4.02	-	-	-	지육			
	(n=1)	3.27	-	-	-	심부			
	(n=1)	5.86	0.20	-	-				
	(n=1)	3.92	-	-	-				
포장 작업대 보조기구	2	4.02	-	-	-	작업장 지육	면 심부	5.0	
	(n=2)					완 제품	보 조기 구		

Table A-3-6. 육가공장에서 공정별 미생물 수준 조사(F사)(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도	장갑 교체 주기
예냉 지육	0			-	-	작업장 지육표면 지육심부	1.6 -2.2 3.0
절단 작업대	7 (n=2)	2.28	-	-	-	작업장	10.7
지육	(n=5)	1.83	-	-	-	지육표면	1.8
칼	(n=2)	1.19	-	-	-	지육심부	2.9
발골 작업장	11 (n=2)	2.30	-	-	-	작업장	9.8
지육	(n=5)	2.08	-	-	-	지육표면	1.2
칼	(n=2)	1.16	-	-	-	지육심부	2.8
컨베이어	(n=2)	0.93	-	-	-		
정형 작업대	11 (n=2)	1.19	-	-	-	작업장	10.5
지육	(n=5)	2.17	-	-	-	지육표면	1.0
칼	(n=2)	0.74	-	-	-	지육심부	2.4
컨베이어	(n=2)	1.70	-	-	-		
포장 작업대	0					작업장	11.5
보조기구				-	-	지육표면 완제품보관	5.0

Table A-3-6. Continued (F사)

(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도	장갑 교체 주기
예냉 지육	3 (n=3)	1.89	-	-	-	작업장 지육표면 지육심부	1.6 -2.2 3.0
절단 작업대	7 (n=2)	1.64	-	-	-	작업장	11.1
지육	(n=5)	2.09	-	-	-	지육표면	1.8
칼	(n=2)	2.70	-	-	-	지육심부	2.9
발골 작업장	11 (n=2)	4.00	-	-	-	작업장	12.0
지육	(n=5)	1.83	-	-	-	지육표면	1.2
칼	(n=2)	4.22	-	-	-	지육심부	2.8
컨베이어	(n=2)	1.79	-	-	-		
정형 작업대	11 (n=2)	2.96	-	-	-	작업장	12.0
지육	(n=5)	2.12	-	-	-	지육표면	1.0
칼	(n=2)	2.48	-	-	-	지육심부	2.4
컨베이어	(n=2)	1.60	-	-	-		
포장 작업대	1					작업장	13.0
보조기구	(n=1)	2.05	-	-	-	지육표면 완제품보관	5.0

Table A-3-6. Continued (F사)

(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도	장갑 교체 주기
예냉 지육	3 (n=3)	3.93	0.08	-	-	작업장 지육표면 지육심부	5.0 2.0 8.3
절단 작업대	7 (n=2)	4.01	0.70	-	-	작업장 지육표면	11.0
지육	(n=5)	3.20	-	-	-	지육표면	4.7
칼	(n=2)	4.15	-	-	-	지육심부	-
컨베이어	(n=1)	4.55	-	-	-		
발골 작업장	11 (n=2)	3.95	-	-	-	작업장 지육표면	11.0 5.0
지육	(n=5)	2.37	-	-	-	지육심부	-
칼	(n=2)	3.08	-	-	-		
컨베이어	(n=2)	4.76	-	-	-		
정형 작업대	11 (n=2)	3.65	-	-	-	작업장 지육표면	11.0
지육	(n=5)	3.23	-0.10	-	-	지육심부	4.5
칼	(n=2)	3.25	-	-	-		-
컨베이어	(n=2)	6.14	-	-	-		
포장 작업대	1 (n=1)	2.40	-	-	-	작업장 지육표면 완제품보관	11.0 4.5

Table A-3-6. Continued (F사)

(unit: log CFU/Cm²)

	시료수	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (MPN/Cm ²)	<i>Listeria</i> (MPN/Cm ²)	온도	장갑 교체 주기
예냉 지육	3 (n=3)	3.79	-0.40	-	-	작업장 지육표면 지육심부	5.0 2.0 8.3
절단 작업대	7 (n=2)	3.36	1.08	-	-	작업장 지육표면	11.0
지육	(n=5)	3.84	-0.22	-	<i>L. innocua</i> (46)	지육표면	4.7
칼	(n=2)	3.50	-	-	-	지육심부	-
발골 작업장	9 (n=2)	3.78	0.90	-	-	작업장 지육표면	11.0
지육	(n=3)	3.74	-	-	-	지육심부	4.5
칼	(n=1)	4.88	-	-	-		-
컨베이어	(n=1)	5.98	1.30	-	-		
바닥	(n=2)	5.85	0.52	-	-		
정형 작업대	11 (n=2)	3.93	0.60	-	-	작업장 지육표면	11.0
지육	(n=3)	4.02	-	-	<i>L. innocua</i> (96)	지육심부	4.5
칼	(n=2)	3.27	-	-	-		-
컨베이어	(n=2)	5.86	0.20	-	-		
바닥	(n=2)	3.92	-	-	-		
포장 작업대	1 (n=1)	4.02	-	-	-	작업장 지육표면 완제품보관	11.0 4.5 -

Table A-4. 백화점 · 할인마트에서 수거한 돈육의 계절별 미생물 수준조사

(log CFU/g)

계절	지역	부위	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (MPN/g)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (MPN/g)	
봄	성남 지역	삼겹살	3.57	2.61	-		-	-	
			3.22	-	-		-	-	
			3.75	-	-		-	-	
			2.89	-	-		-	-	
			3.32	-	-		-	-	
			4.30	-	-		-	-	
			6.19	-	-		-	-	
			4.98	-	-		-	-	
			6.19	2.64	-	<i>L. grayi</i>	0.384		
			5.38	1.30	-	-	-		
			5.31	2.61	-	-	-		
			5.15	-	-	-	-		
			5.96	2.37	-	-	-		
			5.63	1.78	-	<i>L. ivanovii</i>	0.48		
	2.66	-	-	-	-				
	2.20	-	-	-	-				
	4.38	-	-	-	-				
	1.90	-	-	-	-				
			목살	5.00	-	-		-	-
				2.85	-	-		-	-
3.07				-	-		-	-	
5.20				-	-		-	-	
5.43				-	-		-	-	
4.88				-	-		-	-	
6.13				-	-		-	-	
6.02				2.68	-	-	-		
2.00				-	-	-	-		
2.61				-	-	-	-		
여름	분당	삼겹살	4.35	-	-	-	-	-	
			3.62	0.20	-	-	-	-	
			3.72	0.30	-	-	<i>L. mono.</i>	0.12	
			5.59	-	<i>S. pullorum</i>	0.80	-	-	
			6.40	-	-	-	-	-	
		수원시	삼겹살	4.13	-	-	-	-	-
				3.97	0.90	-	-	<i>L. ivanovii</i> , <i>L. grayi</i>	0.368
				5.11	-	-	-	-	-
				5.66	-	-	-	<i>L. ivanovii</i> , <i>L. grayi</i>	9.6
				5.96	3.08	-	-	-	-
	5.37	1.68	-	-	-	-			
		용인	삼겹살	3.10	-	-	-	<i>L. grayi</i>	0.368

Table A-4. Continued (log CFU/g)

