

냉장돼지고기 품질관리기술 개발 및 산업화 연구
Quality Control of Refrigerated Pork and Its
Industrial Application

위생적 냉장돼지고기 생산기술의 개발
Improving Safety and Shelf-Life of
Refrigerated Pork

전남대학교(서강정보대학)

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “냉장돼지고기 품질관리기술 개발 및 산업화 연구에 관한 연구”
과제 (세부과제 “위생적 냉장돼지고기 생산기술의 개발에 관한 연구”)의
최종보고서로 제출합니다.

2002년 10 월 10 일

주관연구기관명 : 전남대학교

총괄연구책임자 : 이 재 일

세부연구책임자 : 김 광 현

협동연구기관명:서강정보대학

협동연구책임자 : 김 창 렬

요 약 문

I. 제 목

냉장돼지고기 품질관리기술 개발 및 산업화 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

국민 1인당 육류 소비량은 점차 증가하고 있는 추세이며, 소비자뿐만 아니라 수출 대상국에서도 냉장육 수입을 지속적으로 요구하는 추세이기 때문에 냉장 돼지고기의 수요는 계속 증가할 것으로 예측되고 있다. 특히 돼지고기 및 도체는 도살직 후 많은 오염원에 노출되며 가축의 표피, 장내용물, 도살 중 사용한 기구 및 종업원의 위생은 신선육의 식품안정성 및 위생에 영향을 미치는 주 요인이 될 수 있다. 도살 후 돼지 도체의 물리적 그리고 미생물학적 오염물질의 제어 및 적합한 도축 공정의 개발과 위생적 냉장육 세척기술에 대한 실용적 기술의 개발이 미흡한 실정이다. 기존의 돈도체 처리 공정과 돈육저장기술의 개선이 상업적으로 이루어지지 않을 경우, 국내산 돈육의 저장 안정성 저하와 이에 따른 저가의 수입육에 대한 경쟁력 저하로 양돈농가를 비롯한 우리나라의 축산업에 막대한 경제적 손실을 초래할 수도 있다. 구체적으로 미생물학적 위해요소인 외부의 오염이나 식육자체에 존재하는 저온성부패세균 (*Pseudomonas* spp. 등) 및 병원성식중독균 (*Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* 등)의 증식을 제어하여 돼지고기를 위생적으로 생산하는 기술의 산업화가 절실히 요구되고 있다. 육색의 변화, 육즙의 유출(drip loss)과 이에 따른 외관 및 상품성의 감소 및 불포화지방산등 감소로 인하여 품질의 저하를 유발하고 있는 이화학적요인들을 개선한 부가가치적 상품성을 갖는 새로운 연육제품의 개발과 경제적 상품성을 갖는 천연보존제의 개발에 의한 돼지고기 생산이 필요한 시점이다. 고품질을 얻을 수 있는 도축공정기술의 개발 및 냉장육 위생적 세

척을 위한 천연보존제 및 이화학적 육위생수 처리기술의 개발이 필수적이다. 특히 본 연구의 현장애로업체에서는 도축장 및 시설에서 *Salmonella typhimurium* 및 *Listeria monocytogenes* 등의 병원성 식중독균에 오염될 수 있는 오염된 음수 및 세척수의 접촉을 위생적으로 제어하는 기술, 안전한 식육생산 및 공급을 위한 전 과정의 위해분석의 도입과 적용, 여름철 온도상승조건에서 도체의 비위생적 처리 기술 등의 해결 그리고 냉장 돼지고기에 대한 적합한 처리 공정 및 기술의 개발이 필요하다. 그래서 이 연구의 목적은 등심과 안심을 이용한 돼지고기 위생적 육제품 생산기술 개발, 돼지고기 천연보존제 개발, 도체의 전살방법 (stunning method) 및 UV조사법 개발, 냉장돼지고기 위생적 표면 처리기술의 개발 및 여름철 냉장돼지고기의 위생 및 육저장 안정성 증진은 돼지고기의 등심과 안심의 내수 증진 및 수출산업화에 대비한 부가가치가 높은 상품성 향상 기술을 개발하는데 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 국내산 안심과 등심의 내수촉진과 수출산업화를 대비한 위생적 식육생산과 가공 그리고 산업적 실용화를 위한 목적으로 제 2세부 과제와 1개의 협동연구과제로 구성되었다. 각 세부과제와 협동연구과제의 연구목적은 효율적으로 각 6단계의 실험으로 구분하여 연구를 수행하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

제 1 세부과제: 돼지고기 위해인자 제어기술의 개발

실험 1. 도축장내 위해인자 제어기술의 탐색

1. 도축장내의 위해 요인 제어방안 탐색
2. 도체의 위생적 육질 탐색
3. 도축공정별 병원균 분석

실험 2. 돼지고기 생산공정 동안 위해인자 제어기술의 분석

1. 도축공정동안 위해요인 제어기술의 분석
2. 천연항균물질의 이용과 병원성 미생물의 분석

제 2 세부과제: 냉장돼지고기의 전살법 개발과 이화학적 세척기술의 분석

실험 1. 돼지의 전살법 분석과 이화학적 육질 탐색

1. 돼지 전살법의 개발
2. 천연항균제세척 도체의 이화학적 육질 탐색
3. 냉장 돼지고기의 이화학적 UV조사법 분석

실험 2. 천연항균물질의 이용과 돼지고기 이화학적 분석

1. 돼지고기의 육색 분석
2. 돼지고기의 연도 분석
3. 돼지고기의 육색 분석
4. 돼지고기의 pH 분석
5. 돼지고기의 육즙유출율 분석

협동연구과제: 위생적 냉장돼지고기 생산기술의 개발

실험 1. 천연항균물질의 선발과 미생물학적 육질 분석

1. 천연항균제의 선발
2. 냉장 도체의 미생물학적 육질 탐색
3. 냉장 돼지고기의 미생물학적 UV조사법 분석

실험 2. 천연항균물질 이용 위생적 돼지고기 생산기술의 분석

1. 천연 육보존제의 생산
2. 천연항균물질을 이용한 위생적 돼지고기의 생산
3. 침지법에 의한 육표면 위생기술의 분석
4. 포장육의 냉장동안 육저장 안정성 기술의 분석

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

제 1 세부과제: 돼지고기 위해인자 제어기술의 개발

실험 1. 도축장내 위해인자 제어기술의 탐색

(주) 만나 도축장을 포함하여 매일 수출돈육 작업장이었던 4곳의 돼지 도축장을 선정하여 도축공정에 따른 육표면에 존재하는 총호기성세균과 식중독의 원인균이 될 가능성이 있는 균들의 분포상태를 도축공정별로 5마리씩 3회 조사하였다. (주) 만나 도축장에서는 호기성균들이 약 4~5 Log₁₀ CFU/g 검출되었고, *Listeria* 균의 경우 내장적출 선반과 내장적출 후를 제외한 전 공정에서 검출되었으며, *Salmonella* 속균은 탕박 후와 2차 세척을 마친 돼지도체를 제외한 전 과정에서 검출되었다. 대장균군도 전 과정에 걸쳐 검출되었다. 이와 같이 (주) 만나에서 시행되고 있는 도축공정 전 과정과 가공공정의 돈육들에 식중독의 원인이 될 가능성이 있는 균들이 많이 오염되어 있음을 알 수 있었다. 그래서 (주) 만나 도축장의 도축공정 가운데 방혈 후, 탕박 후, 내장적출 후, 1차 세척 후, 2차 세척 후, 예냉 전, 예냉 후, 내장적출선반 및 가공실 선반들을 중요관리점 (CCP)으로 결정하고 이의 위생관리방안을 개발하였다. 또한 도축장의 시설이 연구시작 단계에 비하여 많이 개선되었으며 도축전후의 작업장, 시설 및 장비들에 대하여 Topax-66, 슈퍼렉스-64, P3-oxonia active 등의 세척 및 소독제를 이용하여 도축장에 소독 및 청소를 철저히 실시하였더니 호기성균 뿐만 아니라 식중독의 원인이 될 가능성에 있는 균들의 오염을 막을 수 있다는 것을 보여 주었다. 이와 같이 모든 위해 요인을 분석하고 매일 또는 주 2-3회 관리점을 검색하고 기록하며 개선점을 파악하여 조치함으로서 (주) 만나가 생산한 냉장돼지고기의 위생적 품질관리가 가능하도록 하였다.

실험 2. 도축공정 동안 위해인자 제어기술의 분석

위생적이고 안전한 돼지고기를 생산하기 위해서 우선 (주) 만나에서 생산되는 돼지고기를 대상으로 UV 조사 및 천연항균물질을 적용한 후 대표적인 병원성 식중독균들에 대한 항균효과를 분석하였다. (주) 만나에서 생산되는 돼지고기 저장 안전성 증진을 목적으로 자체 개발한 UV조사법을 (주) 만나에서 생산한 돼지고기에 적용한 후 미생물학적 분석을 실시한 결과 살모넬라균의 증식이 억제되었으나 *Listeria monocytogenes* 와 *Staphylococcus aureus*의 증식은 억제되지 않았다. 그러나 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454와 *Acetobacter aceti* ATCC 15973을 각 2.5 ~ 10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양 후 원심분리 한 다음 얻은 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심과 안심은 *Salmonella typhimurium*균들이 4°C 저장 20일 동안 대조구에 비해서 거의 자라지 않아서 위생학적으로 안정성을 유지하였다. 그리고 (주) 만나에서 생산되는 돼지고기에 대해 *Lactococcus lactis* subsp *lactis*와 *Acetobacter aceti*를 배양 후 원심분리 한 다음 얻은 천연항균물질에 10분 동안의 침지는 *Listeria monocytogenes*와 *Staphylococcus aureus*에 대하여도 비교적 좋은 항미생물 효과를 나타냈다. 특히 각 육시료를 PEE 필름을 이용하여 진공포장기에 넣고 진공포장 한 다음 4°C의 냉장온도에 저장하면서 저장 기간별로 분석한 결과, 천연 항균물질로 처리한 모든 처리구들은 더욱 위생적으로 저장되었다. 이와 같이 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454에서 생산한 nisin과 유산등의 천연항균물질 그리고 *Acetobacter aceti* ATCC 15973에서 생산한 초산 등의 천연항균물질이 돼지고기 표면에 대한 *Salmonella* 균에 대한 항균력을 나타내므로써 냉장돼지고기의 미생물학적 안전성을 향상시킨 것으로 나타났다. 본 연구의 결과 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454와 *Acetobacter aceti* ATCC 15973을 각 2.5-10% 농도의 탈지분유배지에서 생산한 천연항균물질은 현장애로업체인 (주) 만나 돼지고기 등심과 안심의 4°C 저장 동안 위생학적으로 안전성을 20일 이상 유지할 수 있는 유용한 보존제로 확인되었다.