계절	지역	부위	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (MPN/g)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (MPN/g)	
가을	서울	삼겹살	5.11	-	-		-	-	
			5.57	-	-		-	-	
			5.77	-	-			<i>L. mono.</i>	2.33
			6.20	3.40	-			-	-
			5.24	2.74	-			-	-
			4.57	-	-			-	-
			5.21	1.30	-			-	-
			4.81	2.40	-			-	-
			5.95	-	-			-	-
			5.30	-	-			-	-
			5.30	-	-			-	-
			6.21	-	-			-	-
			6.47	-	-			<i>L.welshimeri</i>	0.52
			4.19	-	-			-	-
			6.15	-	-			-	-
			5.15	-	-			-	-
			5.08	1.18	-			<i>L.welshimeri</i>	4.32
			5.29	1.30	-			-	-
			4.58	-	-			-	-
			5.18	-	-			-	-
			4.01	-	-			-	-
			2.85	-	-			-	-
			5.48	-	-			-	-
			4.44	-	-			<i>L.grayi</i>	11.1
			5.24	-	-			-	-
			4.00	-	-			-	-
			3.81	-	-			-	-
4.26	-	-			-	-			
4.46	1.18	-			-	-			
4.30	1.18	-			-	-			
겨울	성남	삼겹살	3.69	-	-		-	-	
			3.71	-	-		-	-	
			3.71	2.26	-			-	-
			4.46	-	-			<i>L. ivanovii</i>	3.44
			4.28	-	-			-	-
			3.40	1.38	-			-	-
			4.78	-	-			-	-
			4.26	-	-			<i>L.welshimeri</i>	2.11
			5.70	-	-			-	-
			5.47	1.54	-			-	-
			4.34	-	-			-	-
			3.49	-	-			-	-
			4.91	-	-			<i>L.welshimeri</i>	13
			3.75	1.00	-			-	-
			3.78	-	-			-	-
			4.41	-	-			-	-
			4.52	-	-			<i>L.welshimeri</i>	2.33
			2.93	1.40	-			-	-
			4.66	1.65	-			-	-
			2.88	-	-			-	-
4.08	-	-			<i>L.welshimeri</i>	2.33			
4.78	-	-			-	-			

Table A-5. 정육점에서 수거한 돈육의 계절별 미생물 수준 조사(log CFU/g)

계절	지역	부위	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (MPN/g)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (MPN/g)
봄	성남시	삼겹살	3.73	-	-		-	
			3.76	1.00	-		-	
			3.00	-	-		-	
			3.37	-	-		-	
			4.00	-	-		-	
			4.10	2.31	-		-	
		2.11	-	-		-		
		후지	3.32	-	-		-	
			2.69	-	-		-	
			3.67	-	-		-	
			1.40	-	-		-	
			3.52	-	-		-	
		4.50	-	-		-		
		목심	3.37	-	-		-	
		등심	2.78	-	-		-	
	3.32		-	-		-		
	3.48		-	-		-		
	4.13		-	-		-		
	3.69		-	-		-		
	3.61		-	-		-		
	여름	서울	삼겹살	4.85	1.90	-		-
4.90				3.08	-		-	-
4.03				1.70	-		-	-
3.08				1.85	-		-	-
4.97				-	-		-	-
2.72				-	-		-	-
3.19				-	-		-	-
3.30				-	-		-	-
4.42				1.70	-		<i>L.mono.</i>	21
3.75		1.00	-		-	-		
2.82		1.00	-		-	-		
수원시		삼겹살	4.27	-	-		-	-
			4.66	0.20	-		-	-
			6.43	3.08	-		-	-
			4.13	1.08	-		-	-
	4.68		-	-		<i>L.welshimeri</i>	0.12	
	6.09		2.00	-		<i>L.ivanovii</i>	0.92	
	3.91		-	-		<i>L.ivanovii,</i> <i>L.grayi</i>	0.12	
	5.08		-	-		<i>L.welshimeri</i> <i>L.ivanovii</i>	44	
	3.81		1.00	-		<i>L.ivanovii,</i> <i>L.grayi</i>	9.6	
3.85	-	-		<i>L.ivanovii,</i> <i>L.ivanovii,</i> <i>L.grayi</i>	0.12			
3.62	2.70	-			0.12			

Table A-5. Continued (log CFU/g)

계절	지역	부위	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (MPN/g)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (MPN/g)
여름	수원시	삼겹살	4.44	1.30	-		<i>L.welshimeri</i>	0.12
			4.78	1.48	-		<i>L.welshimeri</i>	0.56
			2.77	-	-		-	-
			5.08	1.85	-		<i>L.welshimeri</i>	3.72
			3.86	1.60	-		<i>L.welshimeri</i>	18.4
			3.70	-	-		<i>L.welshimeri</i>	0.144
			4.75	-	-		-	-
			4.71	2.48	-		-	-
			2.88	-	-		-	-
			3.85	1.60	-		-	-
			3.32	-	-		<i>L.welshimeri</i>	0.12
			2.96	-	-		-	-
			2.96	-	-		-	-
			2.56	1.60	-		-	-
가을	경기도	삼겹살	6.86	2.28	-	-	-	-
			5.28	-	-	-	-	-
			5.69	-	-	-	<i>L.ivanovii</i>	0.53
			5.78	1.30	<i>S.pullorum</i>	1.26	-	-
			3.73	-	-	-	<i>L.welshimeri</i>	3.72
			3.32	-	-	-	-	-
			3.52	-	-	-	-	-
			3.76	1.00	-	-	-	-
			3.37	-	-	-	-	-
			4.00	-	-	-	-	-
			3.32	-	-	-	-	-
			3.37	-	-	-	<i>L.grayi</i>	5.11
			4.13	-	-	-	-	-
			4.10	-	-	-	-	-
			4.50	2.31	-	-	-	-
			2.11	-	-	-	-	-
			1.36	-	-	-	-	-
			1.40	-	-	-	-	-
			3.69	-	-	-	-	-
			3.61	-	<i>S.spp.</i>	0.46	-	-
			3.98	-	-	-	-	-
			1.90	-	-	-	-	-
			2.66	-	-	-	-	-
			2.79	-	-	-	-	-
			1.85	-	-	-	-	-
			1.60	-	-	-	-	-
			1.48	-	-	-	-	-
2.08	-	-	-	-	-			
2.08	0.30	-	-	-	-			
1.30	-	-	-	-	-			
1.00	-	-	-	-	-			
2.15	-	-	-	-	-			
4.32	-	-	-	<i>L.welshimeri</i>	2.11			
4.03	-	-	-	<i>L.welshimeri</i>	4.53			
4.56	-	-	-	-	-			

Table A-5. Continued (log CFU/g)

계절	지역	부위	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (MPN/g)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (MPN/g)	
	경기 도	목 심	5.47	-	-		-	-	
			5.41	1.00	-		-	-	
			5.60	1.48	-		-	-	
			5.48	1.18	-		-	-	
			2.78	-	-		-	-	
			3.00	-	-		<i>L.grayi</i>	10.3	
			3.48	-	-		-	-	
			2.69	-	-		-	-	
			3.67	-	-		<i>L.welshimeri</i>	9.23	
			3.28	1.11	-		-	-	
			겨울	경기 도	삼 겹 살	3.76	-	-	-
3.57	1.40	-				-	-	-	
2.78	-	-				-	<i>L.welshimeri</i>	2.01	
5.21	-	-				-	-	-	
3.12	-	-				-	-	-	
3.34	-	S.spp				2.60	-	-	
4.36	-	-				-	-	-	
4.83	-	-				-	-	-	
4.45	-	-				-	<i>L.welshimeri</i>	12	
4.32	-	-				-	<i>L.welshimeri</i>	4.5	
3.98	-	-				-	-	-	
3.67	0.97	-				-	-	-	
3.69	-	-				-	-	-	
2.90	-	-				-	-	-	
4.85	-	-				-	-	-	
4.96	-	-				-	-	-	
3.03	-	-				-	-	-	
3.77	0.48	-				-	-	-	
3.81	-	-				-	-	-	
4.56	-	-				-	-	-	
3.69	-	-				-	-	<i>L.grayi</i>	8.9
3.32	-	-				-	-	-	
3.12	-	-				-	-	-	
3.20	-	-	-	-	-				
4.16	-	-	-	-	<i>L.grayi</i>	4.3			
3.65	-	-	-	-	-				
3.83	-	-	-	-	-				

Table A-6. 단체급식장에서 수거한 돈육의 계절별 미생물 수준조사(log CFU/g)

계절	지역	부위	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (MPN/g)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (MPN/g)
가을	과천시	패지 고기	4.59	-	-	-	<i>L. grayi</i> , <i>L. ivanovii</i>	0.12
			5.24	3.11	-	-	<i>L. grayi</i> , <i>L. ivanovii</i>	8.4
			3.93	2.00	-	-	<i>L. welshimeri</i>	0.92
			4.13	2.00	-	-	<i>L. ivanovii</i>	0.144
			4.10	-	-	-	<i>L. grayi</i> , <i>L. ivanovii</i>	0.144
			4.70	1.00	-	-	<i>L. grayi</i> , <i>L. ivanovii</i>	1.72
			5.17	2.60	-	-	<i>L. grayi</i> , <i>L. ivanovii</i>	0.288
			4.18	2.48	-	-	<i>L. grayi</i>	0.144
			4.76	-	-	-	<i>L. grayi</i>	0.368
			4.00	2.78	-	-	<i>L. grayi</i>	0.12
	4.02	2.78	-	-	-	-		
	과천시	소 고기	4.44	1.00	-	-	<i>L. grayi</i>	0.12
			5.32	-	-	-	<i>L. grayi</i>	0.12
			4.31	-	-	-	<i>L. grayi</i> , <i>L. ivanovii</i>	0.12
	안양시	패지 고기	4.39	2.36	-	-	<i>L. grayi</i>	2.3
			5.66	1.00	-	-	<i>L. grayi</i>	1.152
	인천시	패지 고기	4.14	-	-	-	<i>L. welshimeri</i>	0.12
			4.63	3.32	-	-	<i>L. grayi</i>	0.37
			6.28	1.30	-	-	-	-
			5.25	1.60	-	-	<i>L. grayi</i> , <i>L. ivanovii</i>	0.12
			4.70	-	-	-	-	-
			4.02	1.30	-	-	<i>L. grayi</i>	96
			5.13	-	-	-	<i>L. ivanovii</i>	0.14
			5.57	-	-	-	<i>L. ivanovii</i>	0.12
			4.82	1.30	-	-	<i>L. grayi</i> , <i>L. ivanovii</i>	0.15
			5.84	2.18	-	-	<i>L. grayi</i> , <i>L. ivanovii</i>	0.12
			4.12	-	-	-	-	-
			6.27	-	-	-	<i>L. ivanovii</i>	9.6
			5.76	2.00	-	-	<i>L. grayi</i> , <i>L. ivanovii</i>	0.12
			5.03	-	-	-	<i>L. grayi</i>	46
			5.49	-	-	-	<i>L. grayi</i> , <i>L. ivanovii</i>	1.72
			4.09	-	-	-	<i>L. ivanovii</i>	0.37
			4.30	-	-	-	<i>L. grayi</i>	0.12

Table A-6. Continued (log CFU/g)

계절	지역	부위	총균수	대장균수	살모넬라 (정성)	살모넬라 (MPN/g)	리스테리아 (정성)	리스테리아 (MPN/g)
가을	인천시	돼지고기	3.27	-	-	-	-	-
			5.50	4.11	-	-	<i>L. grayi</i>	0.12
			5.08	1.88	-	-	<i>L. grayi</i>	0.12
			5.49	-	-	-	<i>L.welshimeri</i> <i>L.seeligeri</i>	0.12
			4.86	-	-	-	<i>L.welshimeri</i> <i>L.seeligeri</i>	0.37
			4.33	-	-	-	<i>L.welshimeri</i> <i>L.innocua</i>	0.92
			5.30	-	-	-	<i>L.seeligeri</i> <i>L.innocua</i>	0.3
			5.14	-	-	-	<i>L.seeligeri</i>	460
			6.02	2.15	-	-	<i>L.seeligeri</i> <i>L. ivanovii</i>	7.5
			5.03	-	-	-	-	-
			4.58	-	-	-	-	-
			5.57	1.49	-	-	<i>L.seeligeri</i> <i>L. ivanovii</i>	0.12
			4.85	2.18	-	-	<i>L.seeligeri</i> <i>L. ivanovii</i>	0.12
			5.18	2.48	-	-	<i>L.seeligeri</i> <i>L.innocua</i> <i>L.welshimeri</i>	0.12
		3.73	-	-	-	-	-	
		3.51	1.60	-	-	<i>L.seeligeri</i> <i>L.innocua</i> <i>L.welshimeri</i>	18.4	
		4.51	-	-	-	<i>L.seeligeri</i> <i>L.innocua</i> <i>L.welshimeri</i>	0.15	
		5.76	1.78	-	-	<i>L.seeligeri</i> <i>L.innocua</i> <i>L.welshimeri</i>	1	
		소고기	6.30	1.48	-	-	<i>L. grayi</i> <i>L. ivanovii</i>	0.12
			4.48	1.00	-	-	<i>L. grayi</i> <i>L. ivanovii</i>	0.12
			4.50	2.70	-	-	-	-
			4.70	-	-	-	<i>L. grayi</i>	18.4
			8.01	1.00	-	-	<i>L. grayi</i>	0.12
			6.34	2.10	-	-	-	-
			4.47	-	-	-	<i>L. grayi</i> <i>L. ivanovii</i>	96
			5.18	2.00	-	-	<i>L. grayi</i> <i>L. ivanovii</i>	440
			4.80	-	-	-	-	-
			7.76	2.44	-	-	<i>L.welshimeri</i>	0.12
5.58	1.70		-	-	<i>L. grayi</i>	0.12		

Table A-6. Continued (log CFU/g)