제 2 세부과제: 냉장돼지고기의 이화학적 세척기술의 개발

실험 1. 돼지의 전살법 분석과 이화학적 육질 탐색

돼지 전살법의 개발과 천연항균제세척 도체의 이화학적 육질 탐색, 냉장 돼지고기의 이화학적 UV조사법 분석, *Lactococcus* spp. 등의 천연항균제를 이용 도체세척 후 이화학적 육질을 탐색하였다. 저압(200 V전후) 및 고압 (500 V전후)전살법의 개발, 세척동안 수온, 청결, 수온 및 도체에 잔존하는 물리적 오염원을 제어하기 위한 이화학적 육세척법 분석을 실시하였다. 현장 애로업체인 (주) 만나의 도살방법 (stunning method)은 저압전살 (150 ~ 250V) 및 고압전살법 (450 ~ 700V)을 개발하였다. 전살 후 PSE육등의 육질에 미치는 영향을 분석하였다. 물리적 오염물질을 제거하기 위하여 고압처리를 도입하여 10~90초간 단시간 분사함으로써 식중독균 (*Salmonella* spp. 등)과 호기성 육부패균의 오염물질의 위생적 제거를 유도 할 수 있을 뿐만 아니라, 잔존하는 세균으로부터 저온성 세균의 증식을 2~3 log CFU/g 까지 유의적으로 감소하였다. 도체의 세척은 산-염조합 육보존제를 이용한 분무 기술의 도입에 의한 오염물질의 제거기술을 개발하였다. 본 연구에 사용된 천연항균물질 생산 균주는 유산균과 프로피온산 생산균주로서 저농도의 사용은 육색 및 육즙유출, TBA에 미치는 영향이 낮은 것으로 검토되었다. 텀블링기법과 Potassium sorbate후 UV조사에서 육즙유출에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 검토되었다. 또한 유산균배양액과 potassium sorbate의 조합에 의한 육색변화를 관찰한 결과 potassium sorbate의 단독처리구 보다 미치는 영향이 낮은 것으로 검토되었다. 500V의 고전압으로 처리한 대조구보다 저전압처리구 (머리100 V, 가슴 175 V)는 PSE발생육의 감소를 나타내었다. 드립조사를 통한 정상육질의 발생율은 Table 2-1의 육색 No 4의 발생률과 일치하므로써 저전압 처리구 (머리 175 V, 가슴 175 V)는 고전압대조구 (500 V) 보다 육색 향상과 아울러 드립 발생율의 개선에 효과적이었음을 나타내었다. 저전압 처리구 (머리 175 V, 가슴 175 V)는 고전압 대조구 (500 V) 보다 돈육의 품질 향상에 효과적이었으며, 현장애로점 해결을 위한 적합한 품질관리 기술이 될 것으로 평가되었다.

실험 2. 천연항균물질의 이용과 돼지고기 이화학적 분석

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 연도는 처리직후 대조구와 유의적 감소를 나타내었다. *Acetobacter aceti* ATCC 15973을 7.5-10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 TBA가는 처리직후와 저장 10일 동안 대조구와 유의적 차이($P < 0.05$)를 나타내었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1 ~ 6분 침지한 돼지고기 등심의 외관점수는 처리직후와 저장 120일 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 없었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1 ~ 9분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color a가는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 있었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1-9분 침지한 돼지고기 등심의 육즙유출가는 처리직후와 저장 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 없었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1 ~ 3분 침지한 돼지고기 등심의 TBA가는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 없었다. 육시료를 30분 UV조사 후 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90 ~ 150초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 Hunter color a가는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 있었다.

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90-150초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 냄새점수는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었으며, 처리구는 4°C 저장 20일 동안 유사한 결과를 나타내었다. 육시료를 30분 UV조사 후 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90-120초 침지한 돼지고기 안심

(pork tender-loins)의 외관점수는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었으며, 4°C 저장 20일 동안 유사한 결과를 나타내었다. 본 연구결과 천연항균물질의 처리는 돼지고기의 냉장동안 외관과 냄새에 대한 기호도를 유지할 수 있었으며, 침지시간과 UV조사 후에도 이화학적 변화에 큰 영향을 미치지 않으므로서 (주) 만나의 현장애로점 해결을 위한 유용한 육보존제로 평가되었다.

협동연구과제: 위생적 냉장돼지고기 생산기술의 개발

실험 1. 천연항균물질의 선발과 미생물학적 육질 분석

천연항균제의 선발, 냉장 도체의 미생물학적 육질 탐색, 냉장 돼지고기의 미생물학적 UV조사법 분석, 천연항균제의 개발은 *Lactococcus* spp.와 *Acetobacter aceti* 등의 저온 유기체로부터 항균력이 우수한 균종을 탐색하였다. 세척동안 도체에 잔존하는 물리적 오염원을 제어하기 위한 미생물학적 육세척법을 분석하였다. Tumbling 기법과 천연육보존제의 조합에 의한 등심과 안심의 육부패 및 그람음성세균의 미생물학적 분석을 실시하였다. 본 연구에서 천연 항균제 생산 공시 균주는 bacteriocins을 생산하는 유산 및 프로피온산균으로서 nisin, 프로피오닉산과 유산 등의 항균물질을 생산하는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454, *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257, *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 및 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200을 사용하였으며, tumbling법, 유산균배양액 이용법, 그리고 potassium sorbate와 조합한 육표면 처리법과 UV조사량의 농도에 따른 미생물학적변화, pH 및 관능평가를 실시하였다. 본 연구 결과 유산균배양액 단독처리보다 potassium sorbate와 조합한 텀블링법의 조합은 4°C 냉장동안 돼지고기의 미생물학적 저장 안정성에 유의적으로 효과를 나타내었다. 천연 항균물질을 생산하는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454의 유산균배양액 (v/w)을 돼지고기 등심과 안심에 도말하였을 때 호기성 육부패세균의 증식억제에 효과적이었다. 이러한 결과는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454의 유산균배양액에서 생산된 유산과 nisin 및 기타 천연항균물질에 의한 항균작용으로 고려되었다. 본 연구 결과 천연항균물질의 이용후 4°C 저

장 9일 동안 돼지고기 등심과 안심은 초기세균수와 유사한 호기성 세균수를 나타내었으나, 대조구는 저장 6일 이후부터 급속한 세균수의 증가를 나타내므로 미생물학적 육저장 안정성에 사용할 수 있는 천연보존제로서 평가되었다. 유산과 유산균의 육 표면처리는 초기 돈육의 초기 pH를 대조구보다 유의적으로 감소하여 이의 항균작용에 영향을 미치는 것으로 고려되었으며, 저장 초기 육부패균의 대부분을 차지하고 있는 그람음성세균 (gram-negative bacterial counts; GNC)은 저농도의 pH에서 증식억제를 나타내었다. 본 결과는 CVT배지위에서 배양한 그람음성세균의 분석을 토대로 tumbling법, 유산균배양액 이용법, 그리고 potassium sorbate와 조합한 육표면 처리법과 240 W 까지 증가한 UV조사량의 농도에서 항균효과를 측정된 결과 4°C 냉장 9일 동안 그람음성세균의 증식억제에 유용한 방법임을 입증하였다. 일반적으로 pH가 처리 후와 저장 동안 처리구는 대조구 보다 낮게 유지되었으며, 호기성 미생물의 증식억제에 기여한 것으로 고려되고 있다. 냄새 및 외관의 관능평가 결과는 같거나 유사한 것으로 등급이 평가되었다. UV조사법의 이용은 초기 돼지고기 표면의 세균수를 감소하였으나 저장 6일 이후에는 유의적 차이가 없었다. UV조사법의 처리 후 평가요원들의 냄새에 대한 변화를 느낄 수 없었으며 일반적으로 10-20분 UV처리구에서 외관은 높은 점수로 판정되었다. 본 연구는 육 도매점, 소매점, 백화점 및 도축장에서 효과적으로 활용하여 위생육의 생산에 의한 식육의 안정성확보에 많은 이점을 가질 수 있을 것이다. 소비자는 식육의 안정성 확장에 의하여 식육에 대한 기호성 증가와 내수 증진을 가능하게 할 수 있을 것이다.