계절	지역	부위	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (MPN/g)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (MPN/g)
가을	인천시	소고기	4.38	2.10	-		<i>L.seeligeri</i> <i>L.innocua</i> <i>L.welshimeri</i>	3
			4.26	-	-		<i>L.seeligeri</i> <i>L.innocua</i> <i>L.welshimeri</i>	0.144
			5.95	-	-		<i>L.welshimeri</i>	1.08
			4.62	-	-		<i>L.seeligeri</i> <i>L.innocua</i> <i>L.welshimeri</i>	0.12
			5.07	-	-		<i>L.welshimeri</i> <i>L.innocua</i>	0.368
			5.14	-	-		-	-
			4.64	1.00	-		<i>L.seeligeri</i> <i>L.innocua</i> <i>L.welshimeri</i>	0.6
			용인시	돼지고기	5.22	-	-	
	5.14	-			-		<i>L.seeligeri</i>	0.12
	3.88	-			-		<i>L. grayi</i>	0.12
	5.69	-			-		<i>L. grayi</i>	4.4
	4.38	1.30			-		-	-
	4.10	1.00			-		<i>L. grayi</i>	480
	4.40	1.30			-		<i>L. grayi</i>	0.12
	3.66	-			-		-	-
	3.54	-			-		<i>L. grayi</i>	0.12
	4.76	-			-		<i>L. grayi</i>	1840
	5.28	-			-		<i>L. grayi</i>	0.44
	5.37	-			-		<i>L. grayi</i>	0.3
	3.62	-			-		<i>L. grayi</i>	6
	4.93	1.00			-		-	-
	5.73	1.00			-		<i>L.welshimeri</i> <i>L. grayi</i> <i>L. ivanovii</i>	44 0.12
	소고기	4.60			-	-		-
		5.16	3.76	-		<i>L.welshimeri</i> <i>L. grayi</i>	0.3	
		5.60	-	-		<i>L. grayi</i>	0.12	
		4.22	1.00	-		-	-	
		5.16	1.00	-		<i>L.welshimeri</i> <i>L.seeligeri</i>	0.3	
5.38		1.00	-		<i>L. grayi</i> <i>L.welshimeri</i>	0.12		
5.05		-	-		<i>L. grayi</i>	0.12		

Table A-6. Continued (log CFU/g)

계절	지역	부위	총균수	대장균수	<i>Salmonella</i> (정성)	<i>Salmonella</i> (MPN/g)	<i>Listeria</i> (정성)	<i>Listeria</i> (MPN/g)	
가을	성남시	폐지 고기	3.60	-	-	-	-	-	
			4.63	-	-	-	<i>L.welshimeri</i>	6.8	
							<i>L.innocua</i>		
			5.24	-	-	-	<i>L. grayi</i>	144	
			5.31	-	-	-	<i>L. grayi</i>	300	
			3.15	-	-	-	-	-	
			4.07	-	-	-	<i>L.seeligeri</i>	0.2	
			6.16	1.78	-	-	-	-	
			5.24	-	-	-	<i>L. grayi</i>	10.8	
			5.31	-	-	-	<i>L. grayi</i>	0.12	
			3.15	-	-	-	-	-	
			4.07	-	-	-	<i>L.seeligeri</i>	0.144	
			6.16	1.78	-	-	-	-	
			5.27	-	-	-	<i>L. grayi</i>	0.12	
							<i>L. ivanovii</i>		
			4.48	-	-	-	<i>L. grayi</i>	0.12	
			6.26	-	-	-	-	-	
			5.04	2.95	-	-	<i>L. grayi</i>	0.296	
					<i>L. ivanovii</i>				
	5.38	2.60	-	-	<i>L. grayi</i>	480			
					<i>L. ivanovii</i>				
6.39	-	-	-	<i>L. grayi</i>	0.12				
				<i>L. ivanovii</i>					
	소 고기		5.57	-	-	-	<i>L. grayi</i>	0.248	
						<i>L.welshimeri</i>			
						<i>L.innocua</i>	0.12		
						<i>L. grayi</i>	0.12		
						<i>L. grayi</i>	0.296		
						<i>L. grayi</i>	480		
				<i>L. grayi</i>	0.12				
				<i>L. ivanovii</i>					
				<i>L. grayi</i>	0.248				

Table A-7. 시판 동물성 식품의 오염지표 세균 분포 및 저장온도 기간별 오염 지표세균의 변화 (식품위생안전학회 13(4) 430~440, 1998)

Table A-7-1. 시판 식육류에서의 오염 지표 세균의 분포 (Unit : CFU/g)

	Pork	Beef	Chicken
SPC	1.9×10^1	1.3×10^2	8.8×10^3
Coliform	1.8×10^1	5.2	5.3×10^1
Psychrophilic bacteria	1.5×10^1	1.4×10^2	4.6×10^3
Heterotrophic bacteria	1.2×10^1	2.8×10^1	4.7×10^3
Heat-stable bacteria	—	—	—
Staphylococcus	—	1.2	—
Fecal Staphylococcus	6.2	9.5	9.9
Pseudomonas aeruginosa	1.3	2	1.5

Table A-7-2. 10℃로 저장할 때 저장 기간별 일반세균수 변화

(Unit : log CFU/g)

	day			
	1	3	7	14
Pork	0.65	1.04	4.52	9
Beef	1.98	1.93	3.33	9.3
Chicken	3.33	5.04	8.58	11.48

Table A-7-3. 20℃로 저장할 때 저장 기간별 일반세균수 변화

(Unit : log CFU/g)

	day			
	1	3	7	14
Pork	4.56	8.45	11.53	11.1
Beef	4.53	8.77	12.13	11.36
Chicken	8.57	11.85	13.75	11.31

Table A-7-4. 30℃로 저장할 때 저장 기간별 일반세균수 변화

(Unit : log CFU/g)

	day			
	1	3	7	14
Pork	6.52	11.47	9.79	7.45
Beef	5.97	10.31	13.25	7.3
Chicken	8.7	13.14	9.85	5.85

Table A-7-5. 10℃로 저장할 때 저장 기간별 대장균군의 변화

(Unit : log CFU/g)

	day			
	1	3	7	14
Pork	0.15	0.1	1.87	4.05
Beef	0.3	0.15	2.02	1.37
Chicken	2.16	4.83	7	10.95

Table A-7-6. 20℃로 저장할 때 저장 기간별 대장균군의 변화

(Unit : log CFU/g)

	day			
	1	3	7	14
Pork	2.62	6.7	10.15	9.89
Beef	0.99	7.33	11.4	10.89
Chicken	6.34	9.45	11.01	9.87

Table A-7-7. 30℃로 저장할 때 저장 기간별 대장균군의 변화

(Unit : log CFU/g)

	day			
	1	3	7	14
Pork	4.98	7.96	7.84	6
Beef	3.16	6.79	8.7	4
Chicken	7.14	10.38	6.7	5.02

Table A-8. 돈육의 저장기간에 따른 대장균군(Coliform bacteria)수의 변화
 (한국동물과학회지 40(1) 59~68, 1998)

(Unit : CFU/g)

Day	A	B	C	D	E	F	G
0	0	0	0	55	0	5	55
3	0	0	0	70	0	4	48
7	0	0	0	150	0	10	70
14	0	0	0	185	0	18	60
21	0	0	0	205	0	20	85

Table A-9. 급식소에서 제공되는 돼지고기 장조림과 햄-오이샐러드의 조리 후 보관방법 및 시간이 살모넬라(*Salmonella typhimurium*) 식중독균의 생존에 미치는 영향 (한국식품조리과학회지 20(4) 352~357, 2004)

Table A-9-1. Recovery of *S. typhimurium* from the simmered pork in soy sauce inoculation with the bacteria in different holding conditions.