실험 2. 천연항균물질 이용 위생적 돼지고기 생산기술의 분석

본 연구의 결과는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454에서 생산한 nisin과 유산 등의 천연항균물질 그리고 *Acetobacter aceti* ATCC 15973에서 생산한 초산등의 천연항균물질이 돼지고기 표면에 대한 강력한 항균력을 나타내므로 냉장돼지고기의 미생물학적 육저장 안정성을 향상한 것으로 검토되었다. 천연항균물에 의한 침지법 적용 후 돼지고기 표면은 3±1°C에서 저장 10일 동안 미생물학적 저장 안정성을 가능하게 할 수 있다는 것을 확인하였다. 육부패의 지표세균으로 알려진 그람음성세균수

는 낮은 pH에서 민감한 반응을 나타내며 천연항균물질의 농도가 증가하므로써 유의적 감소를 나타내었다. 항균력은 nisin등과 같은 천연항균물질 뿐만 아니라 유기산등의 낮은 pH에서 해리된 산분자 (dissociated molecules)와 해리되지 않은 산분자 (undissociated molecule)에 기인하여 호기성 육부패세균의 증식억제를 가능하게 할 것으로 고려되었다. 천연항균물질의 처리구는 진공포장 후 $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ 저장 7일 동안 0일의 처리구와 유사한 세균수를 나타내므로써 장기간의 육저장 안정성을 가능하게 할 수 있을 것으로 검토되었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454와 *Acetobacter aceti* ATCC 15973을 각 2.5-10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양 후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 호기성세균수와 그람음성세균수는 4°C 저장 15일 이상 대조구보다 유의적 감소를 나타내므로써 미생물학적 저장 안정성을 유지하였다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 37°C , 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1-9분 침지한 돼지고기 등심은 4°C 저장 20일 동안 대조구보다 유의적 감소를 나타내므로써 미생물학적 저장 안정성을 유지하였다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C , 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 30-120초 침지한 돼지고기 등심의 호기성 세균수는 30-120초 침지한 돼지고기 등심의 호기성 세균수는 4°C 저장 15일 동안 대조구보다 유의적 감소를 나타내었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양 후 추출한 천연항균물질에 60초 침지한 돼지고기 등심의 호기성 세균수는 1회 처리구와 2회 재사용 처리구가 대조구와 천연항균물질을 3-4회 재사용한 처리구 보다 4°C 저장 20일 동안 유의적 감소를 나타내었다. 본 연구의 결과 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454와 *Acetobacter aceti* ATCC 15973을 각 2.5 ~ 10% 농도의 탈지분유배지에서 생산한 천연항균물질은 현장에로업체인 (주) 만나 돼지고기 등심과 안심의 4°C 저장 동안 미생물학적 육저장 안정성을 20일 이상 유지할 수 있는 유용한 보존제로 확인되었다. 또한 2.5%의 저농도 탈지분유에 의한 천연항균물질의 생산 그리고 천연항균물질의 재사용 (reuse)을 가능하게 하므로써 산업적 실용화를 달성하고 경제적 생산성을 향상할 수 있는 유용한 천연 육보존제로 사용할 수 있을 것이다.

SUMMARY

This project consists of 4 sections: Section 1. Microbial contamination and decontamination on the surface of pork carcasses at different stages of the slaughtering process. Section 2. Antibacterial action of natural Antimicrobial substance against food-borne pathogenic bacteria. Section 3. Microbiological analysis of refrigerated pork treated with selected lactic acid bacteria. Section 4. Improving safety of refrigerated pork treated with natural antimicrobial substance.

Section 1 : Microbial Contamination and Decontamination on the Surface of Pork Carcasses at Different Stages of the Slaughtering Process

This study was executed to examine the microbial quality of the pork carcasses during the slaughtering and to seek the device to minimize microbial contamination. Four slaughtering plants were selected from the Jeonnam province. At each plant, carcasses were sampled by swabbing method at four individual stages of processing - before evisceration, after evisceration, after final carcass washing and after 3 hours carcass chilling. The samples were analyzed individually for aerobic plate counts (APC), total coliform counts, presence of *Salmonella* spp., presence of *Listeria* spp. and comparison of the microbial contamination after the application of foamwasher, high pressure-washer with hot water, disinfectant and washing. APC recovered from pork carcasses of the four slaughtering plants ranged from 2.58 to 3.66 log₁₀ CFU/cm² at pre-evisceration, from 1.73 to 3.34 log₁₀ CFU/cm² at post-evisceration, from 1.81 to 3.30 log₁₀ CFU/cm² at post-final carcass washing, from 1.59 to 3.08 log₁₀ CFU/cm² at post-3 hours carcass chilling. Total coliform counts recovered from pork carcasses of the four slaughtering plants ranged from 0 to 2.03 log₁₀ CFU/cm² at pre-evisceration, from 0

to 1.98 log₁₀ CFU/cm² at post-evisceration, from 1.00 to 2.02 log₁₀ CFU/cm² at post-final carcass washing, from 0 to 2.29 log₁₀ CFU/cm² at post-3 hours carcass chilling. Total coliform counts at post-final carcass washing were increased (p<0.05). Incidence of *Salmonella* spp. ranged from 0 to 20% and that of *Listeria* spp. from ranged from 0 to 5% from pork carcasses of four slaughtering plants. It was found that APC and total coliform counts of pork carcasses, after the application of foamwasher, high pressure-washer with hot water, disinfectant and washing, decreased at most slaughter processing. Hot-(70 to 80°C at the pipe) water washing was also an effective intervention that reduced bacterial contamination. This study concludes, it is possible to choose an effective, inexpensive treatment to reduce bacterial contamination on pork carcasses.

Section 2 : Antibacterial Action of Natural Antimicrobial substance against food-borne pathogenic bacteria

Bacterial safety is one of the major concerns in the marketing of raw pork. Ultraviolet radiation (UV) has shown effective in destroying *Salmonella typhimurium* on pork loins and tender-loins at 2,000 μW · s · cm⁻². Microbiological evaluations of pork loins treated with lactic acid cultures (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ATCC 11454 and *Acetobacter aceti* ATCC 15973 grown in 10% milk solids) and during storage at 4°C were assessed. Pork loins were immersed in solutions for 2 minutes containing 3.96 log units, 4.10 log units, or 4.23 log units of individual lactic acid cultures. The lactic acid cultures had a inhibitory effect on the growth of *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* on the pork loins during storage for 10 days at 4°C. Natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ATCC 11454 or *Acetobacter aceti* ATCC 15973 grown in 2.5~10.0% (w/v) milk

solids were used as a surface sanitizer of refrigerated pork loins and tender-loins. Microbial antagonisms in pork has been proved to extend microbiological shelf-life for 15~20 days of storage at 4°C. Pork loins treated with antimicrobial substances significantly decreased *Salmonella typhimurium* during storage at 4°C. When pork loins are packaged under modified atmosphere including vacuum packaging, Pork loins treated with antimicrobial substances of either *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ATCC 11454 or *Acetobacter aceti* ATCC 15973 grown in 2.5~10.0% skim milk medium for 1~9 min significantly inhibited the growth of *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* compared to control during storage of 15 days at 4°C.

Section 3 : Microbiological Analysis of Refrigerated Pork Treated with Selected Lactic Acid Bacteria

The use of lactic acid cultures to inhibit spoilage and pathogenic bacteria is especially attractive in product such as minimally processed refrigerated pork. Acids produced by Lactic acid bacteria or acetic acid bacteria could lower the pH and contribute to preservation of refrigerated meat. In this study, microbiological, pH and sensory evaluations of pork loins treated with lactic acid cultures (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ATCC 11454 grown in 10% milk solids) during storage at 4°C were assessed. Pork loins were immersed in solutions containing 3.96 log units, 4.10 log units, or 4.23 log units of individual lactic acid cultures for 2 min. Pork loins treated with lactic acid cultures had a inhibitory effect ($P < 0.05$) on the growth of aerobic plate counts (APC) during storage of 3 days at 4°C. Pork loins treated with lactic acid cultures during storage of 3 days at 4°C significantly ($P < 0.05$) decreased pH values compared to those of controls. Sensory evaluations for odor and appearance of pork loins treated with lactic acid

cultures during storage of 9 days at 4°C were a "liked less" to "typical" category compared to those of controls.

Section 4 : Improving Safety of Refrigerated Pork Treated with Natural Antimicrobial Substance

Natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ATCC 11454 or *Acetobacter aceti* ATCC 15973 grown in 2.5~10.0% (w/v) milk solids were used as a surface sanitizer of refrigerated pork loins and tender-loins. Microbial antagonisms in pork has been proved to extend microbiological shelf-life for 15~20 days of storage at 4°C. Pork loins treated with antimicrobial substances significantly decreased gram-negative bacterial counts (GNC) during storage at 4°C, which was sensitivity to the lower levels of pH values. Pork loins treated with antimicrobial substances of either *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ATCC 11454 or *Acetobacter aceti* ATCC 15973 grown in 2.5~10.0% skim milk medium for 1~9 min significantly inhibited the growth of aerobic spoilage bacteria compared to control during storage for 15 days at 4°C. Additionally, the microbiological shelf-life of pork loins treated with antimicrobial substances after reuse of 1~2 times could be extended, compared to those after reuse of 3~4 times during storage of 20 days at 4°C. It is known that antimicrobial action of lactic acid bacteria and acetic acid bacteria is dependent on not only lower pH values but dissociated acid molecules and undissociated acid molecules. Although natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ATCC 11454 or *Acetobacter aceti* ATCC 15973 grown in 2.5% (w/v) milk solids for 24 hrs at 37°C were used as a surface sanitizer of pork loins and tender loins, it was significantly effective for preventing the growth of meat spoilage bacteria. Results indicated that natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*

ATCC 11454 or *Acetobacter aceti* ATCC 15973 grown in 2.5~10.0% (w/v) milk solids could be used as an effective preservative for extending microbiological shelf-life of pork loins or tender loins during storage at 4°C.