(Unit : CFU/g)

Holding time(hr)	Holding temperature(°C) ^a		
	26±2	60	80
0 ^b		7	
0.5	7.78	7.9	7.9
1	8.7	7.85	7.7
2	8.98	5.3	4
3	9.18	5.7	2
4	10.1	5.3	2.04
6	10.95	3.3	0
12	13	2.72	0
18	13.04	2.4	0

^a 26±2°C(room temperature holding), 60°C(steam table holding), 80°C(heating cabinet holding)

^b immediately after cooking

Table A-10. 조리과정에 따른 살모넬라(*Salmonella typhimurium*) 식중독균수의 변화 및 중점 관리(CCP)의 관찰 (식품위생안전학회 13(4) 441~447, 1998)

Table A-10-1. Recovery of *S. typhimurium* from the pork inoculated with the bacteria in a frozen condition and thawed in different conditions

(Unit : CFU/g)

A		B		C	
Initial	실온	Initial	냉장	Initial	전자레인지
1×10^7	1×10^{21}	1×10^7	1×10^{10}	1×10^7	1×10^8

A : Thawing at room temperature (22~29°C)

B : Refrigerated thawing (4~10°C)

C : Thawing in a microwave oven (40 seconds)

Table A-10-2. *S. typhimurium*으로 오염시킨(10^7 CFU/g) 돼지고기를 해동 기간 별 균수를 측정 한 결과 (Unit : CFU/g)

Time (hr)	2	4	8	12	24	48	72
실온해동	1×10^{11}	1×10^{15}	1×10^{16}	1×10^{18}	1×10^{21}		
냉장해동					1×10^{10}	1×10^{13}	1×10^{20}

Table A-10-3. *S. typhimurium*으로 오염시킨(10^7 CFU/g) 돼지고기를 조리 방법별 균수를 측정 한 결과 (unit: CFU/g)

	Temperature/Time(min)	Cfu/g
볶기	150±7°C/3	1×10^6
	60°C/20	1×10^7
삶기	63°C/20	1×10^6
	65°C/20	1×10^4

Table A-11. 국내 시판 쇠고기의 *Listeria* spp. 오염(검출 방법에 따른 차이) (식품위생안전학회 10(2) 89~95, 1995)

Table A-11-1. Incidence of *Listeria* in beef samples by USDA method
(sample No.=60)

Species	No. of positive	Positive %
<i>L. welshimeri</i>	37	61.6
<i>L. innocua</i>	15	25
<i>L. murrayi</i>	5	8.4
<i>L. monocytogenes</i>	0	0
<i>L. grayi</i>	3	5
<i>L. seeligeri</i>	0	0
<i>L. ivanovii</i>	0	0
Total	60	100

Table A-11-2. Incidence of *Listeria* spp. in beef samples by FDA method
(sample No.=60)

Species	LPM		OXA	
	No. of positive	Positive %	No. of positive	Positive %
<i>L. welshimeri</i>	27	45	24	40
<i>L. innocua</i>	6	10	10	16.6
<i>L. murrayi</i>	5	8.3	2	3.3
<i>L. monocytogenes</i>	3	5	1	1.7
<i>L. grayi</i>	2	3.3	1	1.7
<i>L. seeligeri</i>	0	0	0	0
<i>L. ivanovii</i>	1	1.7	1	1.7
Total	44	73.3	39	65

Table A-11-3. Incidence of *Listeria* spp. in beef samples by Malthus method
(sample No.=60)

Species	No. of positive	Positive %
<i>L. welshimeri</i>	20	33.3
<i>L. innocua</i>	18	30
<i>L. murrayi</i>	2	3.3
<i>L. monocytogenes</i>	6	10
<i>L. grayi</i>	0	0
<i>L. seeligeri</i>	0	0
<i>L. ivanovii</i>	0	0
Total	46	76.6

Table A-11-4. Incidence of *Listeria* spp. in beef samples by modified cold
enrichment method (sample No.=30)

Species	No. of positive	Positive %
<i>L. welshimeri</i>	13	43.3
<i>L. innocua</i>	0	0
<i>L. murrayi</i>	0	0
<i>L. monocytogenes</i>	2	6.7
<i>L. grayi</i>	0	0
<i>L. seeligeri</i>	2	6.7
<i>L. ivanovii</i>	0	0
Total	17	56.7

Table A-11-5. Incidence of *Listeria* spp. in beef samples by four different method

(sample No.=30)

Species	No. of positive	Positive %
<i>L. welshimeri</i>	121	44.8
<i>L. innocua</i>	49	18.1
<i>L. murrayi</i>	14	5.2
<i>L. monocytogenes</i>	12	4.4
<i>L. grayi</i>	6	2.2
<i>L. seeligeri</i>	2	0.7
<i>L. ivanovii</i>	2	0.7
Total	206	76.1

Table A-12. 국내에서 보고된 동물성 식품 유래 식중독의 역학적 발생 특징 (한국수의공중보건학회지 18(2) 147~154, 1994)

Table A-12-1. Outbreaks of food poisoning analyzed for epidemic characteristics in Korea by causative foods, 1981~1993

Causative foods	Outbreaks (%)	Patients (%)	Deaths	P / O ¹⁾	Ratio ²⁾
Animal origin					
Beef	8 (4.8)	286 (6.3)	0	36	0
Pork	54 (32.5)	1,353 (30.1)	6	25	4.4
Poultry	11 (6.6)	229 (5.1)	5	21	21.8
Seafood	87 (52.4)	2,303 (51.1)	22	26	9.6
Egg	2 (1.2)	166 (3.7)	0	83	0
Dairy foods	4 (2.4)	171 (3.8)	2	43	11.7
Subtotal	166 (100.0) (54.1)	4,508 (100.0) (59.3)	35	27	7.8
Other origin	94 (31.6)	1,877 (24.7)	33	20	17.6
Unknown	47 (15.3)	1,218 (16.0)	2	26	1.6
Total	307 (100.0)	7,603 (100.0)	70	25	9.2

1)Number of patients per outbreak.

2)Death-to-patient ratio per 1,000 patients.

Table A-12-2. Etiologic agents associated with food poisoning outbreaks in Korea by causative foods, 1981~1993.

Foods	Bacterial	Chemical	Unknown	Total
Animal origin	113 <68.1>	14 <8.4>	39 <23.5>	166 <100.0>
Other origin	36 <38.3>	38 <40.4>	20 <21.3>	94 <100.0>
Unknown	32 <68.1>	15 <31.9>	0	47 <100.0>
Total	181 <59.0>	67 <21.8>	59 <19.2>	307 <100.0>

Table A-12-3. Places of meals led to bacterial food poisoning outbreaks in Korea by foods of animal origin, 1981~1993

Foods	Home	Cafeter- -ia	Restaur- -ant	Field	Retail shop	School	Other	Unkno- -wn	Total
Beef	3	1	1	0	0	0	0	1	6
Pork	32	1	3	3	0	0	0	5	44
Poultry	2	1	1	0	0	0	0	4	8
Sea- food	10	15	15	0	3	0	2	5	50
Eggs	0	1	0	1	0	0	0	0	2
Dairy foods	0	2	0	0	0	1	0	0	3
Total	47	21	20	4	3	1	2	15	113
%	1.6	18.6	17.1	3.5	2.7	0.9	1.8	13.3	100

Table A-12-4. Number of bacterial food poisoning outbreaks by foods of animal origin and cook type in Korea, 1981~1993