CONTENTS

SUMMARY (Korean).....	2
SUMMARY (English).....	12
CONTENTS(Korean).....	19
Chapter 1. Introduction.....	21
Section 1. Objective of this study.....	21
Section 2. Necessity and scope of this study.....	22
Chapter 2. International technical status.....	25
Chapter 3. Experiment scope and results.....	26
Section 1. Experiment scope.....	26
Section 1. Results.....	28
1. Microbial contamination and decontamination on the surface of pork carcasses at different stages of the slaughtering process.....	28
가. Material and Methods.....	28
나. Results.....	36
다. Conclusions.....	44
2. Antibacterial action of natural antimicrobial substance against food-borne pathogenic bacteria	45
가. Material and Methods.....	45
나. Results.....	47
다. Conclusions.....	56
3. Physico-chemical analysis of refrigerated pork after electrical stunning....	57
가. Material and Methods.....	57
나. Results.....	59

다. Conclusions.....	82
4. Chemical and physical analysis of refrigerated pork treated with antimicrobial substances.....	83
가. Material and Methods.....	83
나. Results.....	85
다. Conclusions.....	113
5. Microbiological analysis of refrigerated pork treated with selected lactic acid bacteria.....	115
가. Material and Methods.....	115
나. Results.....	117
다. Conclusions.....	143
6. Improving safety of refrigerated pork treated with natural antimicrobial substances.....	146
가. Material and Methods.....	146
나. Results.....	149
다. Conclusions.....	169
Chapter 4. Attainment of goal and contribution.....	171
Chapter 5. Application plan of results from research Performance.....	175
Chapter 6. References.....	176

목 차

요 약 문.....	2
영문요약문.....	12
영문목차.....	17
제 1 장 연구개발 과제의 개요.....	21
제 1 절 연구개발의 목적과 범위.....	21
제 2 절 연구의 필요성과 범위.....	22
제 2 장 국내외 기술개발 현황.....	25
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과.....	26
제 1 절 연구개발의 내용.....	26
제 2 절 연구개발의 결과.....	28
1. 도축장내 위해인자 제어기술의 탐색.....	28
가. 연구방법 및 설계.....	28
나. 연구결과.....	36
다. 결론.....	44
2. 돼지고기 생산 공정 동안 위해인자 제어기술의 분석.....	45
가. 연구방법 및 설계.....	45
나. 연구결과.....	47
다. 결론.....	56
3. 돼지의 전살법 분석과 이화학적 육질 탐색.....	57
가. 연구방법 및 설계.....	57
나. 연구결과.....	59
다. 결론.....	82

4. 천연항균물질의 이용과 돼지고기 이화학적 분석.....	83
가. 연구방법 및 설계.....	83
나. 연구결과.....	85
다. 결론.....	113
5. 천연항균물질의 선발과 미생물학적 육질 분석.....	115
가. 연구방법 및 설계.....	115
나. 연구결과.....	117
다. 결론.....	143
6. 천연항균물질 이용 위생적 돼지고기 생산기술의 분석.....	146
가. 연구방법 및 설계.....	146
나. 연구결과.....	149
다. 결론.....	169
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도.....	171
제 5 장 연구개발결과의 활용계획.....	175
제 6 장 참고문헌.....	176

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적과 범위

1) 1차년도

구 분	개 발 목 적	연 구 개 발 내 용 및 범 위
1차 연도 (2000년)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 천연항균제의 선발 2. 돼지 전살법의 개발 3. 도축장내의 위해 요인 제어방안 탐색 4. 도체의 위생적 육질 탐색 5. 도체의 이화학적 육질 탐색 6. 돼지고기에 효과적인 UV조사법 개발 	<p>천연항균제의 개발은 <i>Lactococcus</i> spp. 등의 저온유기체로부터 항균력이 우수한 균종을 선발한다. 저압 (200V전후) 및 고압 (500V전후) 전살법의 개발, 도축장내 위해요인의 제어, 세척동안 수온, 청결, 수온 및 도체에 잔존하는 물리적 오염원을 제어하기 위한 위생 및 이화학적 육세척법을 탐색한다. 수출육 포장조건에서 UV조사법에 의한 최종돈육의 잔존 세균수제어를 가능케 한다.</p>

2) 2차년도

구 분	개 발 목 적	연 구 개 발 내 용 및 범 위
2차연도 (2001년)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 천연육보존제 개발 2. 텀블링기법 이용 등심과 안심 가공법의 개발 3. 냉장육의 위생 및 저장안정성 확장 4. 냉장육의 미생물 및 이화학적 분석 5. HACCP system 개발 6. 경제성 평가 	<p>천연유산균 배양액 육보존제, potassium sorbate와 tumbling기법의 개발과 UV조사법의 개발로 최종도체의 생산공정동안 이화학적 저품질육 발생을 제어 한다. 냉장돈육 위생 및 저장 안정성 확장을 위한 미생물 및 이화학적 처리방법을 개발하고 병원성 식중독균제어 효과를 분석 한다. 또한 육색 및 육즙드립제어등에 의한 고품질의 유지, 도체의 물리적 도체 처리기법의 개발을 수행하여 위생적 도체의 생산 및 냉장육 저장 안정성을 확장 한다. 또한 고품질 냉장육 육보존제의 활용기법에 의한 냉장돼지고기 저장기술의 개발과 실용화, 고품질 냉장육의 산업화 및 경제성을 분석 한다.</p>

제 2 절 연구의 필요성과 범위

돼지고기 및 도체의 품질관리기술의 개발은 냉장육의 생산 및 저장동안 고품질 국내산 육의 위생 및 식육안정성을 위한 주요관리점 (CCP)에 해당한다. (주) 만나의 냉장 돼지고기에 대한 적합한 처리 공정 및 기술의 개발이 제대로 이루어지지 않고 있는 현시점에서 현장애로업체 냉장 돈육의 일본 및 기타 해외 수출이 어렵고 소비자에게 상등육으로 인식될 수는 없을 것이다. 기존의 돈도체 처리 공정과 돈육저장기술의 개선이 상업적으로 이루어지지 않을 경우, 국내산 고품질 돈육의 저장 안정성 저하와 이에 따른 저가의 수입육에 대한 경쟁력 저하로 전업 양돈업자의 막대한 경제적 손실을 초래할 수 있기 때문에 이의 신기술개발에 대한 연구가 절실한 시점에 있다. 현재 도체의 유기산 세척법의 이용은 산취, 변색 및 육즙드립의 단점이 있으며 이의 기술적 문제점해결을 위한 신기술의 개발이 요구된다. 또한 연육제품의 신기술개발과 천연보존제의 개발은 (주) 만나 냉장 돼지고기의 부가가치적 상품성에 의한 신기술 혁신을 가능하게 할 수 있다.

1) 기술적 측면

1. (주) 만나의 냉장돼지고기 연육 신제품의 개발과 새로운 천연보존제의 개발에 의한 부가가치적 상품성 향상으로 수출산업화를 극대화 할 필요성이 절실하다.
2. 미생물학적 변화는 외부의 오염이나 식육자체에 존재하는 저온성부패세균 (*PSEudomonas* spp. 등) 및 병원성식중독균 (*Salmonella*, *Listeria*, *Staphylococcus* spp. 등)의 증식을 제어하여 현장애로점을 갖고 있는 (주) 만나의 돼지고기를 위생적으로 생산 및 수출 산업화가 절실히 요구되고 있다.
3. 이화학적변화로서 육색의 변화, 육즙의 유출 (drip loss)과 이에 따른 외관 및 상품성의 감소 및 불포화지방산등 감소로 인하여 품질의 저하가 유발되고 있으며, (주) 만나의 냉장 돼지고기 품질관리가 절실히 요구되고 있다.
4. 도체는 도살직후 많은 오염원에 노출되며 특히 가축의 표피, 장내용물, 도살 중 사용한 기구 및 종업원의 위생은 신선육의 식품안정성 및 위생에 영향을 미치는 주요인

이 될 수 있기 때문에 (주) 만나의 돼지고기 생산동안 위해요인 제어기술의 개발이 수출산업화를 위하여 절실하다.

5. 신선한 냉장돼지고기의 가공, 저장 및 산업화를 위한 위생학적 육저장기술 HACCP와 ISO 9001을 충족하여 새로운 돈육신제품 및 바이오보존제 개발에 의한 상등급 돼지고기 수출 산업화 기술의 개발이 절실하다.

2) 경제, 산업적 측면

1. 부가가치적 상품성을 갖는 새로운 연육제품의 개발과 경제적 상품성을 갖는 천연보존제의 개발에 의한 육생산 및 가공업자의 소득증진을 가능하게 할 수 있다.

2. 돼지고기는 여름철 부패가 쉽고 따라서 경제적 손실이 막대하며 이의 위생적 생산 및 저장기술 개발이 절실히 필요하다.

3. 국민 1인당 육류 소비량은 점차 증가하는 추세이며, 수출 대상국에서 냉장육 수입을 지속적으로 요구하는 추세이기 때문에 냉장돼지고기의 수요는 계속 증가할 것으로 예측되고 있다.

4. 돼지고기 수입개방과 더불어 새로운 가공 기술의 개발에 의한 위생적 냉장 돼지고기의 저장 안정성 확장과 해외 수출을 촉진하여 이의 국제 경쟁력 향상과 육가공업자의 소득증진을 가능하게 할 수 있다.

5. 국내산 돼지고기의 냉장 동안 식육 안정성이 이루어지지 않을 경우, 수입 냉장육의 국내 시장점유율이 증가하여 이의 수출 확대 및 생산기반이 현저히 위축될 것이다.

3) 사회·문화적 측면

1. 국내의 돼지고기 소비과정 동안 식중독 발생 현황은 대부분 여름철에 발생하고 있으며 이점은 위생학적 육세척기술의 개발에 의한 육저장 안정성 향상으로 해결 할 수 있다.

2. 냉장돼지고기 체제로 전환 되면서 최근 소비자에 의한 돼지고기 식품안전성 문제가 크게 대두되어 여름철 육소비의 급격한 감소를 초래하고 있는 실정이다.

3. 냉장돼지고기 소비의 증가 및 서구식 구매방식의 확대는 국내산 냉장육의 육색, 육

증 유출등에 의한 소비자의 기호성이 돼지고기구매에 많은 영향을 미치고 있다.

4. 백화점, 수퍼마켓 등을 통한 서구식 유통구조로의 변화는 장기간 보존성을 요구하나, 장기간의 진열은 식품안정성에 대한 문제제기의 가능성이 점증하고 있다.

5. 따라서 국내 양돈산업의 지속적인 성장을 위해서는 이러한 사회적인 변화에 적응할 수 있도록 안전한 고품질 냉장 돼지고기를 생산하여 수입육과 차별화가 가능한 고품질 돼지고기의 가공이 절실히 요구된다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

새로운 연육제품의 개발과 천연항균제의 개발의 필요성이 국내외적으로 중요하게 제기되고 있으며, 또한 국내의 돼지 도축 및 공정에서 도살방법에 의한 PSE육의 발생이 매우 높게 보고되고 있다. 저온, 중온 및 고온전살 방법의 개발에 의한 육질의 개선이 요구되고 있다. 도살 후 돼지도체의 물리적 그리고 미생물학적 오염물질의 제어 및 적합한 도축 공정의 개발과 위생적 냉장육 세척기술에 대한 실용적 기술의 개발이 미흡한 실정이다. 고품질을 얻을 수 있는 도축공정기술의 개발 및 냉장육 위생적 세척을 위한 천연보존제 및 이화학적 육위생수 처리기술, 연육제품의 개발이 필수적이다. 병원성 식중독을 유발하는 대장균은 분변에 오염된 물에 의하여 전파되며 도살장 및 시설에 *Listeria monocytogenes* 및 *Salmonella* spp. 등의 유해균에 오염될 수 있는 오염된 음수 및 세척수의 접촉을 위생적으로 제어하는 기술, 안전한 식육생산 및 공급을 위한 전과정의 위해분석의 도입과 적용, 여름철 온도상승조건에서 도체의 비위생적 처리 기술등의 해결이 가능 해야 할 것이다. 따라서 전남지역 현장애로업체인 (주) 만나의 고품질 돼지고기 생산 및 저장기술의 개발로 국제기준인 HACCP system 및 ISO 9001의 기준을 충족하여 중소기업체의 기술적 문제점을 해결하므로서 고품질 위생적 돼지고기의 수출산업화를 가능하게 할 수 있을 것이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 연구개발의 내용

1. 도살방법의 개발 및 도체 세척법

현장 애로업체인 (주) 만나의 효과적인 도살방법 (stunning method)으로 저압전살 (150-250V) 및 고압전살법 (450-700V)을 개발하였다. 전살 후 PSE육등의 육질에 미치는 영향을 분석하였다. 물리적 오염물질을 제거하기 위하여 고압처리기를 도입하여 10-90초간 단시간 분사함으로써 식중독균 (*Salmonella* spp.등)과 호기성 육부패균의 오염물질의 위생적 제거를 유도할 수 있을 뿐만 아니라, 잔존하는 세균으로부터 저온성 세균의 증식을 2-3 log CFU/g 까지 유의적으로 감소하였다. 등심과 안심의 표면 위생화방법은 천연육보존제 및 식용 육보존제를 이용한 텀블링법의 도입에 의한 오염물질의 제거기술을 개발하였다.

2. 도축장 HACCP 운영에 적용할 수 있는 CCP를 관리하는 방안 연구

도축장의 청결 즉, 바닥, 기계, 기구, 칼, 도마, 행주 및 종업원의 위생등은 도체의 물리적 교차오염 (cross-contamination)의 차단을 위한 중요 관리점에 해당할 수 있다. 이에 대한 각 CCP를 결정하고 이의 위생관리방안을 개발하였다. 온수의 중온 및 고온조건별 바닥 및 기구 세척, 위생세제를 이용한 세척법, foam 세척법의 개발과 각 단계별 중요 관리점을 설정하였다. 모든 위해 요인을 분석하고 매일 또는 주 2-3회 관리점을 검색하고 기록하며 개선점을 파악하여 조치함으로써 (주) 만나가 생산한 냉장돼지고기의 위생적 품질관리가 가능하도록 하였다.

3. 천연육보존제의 개발

천연육보존제는 농도별 (%) *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454, *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257, *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 및 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200 등의 균을 이용하여 농도별, 육표면 처리방법별 (주) 만나의 냉장 돼지고기 위생 및 저장 안정성 증진을 위한 천연육보존제와 텀블링법의 개발에 의한 냉장 등심과 안심의 가공법을 개발하였다.

4. 등심과 안심의 위생처리 기법

천연육보존제의 이용은 도살후 돼지고기는 운송 및 부적합한 취급 그리고 여름철 및 온도남용조건에서의 냉장등으로 인한 저온성 호기성부패균 및 병원성 식중독균의 대수적 증식을 제어할 수 있다. 냉장동안 도체에 대한 식용 위생물질의 표면위생화법을 개발하여 오염물질을 제거하므로써 이들 유해세균을 위생적으로 제어할 수 있다. 천연육보존제 및 식용보존제조합 텀블링법 (tumbling method)과 UV조사법의 이용으로 육색의 변화, 유즙유출 및 미생물학적 저품질육의 발생을 제어할 수 있다. 텀블링법의 개발은 텀블링시간과 회전속도 (r.p.m.)별 가공육 품질안정성 분석과 UV조사 시간과 선량별 육냉장 및 여름철 온도남용조건 동안 오염미생물의 증식을 억제하고 제거하는데 보다 효과적이며, 보존성을 향상시키므로써 육 저장 안정성을 가능하게 할 수 있다.

제 2 절 연구개발의 결과

1. 제 1 세부과제: 돼지고기 위해인자 제어기술의 개발

가. 도축장내 위해인자 제어기술의 탐색

1) 연구방법 및 설계

가) 도축장 선정 및 시료채취

돼지 도축장에서 작업된 돼지 도체 표면의 미생물 오염 정도를 평가하고, 미생물 오염을 최소화하는 방안을 모색하고자 이 연구를 실시하였다. 현장애로업체인 (주) 만나 도축장과 비교 대상 도축장으로 전남지역에서 대일 수출돈육 작업장이었던 4곳의 돼지 도축장을 선정하였는데, A 도축장은 규모면에서 가장 크고 시설 면에서도 가장 발달되어 있었고 돼지 도축 규모는 1일 700-800두 정도였다. B, D 도축장은 B는 돼지 도축 규모가 1일 100두 정도, D는 1일 100두 미만의 소규모 작업장이었고 시설 면에서도 노후되어 있었지만 B 도축장의 경우 작업장을 최종세척 전까지의 비위생구역과 최종세척부터의 위생구역으로 분리·구획하여 작업하고 있었다. C 도축장은 돼지 도축 규모가 1일 400-500두 정도였고 시설 면에서는 노후된 부분도 있었지만 도축 공정 곳곳에 도축 기구의 세척 시설을 두고 수시로 작업원들이 기구 세척을 실시하는 등 가장 위생적으로 작업이 이뤄지고 있었다. D 도축장은 현장애로업체인 (주) 만나 도축장이었다.

재료의 채취는 각 작업장에서 내장적출 전, 내장적출 후, 최종세척 후, 예냉 3시간후의 공정별 (그림 1-1 - 1-4) 4단계에 걸쳐서 채취하였고, 2000년 9월부터 7월 사이 각 도축장별, 공정별로 3마리씩 3회 채취하여 12회에 걸쳐 채취하였다. 재료를 채취한 도축장의 도축공정은 그림 1-4와 같았다.

채취 방법은 내장적출 전, 내장적출 후, 최종세척 후, 예냉 3시간 후의 도체들에서

전지 어깨부위에 시료채취 틀을 대고 각 10 cm×10 cm면적에 대하여 멸균된 거즈 (10 cm×10 cm, 0.1% 멸균된 Peptone Water 10 ml 포함)로 가로와 세로로 잘 문지른 후 다시 멸균된 지퍼백에 넣어 실험재료를 채취하였다. 채취한 시료는 아이스팩이 담긴 아이스박스에 넣어 4℃를 유지하면서 4시간 이내에 실험실로 운반하여 실험하였다.

또한 세척 및 소독제를 이용한 거품세척기 및 고압온수세척기를 적용시킨 후의 미생물들의 오염도를 비교하기 위하여 방혈 후, 내장적출 후, 최종세척 후, 예냉 3시간후의 4단계에서 적용 전과 후에 동일한 방법으로 시료를 채취하여 운반, 실험하였다.

나) 실험방법

각 공정별로 채취한 시료에 각각 0.1% 멸균된 peptone water (DIFCO, Detroit, USA)를 25 ml씩 넣고 120초간 stomacher (Seward, Tekmar, England)에 넣고 분쇄시켰다. 시료 1 ml을 취하여 적합한 농도로 세균수를 희석하여 실험에 사용하였다. *Salmonella* 와 *Listeria* 균의 검출을 위해서는 재료를 균질화한 다음 37℃에서 6시간 동안 pre-incubation 시켜 사용하였다.

(1) 총호기성세균 (Aerobic Plate Count)

실험재료와 멸균된 0.1% peptone water가 잘 혼합된 내용물에서 50 μ l를 취하여 plate count agar (DIFCO, Detroit, USA)에 접종하여 37℃에서 24-48시간 배양시킨 후, 배지상에서 관찰되는 집락수를 계수한 뒤 Log_{10} CFU/cm²으로 환산하여 표시하였다. 모든 시료는 동일한 배지에 2회 도말하여 계수된 집락수를 평균값으로 계산하였다.

(2) 대장균군 (Coliform)

실험재료와 멸균된 0.1% peptone water가 잘 혼합된 내용물에서 50 μ l를 취하여 MacConkey agar (DIFCO, Detroit, USA)에 접종하여 37℃에서 24-48시간 배양시킨

후, 배지상에서 관찰되는 집락수를 계수 한 뒤 Log_{10} CFU/cm²으로 환산하여 표시하였다. 모든 시료는 동일한 배지에 2회 도말하여 계수된 집락수를 평균값으로 계산하였다.