Foods	Beef	Pork	Poultry	Seafood	Eggs	Dairy foods	Total <%>
Soup	1	1	3	0	0	0	5<4.4>
Stew	0	0	0	1	0	0	1<0.9>
Roast	1	0	2	4	0	0	7<6.2>
Boiled dry	0	0	0	5	0	0	5<4.4>
Slices of meat	0	22	0	0	0	0	22<19.5>
Fried	0	1	3	1	1	0	6<5.3>
Raw	2	2	0	16	0	0	20<17.7>
Muchim	0	0	0	7	0	0	7<6.2>
Unknown	2	18	0	16	1	3	40<35.4>
Total	6	44	8	50	2	3	113
%	<5.3>	<38.9>	<7.1>	<44.2>	<1.8>	<2.7>	<100.0>

Table A-12-5. Number of bacterial food poisoning outbreaks by agent and cook type in Korea, 1981~1993

Foods	<i>E. coli</i>	<i>Salmonella</i>	<i>Staphylococcus</i>	<i>Vibrio</i>	S-S-V ¹⁾	Total
Soup	3	0	0	2	0	5
Stew	0	0	1	0	0	1
Roast	1	2	0	4	0	7
Boiled dry	1	0	1	3	0	5
Slices of meat	1	16	3	2	0	22
Fried	0	5	0	1	0	6
Raw	0	2	1	16	1	20
Muchim	1	0	1	3	2	7
Unknown	4	16	9	11	0	40
Total	11	41	16	42	3	113
%	<9.7>	<36.3>	<14.2>	<37.2>	<2.7>	<100.0>

1) Mixed contamination of *Salmonella*, *Staphylococcus*, and *Vibrio* spp.

Table A-12-6. Number of food poisoning outbreaks in Korea by foods of animal origin and etiology, 1961~1993.

Foods	Bacterial agent				Chemical agent				Total
	<i>E. coli</i>	<i>Sal. Staph.</i>	<i>Vibrio S-S-V¹⁾</i>	Subtotal	Animal toxin	Toxic chemical	Subtotal	Unknown	
Beef	1	5	0	0	6	0	1	2	8
Pork	2	27<3>	6	8<1>	44<5>	1<1>	1<1>	9	54<6>
Chicken	2	4	0	2	8	0	0	3<5>	11<5>
Seafoods	3	1<1>	3	20<2>	27<3>	1<3>	1<3>	6	34<6>
Swellfish	0	0	0	0	0	8<10>	8<10>	0	8<10>
Mackerel	0	1	1	4	6	1	1	3	10
Crab	0	0	0	1	1	0	0	3	4
Shellfish	2	0	1	5<1>	8<1>	1<1>	3<1>	6<2>	17<4>
Other seafood	0	1	0	1	4	0	0	1	5
Processed seafood	0	1	2<1>	1	4<1>	0	0	5<1>	9<2>
(subtotal)	5	4<1>	7<1>	32<3>	50<5>	11<14>	13<14>	24<3>	87<22>
Eggs	0	1	1	0	2	0	0	0	2
Dairy foods	1	0	2<1>	0	3<1>	0	0	1<1>	4<2>
Total-Outbreaks	11	41<4>	16<2>	42<4>	113<11>	12<15>	14<15>	39<9>	166<35>
%	6.6	24.7	9.6	25.3	68.1	7.2	8.4	23.4	100
Ratio ²⁾	0	3.1	3	3.9	34.5	3.1	10.2	10.6	7.8

¹⁾ Mixed contamination of *Salmonella*, *Staphylococcus*, and *Vibrio* s pp.

²⁾ Death-to-patient ratio per 1,000 patients.

Table A-13. 돈육가공 작업환경에서 *Listeria monocytogenes*의 분리와 혈청형 분포조사 (식품위생안전학회지 13(4) 425~429, 1998)

Table A-13-1. Contamination of *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* spp. In samples from pork fabrication processing environment

Source of sample	No. of samples	No. of positive samples (%)	
		<i>L. monocytogenes</i>	<i>Listeria</i> spp.
Glove	48	10 (20.8)	21 (43.8)
Knife sharpener	47	10 (21.3)	20 (42.6)
Knife	48	7 (14.6)	15 (31.3)
Cutting board	48	10 (20.8)	19 (39.6)
Conveyer belt	7	2 (28.6)	2 (28.6)
Skinning machines	12	2 (16.7)	3 (25.0)
Working room air	24	0 (0.0)	0 (0.0)
Total	234	41 (17.5)	80 (34.2)

Table A-13-2. Contamination of *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* spp. In samples from carcasses before fabrication and pork after fabrication

Souce of sample	No. of samples	No. of positive samples (%)	
		<i>L. monocytogenes</i>	<i>Listeria</i> spp.
Carcass before fabrication	48	4 (8.3)	15 (31.3)
Pork after fabrication	48	7 (14.6)	17 (35.4)

Table A-13-3. Distribution of *Listeria monocytogenes* serovars isolated in pork fabrication processing plants

Source of sample	Number of isolates	<i>Listeria monocytogenes</i> serobars (%)						
		1/2a	1/2c	4a	4ab	4b	4c	Unknown
Glove	10	1	1	1	0	5	0	2
Knife sharpener	10	6	0	0	2	2	0	0
Knife	7	2	0	1	2	0	1	1
Cutting board	10	1	0	0	1	6	0	2
Conveyer belt	2	0	0	0	1	1	0	0
Skinning machines	2	0	0	0	1	1	0	0
Working room air	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	41 (100.0)	10 (24.4)	1 (2.4)	2 (4.9)	7 (17.0)	15 (36.6)	1 (2.4)	5 (12.2)
Carcass	4	1	0	0	0	1	0	2
Cut meat	7	1	0	0	1	3	0	2

Table A-14. 국내산과 외국산 냉장 삼겹살의 물리, 화학적 및 미생물학적 품질 특성 (한국동물과학회지 41(3) 317~326, 1999)

Table A-14-1. Surface bacterial counts of pork bellies of different countries during storage(4°C)

(unit : CFU/cm²)

Countries	Days	TBC ⁴⁾	PSY ⁵⁾	ANA ⁶⁾	LAB ⁷⁾	Coliform	E. coli
KCBA ¹⁾	15	1.5×10 ³	4.8×10 ³	3.3×10 ²	1.2×10 ²	—	—
	25	8.0×10 ³	1.3×10 ⁴	5.3×10 ³	1.1×10 ³	—	—
	35	4.3×10 ⁶	4.3×10 ⁵	4.1×10 ⁵	3.0×10 ⁵	—	—
KCBB ²⁾	15	3.3×10 ³	7.0×10 ³	6.2×10 ³	6.1×10 ²	2.6×10 ²	1.4×10 ²
	25	2.2×10 ⁵	1.5×10 ⁵	6.0×10 ⁵	2.1×10 ⁵	1.8×10 ⁴	1.5×10 ⁴
	35	5.7×10 ⁶	6.0×10 ⁶	9.3×10 ⁶	2.7×10 ⁶	5.3×10 ⁴	3.1×10 ⁴
ACB ³⁾	15	1.2×10 ⁷	1.2×10 ⁷	7.7×10 ⁶	5.5×10 ²	4.7×10	—
	25	1.0×10 ⁸	3.0×10 ⁷	9.3×10 ⁶	2.3×10 ⁵	1.3×10 ³	—
	35	3.0×10 ⁸	7.3×10 ⁷	2.3×10 ⁷	2.6×10 ⁶	2.5×10 ⁴	—

¹⁾ KCBC : Korean Chilled Belly A, ²⁾ KCBB : Korean Chilled Belly B,

³⁾ ACB : American Chilled Belly, ⁴⁾ TBC : Total Bacterial Count,

⁵⁾ PSY : Psychrotrophs, ⁶⁾ ANA : Anaerobes, ⁷⁾ LAB : Lactic acid bacteria.