(3) *Salmonella* spp.

6시간 pre-incubation시킨 내용물 1 ml을 10 ml의 Selenite Cystine Broth (DIFCO, Detroit, USA)에 접종하여 37°C에서 18시간 배양시킨 다음 증균배양한 Selenite Cystine Broth에서 50 μ l를 *Salmonella*균 선택배지인 Xylose lysine tergitol 4 agar (Merck, Darmstadt, Germany)에 접종하여 37°C에서 24-48시간동안 배양시킨 후, 배지상의 집락수를 계수한 뒤 Log_{10} CFU/cm²으로 환산하여 표시하였다. 모든 시료는 동일한 배지에 2회 도말하여 계수된 집락수를 평균값으로 계산하였다.

(4) *Listeria* spp.

6시간 pre-incubation시킨 내용물 1 ml을 10 ml의 listeria enrichment broth (DIFCO, Detroit, USA)에 접종하여 37°C에서 18시간 배양시킨 다음 증균배양한 listeria enrichment broth에서 50 μ l를 *Listeria*균 선택배지인 PALCAM agar (Merck, Darmstadt, Germany)에 접종하여 37°C에서 24-48시간동안 배양시킨 후, 배지상의 집락수를 계수한 뒤 Log_{10} CFU/cm²으로 환산하여 표시하였다. 모든 시료는 동일한 배지에 2회 도말하여 계수된 집락수를 평균값으로 계산하였다.

(5) 통계 분석

세균수는 분석 전에 Excel Software (Microsoft Corp., Redmond, Wash.)를 이용하여 log수치로 환산하였고, SAS program의 Student's *t* test를 사용하여 공정간의 결과 차이를 분석하였다.

다) 도축공정별 오염 인자 탐색과 중요관리점 (CCP) 결정

현장참여업체 (주) 만나의 도체처리공정의 미생물학적 위해요소를 분석하였다. 돈육 처리과정동안의 방혈 후, 탕박 후, 내장적출 후, 1차 세척 후, 2차 세척 후, 예냉 전, 예냉 후, 내장적출선반, 가공실 선반등으로 구분하여 단계별로 수행하였다. 즉, ① 탈모후 위해요인 분석 ② 두족절단후 위해요인 분석 ③ 내장적출후 위해요인 분석 ④ 예냉동안 위해요인 분석 및 가공 공정별 위해요인을 분석하고 중요관리점을 결정하였다.

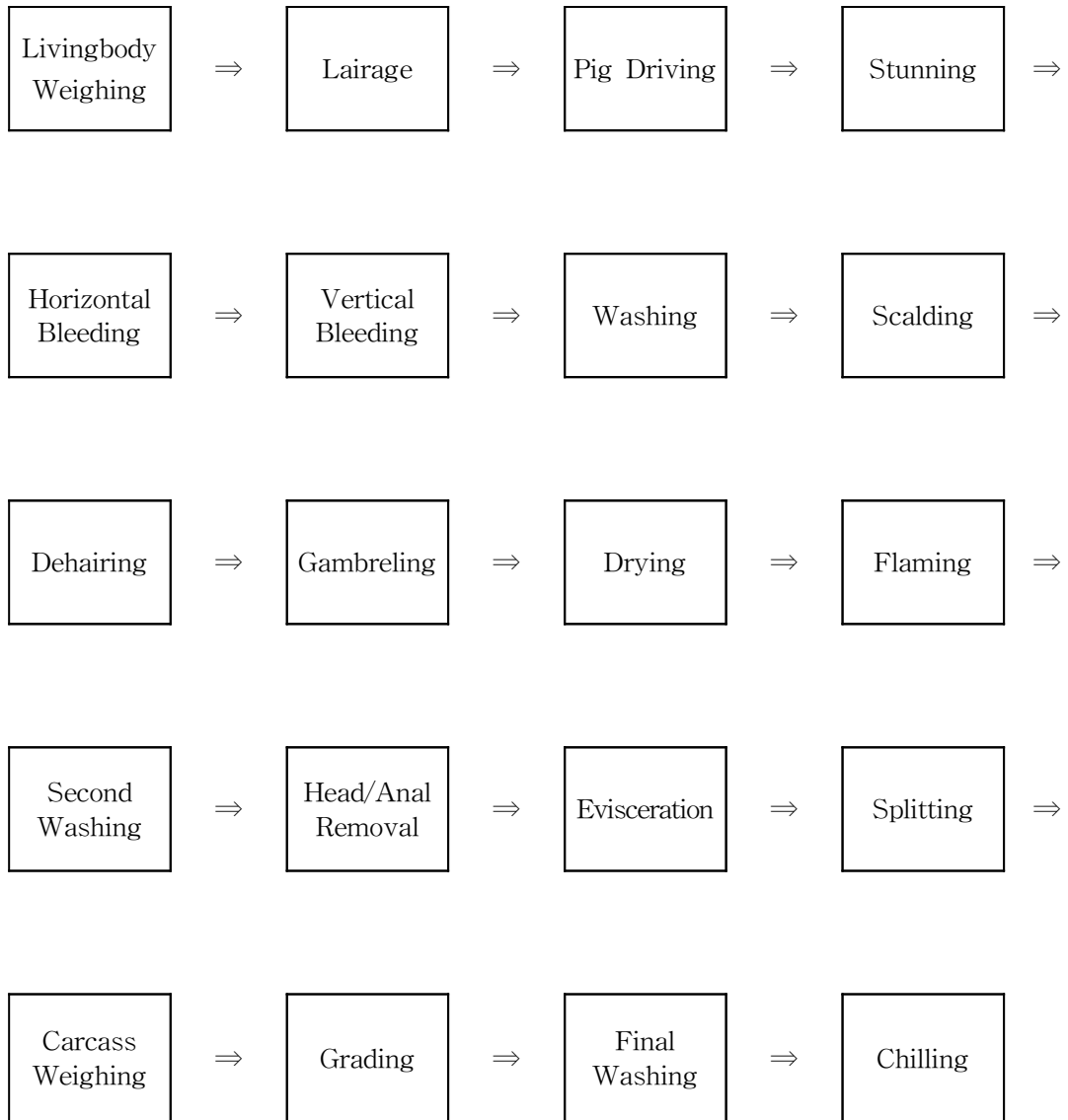


Fig. 1-1. Dressing operations of the slaughterhouse A.

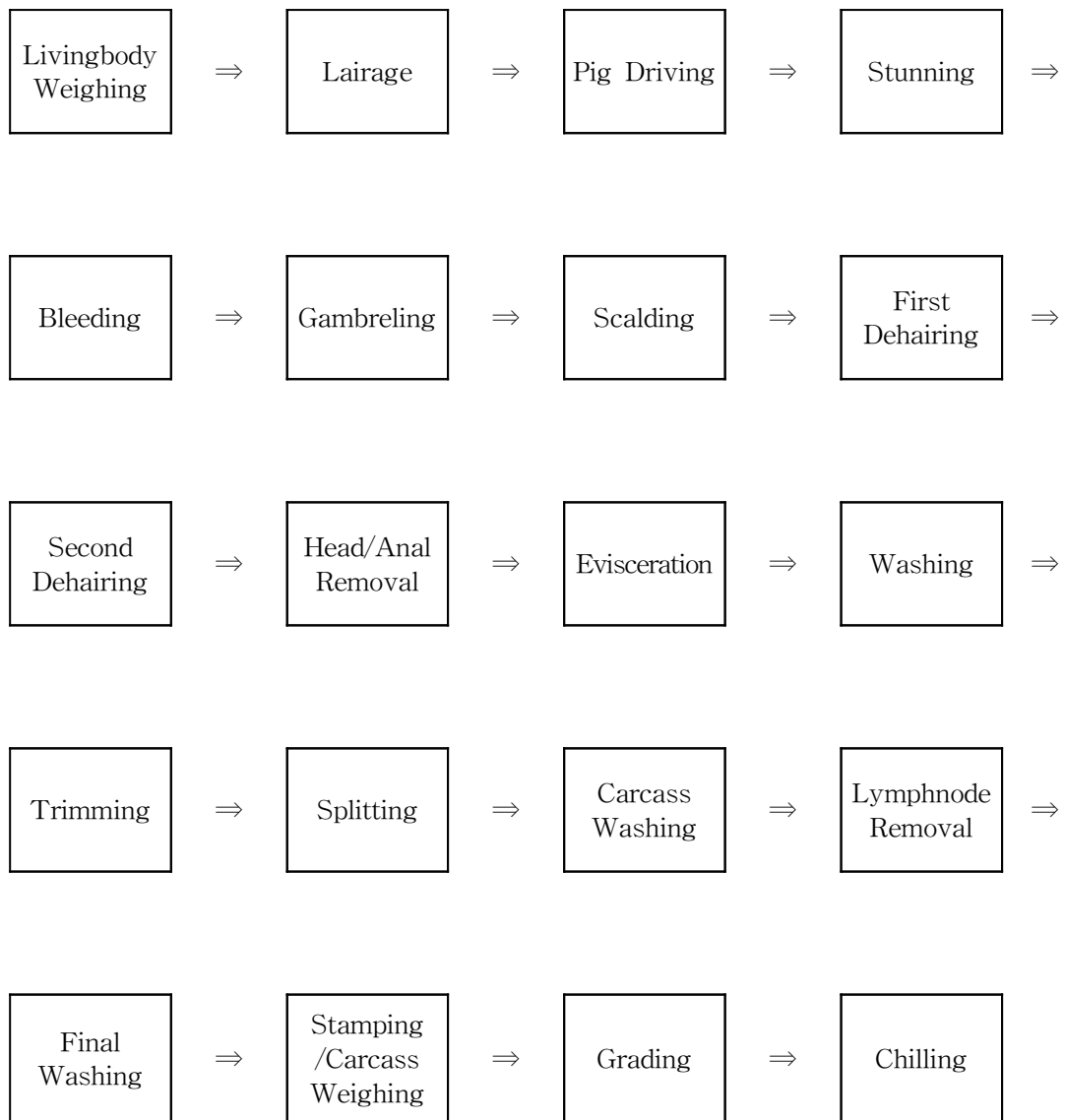


Fig. 1-2. Dressing operations of the slaughterhouse B.

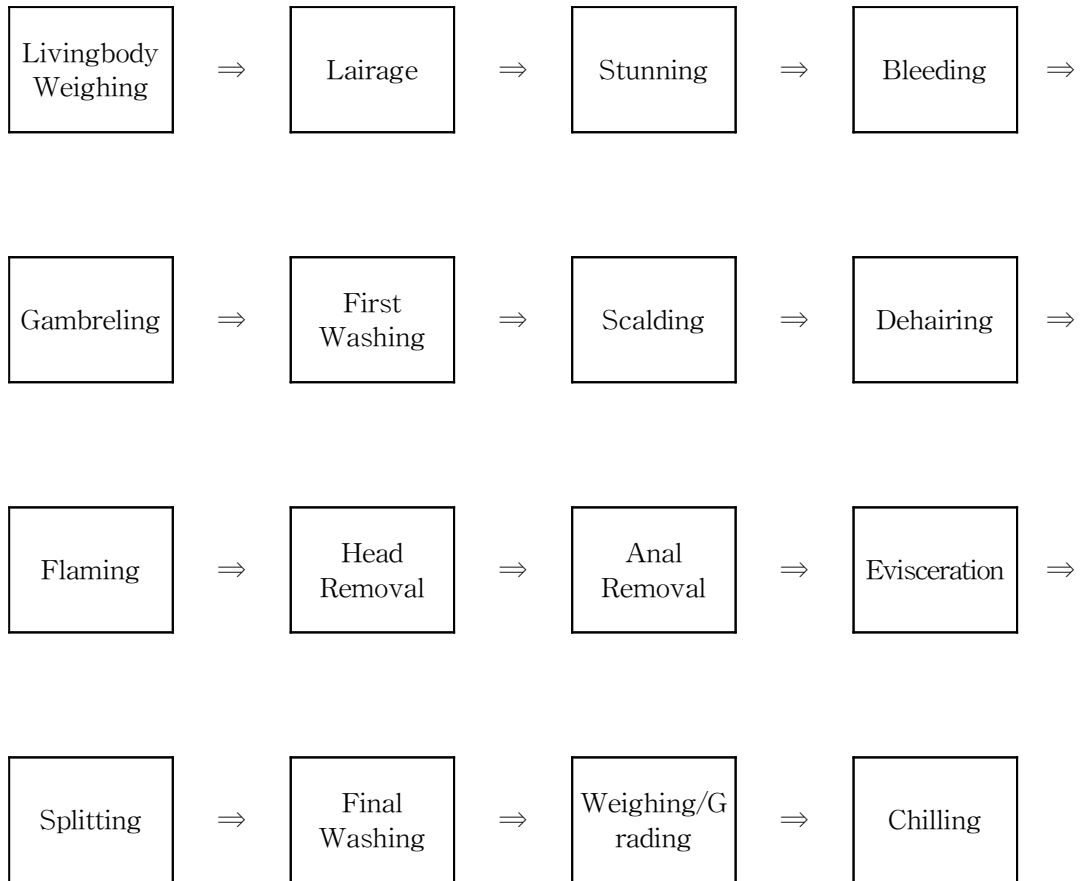


Fig. 1-3. Dressing operations of the slaughterhouse C.

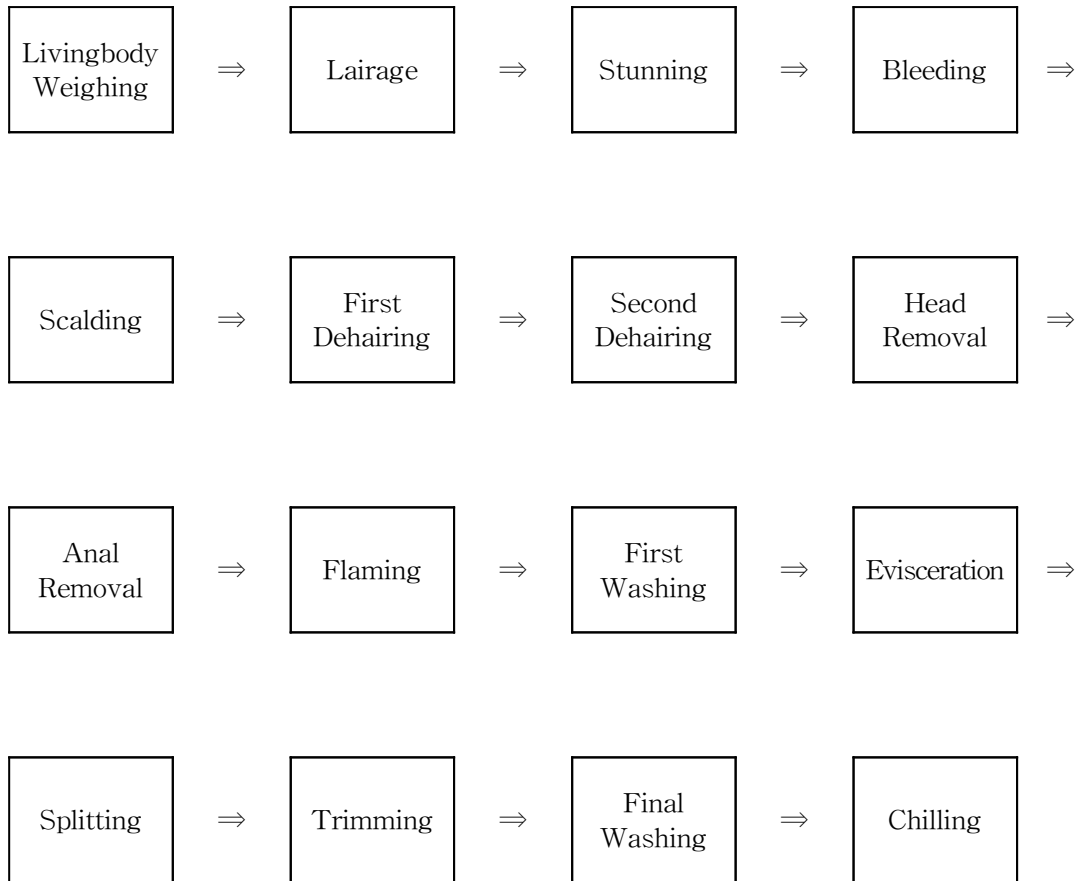


Fig. 1-4. Dressing operations of the slaughterhouse D.

2) 연구결과

가) 도축장별 미생물 오염도

도축장별 도체표면의 오염도를 조사하기 위해 현장애로업체인 (주) 만나 도축장을 포함하여 전남지역 4개 돼지 도축장의 내장적출 전, 내장적출 후, 최종세척 후, 예냉 3시간 후의 도체에서 시료를 채취한 후 호기성균, 대장균군, *Salmonella* spp.를 검사한 도축장별 결과는 표 1-4와 같다.

(1) 도축장 A의 미생물 오염도

도축장 A에서 내장적출 전, 내장적출 후, 최종세척 후, 예냉 3시간 후의 공정에서 호기성균, 대장균군, *Salmonella* spp.를 검사한 결과는 표 1-1과 같다. 이 작업장의 호기성균수는 평균 2.27-3.66 log₁₀ CFU/cm²로 나타났으며 도축공정이 진행됨에 따라 감소를 보여 (p<0.05) 예냉 3시간 후에 가장 낮은 수치를 보였다. 대장균군수는 평균 0-2.03 log₁₀ CFU/cm²를 보였고 예냉 3시간 후에는 검출되지 않았으며 내장적출 후에 감소하고 최종세척 후에는 오히려 대장균군수가 증가하였다 (p<0.05).

Table 1-1. Microbial numbers on the surface of pig carcasses in slaughterhouse A

Slaughtering Process	log ₁₀ CFU/cm ²		
	Aerobic Plate Count	Coliform	<i>Salmonella</i> spp. (No. of Positive samples)
Before Evisceration	3.66±0.05 ^a	2.03±0.29	1
After Evisceration	3.34±0.10	1.45±0.04	2
After Final washing	3.09±0.03	1.74±0.21	1
After 3 hours chilling	2.27±0.14	ND ^b	ND

^aMean±SD.

^bND; not detected.

Salmonella spp.의 검출률은 공정별로 내장적출 전 10%, 내장적출 후 20%, 최종세척 후 10%로 검출되었고 예냉 3시간 후에는 검출되지 않았다. *Listeria* spp.는 2.5%의 검출률을 보였고 내장적출전 공정에서만 검출되었다.

(2) 도축장 B의 미생물 오염도

도축장 B에서 내장적출 전, 내장적출 후, 최종세척 후, 예냉 3시간 후의 공정에서 호기성균, 대장균군, *Salmonella* spp.를 검사한 결과는 표 1-2와 같다. 이 작업장의 호기성균수는 평균 1.81-2.61 log₁₀ CFU/cm²로 나타났으며 도축공정이 진행됨에 따라 감소를 보여 (p<0.05) 최종세척 후, 예냉 3시간 후에 가장 낮은 수치를 보였다. 대장균군수는 평균 0.85-1.23 log₁₀ CFU/cm²로 나타났으며 내장적출 후와 최종세척 후에는 증가하고 예냉 3시간 후에는 감소하였다 (p<0.05). *Salmonella* spp.의 검출률은 공정별로 내장적출 전 10%, 내장적출 후 10%, 최종세척 후 10%로 검출되었고 예냉 3시간 후에는 검출되지 않았다. *Listeria* spp.는 이 작업장에서는 검출되지 않았다.