Table A-15. 국내 축산식품매개 질병의 현황 (국립수의과학검역원)

Table A-15-1. Outbreaks and cases of the food borne diseases by year in Korea

Year	Outbreaks	Cases	Deaths	Cases/Outbreaks
1991	42	814	—	20.1
1992	44	1,189	5	27
1993	54	1,136	10	21
1994	104	1,746	12	16.8
1995	55	1,584	—	28.8
1996	81	2,797	—	34.5
1997	94	2,942	—	31.3
1998	119	4,577	—	38.5
1999	174	7,764	8	44.6
2000	104	7,269	2	69.8
2001	93	6,406	—	68.9
2002	78	2,980	—	38.2
2003. 8	101	6,694	—	66.3

Table A-15-2. Outbreak of the food borne diseases by etiologic agent, 1998 to 2002

Pathogens	No. of outbreaks of the food borne diseases(%)				
	1998	1999	2000	2001	2002
<i>Salmonella</i>	928/28* (23.5)	2,840/44 (25.3)	2,591/30 (28.8)	561/13 (13.9)	589/25 (32.1)
<i>Sta. aureus</i>	1,420/18 (15.1)	690/9 (5.2)	824/9 (8.6)	363/10 (10.7)	370/8 (10.2)
<i>V. parahem</i>	1,376/34 (28.6)	1,523/48 (27.6)	235/14 (13.5)	254/13 (13.9)	188/10 (12.8)
Virus	—	769/2 (1.1)	—	935/3 (3.2)	137/1 (12.8)
Others	19/3 (1.6)	426/10 (5.7)	942/16 (15.4)	913/15 (16.1)	414/8 (10.2)
Unknown	834/36 (30.2)	2,209/61 (35.1)	2,677/35 (33.6)	3,380/39 (41.9)	1,282/26 (33.3)
Total	4,577/199	7,764/174	7,269/104	6,406/93	2,980/78

* cases/outbreaks of the food borne diseases

Table A-15-3. Outbreak of the food borne diseases by causative foods, 1998 to 2002

Causative foods	Outbreaks of the food borne diseases				
	1998	1999	2000	2001	2002
Meat and its products	853/30*	2,258/44	3,571/29	837/20	316/13
Milk and its products	—	23/2	593/3	245/2	137/1
Eggs and its products	—	—	—	—	55/3
Seafood and its products	1,516/37	2,278/69	896/27	281/12	384/11
Complex cooked foods (Kimbap, luncheon)	1,436/29	2,003/34	968/25	2,806/45	481/15
Grains and its products	153/5	234/8	16/1	—	27/2
Vegetables and its products	28/1	438/4	775/6	20/1	7/7
Natural toxin (mushrooms)	24/2	19/2	39/4	4/1	23/2
Gorund water	—	197/4	148/1	32/1	34/1
Other	53/3	19/2	—	—	234/3
Unknown	509/12	295/5	263/8	2,181/11	1,282/16
Total	4,577/119	7,764/174	7,269/104	6,406/93	2,980/78

* cases/outbreaks of the food borne diseases

Table A-15-4. Cases of the food borne diseases by months, 1998 to 2002

Year	Cases of the food borne diseases by months											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1998	—	175 (2)	80 (3)	644 (7)	434 (10)	948 (14)	166 (12)	482 (19)	1,124 (39)	404 (9)	120 (4)	—
1999	—	—	273 (6)	1,050 (21)	1,547 (28)	1,548 (16)	420 (18)	604 (24)	1,223 (39)	832 (15)	231 (5)	36 (2)
2000	—	27 (2)	542 (7)	17 (2)	1,717 (23)	1,378 (19)	988 (19)	260 (10)	1,787 (12)	533 (8)	20 (2)	—
2001	199 (2)	54 (2)	355 (9)	267 (6)	2,257 (16)	1,938 (20)	416 (8)	426 (7)	345 (16)	35 (2)	91 (3)	23 (2)
2002	266 (4)	179 (2)	184 (6)	454 (12)	298 (10)	231 (8)	349 (5)	212 (13)	276 (10)	97 (4)	354 (2)	80 (2)
Total	465	435	1,434	2,432	6,253	6,043	2,339	1,984	4,755	1,901	816	139

Table A-16. 육류의 저장 및 유통개선을 위한 기술개발 -지육처리단계에서 미생물 오염 방지 기술 개발- (농림부-축산기술연구소, 한국식품개발연구원, 건국대학교 (2001))

Table I-16-1. Microbial contamination of pork carcasses during the slaughtering and processing

	Total plate counts (log CFU/cm ²)		Coliform (log CFU/cm ²)		<i>Salmonella</i>	
	First trial	Second trial	First trial	Second trial	First trial	Second trial
	After Singeing	4.48±1.75	7.06±1.91	1.04±1.12	2.83±1.76	Negative
Before chilling room	3.89±1.15	5.88±1.62	2.92±1.17	4.15±1.76	Negative	Negative
After 12hr in the chilling room	4.19±1.39	6.12±1.58	1.26±1.38	2.26±0.87	Negative	Negative
Deboning Knife	4.71±1.94	5.78±1.49	2.74±1.72	2.50±1.84	Negative	Negative
Working glove	6.93±1.25	8.23±1.21	5.05±1.14	6.40±1.26	Negative	Negative
Working table surface	3.10±1.26	4.89±1.26	2.40±1.85	3.06±1.18	Negative	Negative

Table A-16-2. slaughtering plant in kyunggi Province (n=5)

	Percentage(%)	
	First trial	Second trial
Usage of Water supply in the lairage	100	100
Usage of electric prod in the lairage	73.33	72.21
Usage of electric prod to lead to the stunning room	86.66	85.43
Chilling room in the slaughter house	100	100
water at chilling room floor	0	0

Table A-16-3. Status of slaughtering equipment and plant in kyunggi Province (n=5)

	Using state	
	First trial	Second trial
lairage time	3.73±1.90	4.40±1.67
Electric Stunning power(Ampere)	94.67±9.03	8.88±8.90
Electric Stunning power(Volt)	350.00±104.71	400.00±66.33
Bleeding time(sec)	152.31±17.79	228.0±78.23
Time to chilling room after stunning	19.00±8.09	22.80±5.76
Temperature of scalding tank(°C)	60.88±1.58	60.06±0.13
Passage time of scalding tank(min)	4.06±1.77	5.86±0.95
Slaughtering capacity (animal per 1 day)	707.69±299.20	923.40±544.09
Chilling time(hr)	14.12±2.71	19.60±6.99
Height to carcass from the floor(cm)	106.54±14.37	120.00±16.77
Humidity of chilling room(%)	74.62±10.92	82.80±10.08
Temperature of chilling room(°C)	0.38±2.05	0.00±0.71
Interior temperature of carcass after 12hr(°C)	4.12±1.56	8.60±5.68

Table A-16-4. Microbial contamination of Slaughtering equipment and plant in kyunggi Province (n=5)

	Total plate counts (log CFU/cm ²)		Caliform (log CFU/cm ²)		<i>Salmonella</i>	
	First trial	Second trial	First trial	Second trial	First trial	Second trial
Rope	4.79±0.5	4.57±0.50	1.49±0.97	4.15±0.55	Negative	Negative
Carcass-gambler	3.24±0.33	3.74±0.37	0.93±0.42	3.07±0.88	Negative	Negative
Apron	3.80±0.85	4.10±0.17	1.76±0.22	3.29±0.23	Negative	Negative
Long boots	5.62±0.66	6.00±0.32	2.15±0.02	3.96±0.05	Negative	Positive
Carcass washing water	2.94±0.84	3.54±0.32	0.00±0.00	1.08±0.24	Negative	Negative
Cutting Knife	4.65±0.57	6.01±0.34	1.77±0.81	2.68±0.37	Negative	Negative
Dehider/deskinner	5.97±0.78	6.97±0.74	0.92±0.40	1.15±0.14	Negative	Negative
Chilling room floor	5.48±0.68	6.39±0.61	2.09±0.75	5.15±0.08	Negative	Negative
Working table surface before washing	5.59±0.45	6.29±0.70	3.18±0.22	5.76±0.37	Negative	Negative
Working table surface by-product	4.48±0.4	5.45±0.52	3.00±0.13	2.66±0.82	Negative	Negative
Walls of slaughter-house	6.13±0.39	7.06±0.45	0.78±0.56	1.33±0.88	Negative	Negative
Floor of plant after washing	6.29±0.53	7.31±0.56	2.75±0.60	1.26±0.68	Positive	Positive
Working glove	3.95±0.91	4.28±0.97	2.15±0.72	3.83±0.57	Negative	Negative

Table A-17. 육류의 저장 및 유통개선을 위한 기술개발 -식육유통과정 및 저장 시설별 관리체계 확립-(농림부-축산기술연구소, 한국식품개발연구원, 건국대학교 (2001))

Table A-17-1. 육류의 연도별 소비추이

(unit: 1000 ton, kg)

구분	총계		쇠고기		돼지고기	
	총소비	1인당	총소비	1인당	총소비	1인당
1990	852.3	20.1	177.0	4.1	504.8	11.8
1991	940.6	21.7	233.3	5.2	510.8	11.8
1992	1,043.3	23.9	226.9	5.2	585.0	13.4
1993	1,087.0	24.7	233.0	5.3	613.0	13.9
1994	1,146.7	25.8	269.8	6.1	632.2	14.2
1995	1,231.0	27.5	301.2	6.7	661.7	14.8
1996	1,303.1	28.8	322.9	7.1	696.9	15.4
1997	1,339.3	29.3	361.9	7.9	698.3	15.3
1998	1,306.6	28.2	345.5	7.4	700.8	15.1
1999	1,430.7	30.5	392.7	8.4	755.3	16.1
2000	1,509.6	31.9	402.4	8.5	779.9	16.5

Table A-17-2. 주요 육류의 생산 및 수입량(일본)

(unit: 1000 ton)

구분	쇠고기				돼지고기			
	생산량	수입량(A)	공급량(B)	A/B	생산량	수입량(A)	공급량(B)	A/B
1996	382.7	611.2	993.9	61.5	884.5	663.4	1,547.9	42.9
1997	370.1	658.9	1,029.0	64.0	901.8	517.5	1,419.3	36.5
1998	371.4	681.8	1,053.2	64.7	904.1	545.5	1,449.6	37.6
1999	381.3	682.6	1,063.9	64.2	892.3	652.9	1,545.2	42.3
2000	364.1	738.4	1,102.5	67.0	878.4	650.8	1,529.2	42.6

주: 공급량에서 이월재고는 제외시켰음

자료: 일본 농축산업진흥사업단, 「축산의 정보」

Table A-17-3. 저장상태별 수입량(일본) (unit: 1000 ton)

구분	쇠고기			돼지고기		
	냉장(A)	냉동(B)	A/B	냉장(A)	냉동(B)	A/B
1996	310.6	298.7	104.0	168.1	495.2	33.9
1997	326.9	330.8	98.8	128.8	388.7	33.1
1998	319.7	361.1	88.5	149.5	396.2	37.7
1999	336.2	345.2	97.4	181.5	471.3	38.5
2000	362.3	375.3	96.5	192.8	457.4	42.2

자료: 일본 농축산업진흥사업단, 「축산의 정보」

Table A-17-4. 주요 육류의 연간소비량(일본)

구분	1995	1996	1997	1998	1999
쇠고기	153	142	147	150	151
돼지고기	210	213	208	214	219

자료: 일본 농수성, 「식료수급표」, 「식료, 농업·농촌 기본계획」

Table A-17-5. 육류소비의 구성비율(일본) (unit: %)

구분	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
쇠고기	가계	48	47	46	44	43	41	41	39	38
	가공	9	8	8	8	8	9	9	10	9
	기타 (업무, 외식)	43	45	46	48	49	50	50	51	53
돼지고기	가계	40	39	40	39	40	40	41	41	41
	가공	30	32	30	30	31	31	31	30	29
	기타 (업무, 외식)	30	29	30	31	29	29	28	29	30

자료: 일본 농수성 생산국 축산부 식육계란과

Table A-17-6. 가계 1인당 육류소비량(일본) (unit: g)

구분	1996	1997	1998	1999	2000
쇠고기	3,198	3,275	3,173	3,150	3,079
돼지고기	4,765	4,719	4,852	4,913	4,939

자료: 일본 총무성, 「가계조사보고」

Table A-17-7. 주요 육류의 생산 및 소비량(미국)

(unit: 백만 파운드, 파운드)

구분	쇠고기			돼지고기		
	생산량	소비량		생산량	소비량	
		총소비량	1인당소비량		총소비량	1인당소비량
1995	25,222	25,534	97.1	17,849	17,768	67.5
1996	25,525	25,861	97.4	17,117	16,797	63.2
1997	25,490	25,611	95.6	17,274	16,823	62.8
1998	25,760	26,305	97.2	19,011	18,309	67.7
1999	26,493	26,932	98.7	19,309	18,952	69.4
2000	26,882	27,362	99.3	18,935	18,608	67.6

주: 쇠고기의 2000년도 자료는 잠정치이고, 돼지고기는 1998년도 자료가 잠정치이며 1999년과 2000년도 자료는 추정치임.

자료: USDA, 「Agricultural Statistics 2001」

Table A-17-8. 주요 육류의 수출 및 수입량(미국)

(unit: 백만 파운드)

구분	수출량		수입량	
	쇠고기 ²⁾	돼지고기	쇠고기 ²⁾	돼지고기
1995	1,821	787	2,104	664
1996	1,877	970	2,073	620
1997	2,136	1,044	2,343	634
1998	2,171	1,230	2,643	705
1999	2,417	1,278	2,874	827
2000 ¹⁾	2,510	1,292	3,076	967

주: 1) 2000년도 자료는 잠정치임.

2) 쇠고기는 송아지 고기도 포함되어 있음.

자료: USDA, 「Agricultural Statistics 2001」, 2001