Table 1-2. Microbial numbers on the surface of pig carcasses in slaughterhouse B

Slaughtering Process	log ₁₀ CFU/cm ²		
	Aerobic Plate Count	Coliform	<i>Salmonella</i> spp. (No. of Positive samples)
Before Evisceration	2.61±0.11 ^a	0.85±0.06	1
After Evisceration	2.11±0.03	1.00±0.08	1
After Final washing	1.81±0.48	1.23±0.04	1
After 3 hours chilling	1.81±0.48	1.08±0.12	ND ^b

^aMean±SD.

^bND; not detected.

(3) 도축장 C의 미생물 오염도

도축장 C에서 내장적출 전, 내장적출 후, 최종세척 후, 예냉 3시간 후의 공정에서 호기성균, 대장균군, *Salmonella* spp.를 검사한 결과는 표 1-3과 같다. 이 작업장의 호기성균수는 평균 1.59-2.58 log₁₀ CFU/cm²로 나타났으며 최종세척 후에는 오히려 세균수가 증가하였고 (p<0.05) 예냉 3시간 후에 가장 낮은 수치를 보였다. 대장균군은 평균 0-1 log₁₀ CFU/cm²로 나타났으며 최종세척 후에서만 검출되어 4개 작업장에서 대장균군이 가장 낮게 검출되었다. *Salmonella* spp.와 *Listeria* spp. 모두 이 작업장에서는 검출되지 않았다.

Table 1-3. Microbial numbers on the surface of pig carcasses in slaughterhouse C

Slaughtering Process	log ₁₀ CFU/cm ²		
	Aerobic Plate Count	Coliform	<i>Salmonella</i> spp. (No. of Positive samples)
Before Evisceration	2.58±0.28 ^a	ND ^b	ND
After Evisceration	1.73±0.61	ND	ND
After Final washing	1.99±0.24	1.00±0.15	ND
After 3 hours chilling	1.59±0.37	ND	ND

^aMean±SD.

^bND; not detected.

(4) 도축장 D의 미생물 오염도

현장애로업체인 (주) 만나 도축장 D에서 내장적출 전, 내장적출 후, 최종세척 후, 예냉 3시간 후의 공정에서 호기성균, 대장균군, *Salmonella* spp.를 검사한 결과는 표 1-4와 같다. 이 작업장의 호기성균수는 평균 3.08-3.30 log₁₀ CFU/cm²로 나타났으며 공정에 따른 수치의 변화가 거의 나타나지 않았으나 (p<0.05) 예냉 3시간 후에 가장 낮

은 수치를 보였고 4개 작업장 중 전체적으로 가장 높은 수치를 보였다. 대장균군은 평균 1.92-2.29 log₁₀ CFU/cm²로 나타났으며 공정이 진행됨에 따라 증가하였고(p<0.05), 호기성균수와 마찬가지로 4개 작업장 중 전체적으로 가장 높은 수치를 보였다. *Salmonella* spp.는 공정별로 내장적출 전 10%, 내장적출 후 20%, 최종세척 후 20%로 검출되었고 예냉 3시간 후에는 30%로 검출되었다. *Listeria* spp.는 5%의 검출률을 보였고 내장적출 전, 최종세척 후의 공정에서 검출되었다.

Table 1-4. Microbial numbers on the surface of pig carcasses in slaughterhouse D

Slaughtering Process	log ₁₀ CFU/cm ²		
	Aerobic Plate Count	Coliform	<i>Salmonella</i> spp. (No. of Positive samples)
Before Evisceration	3.28±0.24 ^a	1.92±0.48	1
After Evisceration	3.26±0.18	1.98±0.10	2
After Final washing	3.30±0.12	2.02±0.28	2
After 3 hours chilling	3.08±0.42	2.29±0.66	3

^aMean±SD.

나) 도축공정별 미생물 오염도

도체표면의 오염도 변화를 관찰하기 위해 전남지역 4개 돼지 도축장의 도축공정의 각 단계들과 작업장평면도를 작성하고 내장적출 전, 내장적출 후, 최종세척 후, 예냉 3시간 후의 도체에서 시료를 채취한 후 호기성균, 대장균군을 검사한 도축공정별 미생물 오염도 평가 결과는 표 1-5 - 1-6과 같다.

(1) 총호기성세균 (Aerobic Plate Count)

전남지역 4개 도축장에서 도축공정별로 호기성균수를 조사한 결과는 표 1-5와 같다.

4개 도축장의 호기성균수는 내장적출 전에 평균 2.58-3.66 log₁₀ CFU/cm²으로 나타났으며, A 도축장에서 수치가 가장 높았고 C 도축장에서 가장 낮게 검출되었다(p<0.05). 내장적출 후에는 1.73-3.34 log₁₀ CFU/cm²으로 나타났으며, A 도축장에서 수치가 가장 높았고 C 도축장에서 가장 낮게 검출되었다 (p<0.05). 최종세척 후에는 1.81-3.30 log₁₀ CFU/cm²으로 나타났으며, D 도축장에서 수치가 가장 높았고 B 도축장에서 가장 낮게 검출되었다 (p<0.05). 예냉 3시간 후에는 1.59-3.08 log₁₀ CFU/cm²으로 나타났으며, D 도축장에서 수치가 가장 높았고 C 도축장에서 가장 낮게 검출되었다 (p<0.05).

Table 1-5. Aerobic plate counts on the surface of pig carcasses at four stages of the slaughtering process in four pig slaughterhouses

Slaughterhouse	log ₁₀ CFU/cm ²			
	before evisceration	after evisceration	after final washing	after 3 hours chilling
A	3.66±0.05 ^a	3.34±0.10	3.09±0.03	2.27±0.14
B	2.61±0.11	2.11±0.03	1.81±0.48	1.81±0.48
C	2.58±0.28	1.73±0.61	1.99±0.24	1.59±0.37
D	3.28±0.24	3.26±0.18	3.30±0.12	3.08±0.42

^aMean±SD.

(2) 대장균군 (Coliform)

전남지역 4개 도축장에서 도축공정별로 대장균군수를 조사한 결과는 표 1-6과 같다. 4개 도축장의 대장균군수는 내장적출 전에 평균 0-2.03 log₁₀ CFU/cm²으로 나타났으며, A 도축장에서 수치가 가장 높았고 C 도축장에서는 검출되지 않았다 (p<0.05). 내장적출 후에는 0-1.98 log₁₀ CFU/cm²으로 나타났으며, D 도축장에서 수치가 가장 높았고 C 도축장에서는 검출되지 않았다. (p<0.05) 최종세척 후에는 1.00-2.02 log₁₀ CFU/cm²으로

나타났으며, D 도축장에서 수치가 가장 높았고 C 도축장에서 가장 낮게 검출되었다 ($p < 0.05$). 예냉 3시간 후에는 0-2.29 \log_{10} CFU/cm²으로 나타났으며, D 도축장에서 수치가 가장 높았고 C 도축장에서는 검출되지 않았다 ($p < 0.05$).

Table 1-6. Coliform numbers on the surface of pig carcasses at four stages of the slaughtering process in four pig slaughterhouses

Slaughterhouse	\log_{10} CFU/cm ²			
	before evisceration	after evisceration	after final washing	after 3 hours chilling
A	2.03±0.29 ^a	1.45±0.04	1.74±0.21	ND ^b
B	0.85±0.06	1.00±0.08	1.23±0.04	1.08±0.12
C	ND	ND	1.00±0.15	ND
D	1.92±0.48	1.98±0.10	2.02±0.28	2.29±0.66

^aMean±SD.

^bND; not detected

(3) *Salmonella* spp.와 *Listeria* spp.

전남지역 4개 도축장에서 도축과정별로 *Salmonella* spp.를 검사한 결과 내장적출 전에는 A, B, D 도축장에서 10%의 검출률을 보였고 C 도축장에서는 검출되지 않았다. 내장적출 후에는 D 도축장에서 20%, A, B 도축장에서 10%로 검출되었고, C 도축장에서는 검출되지 않았다. 최종세척 후에도 D 도축장에서 20%, A, B 도축장에서 10%로 검출되었고, C 도축장에서는 검출되지 않았다. 예냉 3시간 후에는 D 도축장에서만 30%로 검출되었고 나머지 도축장에서는 검출되지 않았다.

전남지역 4개 도축장에서 도축과정별로 *Listeria* spp.를 검사한 결과 내장적출 전에는 A, D 도축장에서만 10%로 검출되었고 B, C도축장에서는 검출되지 않았다. 내장적

출 후에는 모든 도축장에서 검출되지 않았고, 최종세척 후에는 D 도축장에서만 10%로 검출되었다. 예냉 3시간 후에도 모든 도축장에서 검출되지 않았다.

다) 도축공정별 오염 인자 탐색과 중요관리점 (CCP) 결정

(주) 만나 도축장 (D 도축장)을 대상으로 하여 도축공정에 따른 육표면에 존재하는 총호기성세균과 식중독의 원인균이 될 가능성이 있는 균들의 분포상태를 도축공정별로 5마리씩 3회 조사한 결과는 표 1-7과 같다. 호기성균들이 약 4-5 Log₁₀ CFU/g 검출되었고, *Listeria* 균의 경우 내장적출 선반과 내장적출 후를 제외한 전공정에서 검출되었으며, *Salmonella* 균은 탕박 후와 2차 세척을 마친 돼지도체를 제외한 전 과정에서 검출되었다. 대장균군도 전 과정에 걸쳐 검출되었다. 이와 같이 (주) 만나 시행되고 있는 도축공정 전 과정과 가공공정의 돈육들에 식중독의 원인이 될 가능성이 있는 균들이 많이 오염되어 있음을 알 수 있었다. 그래서 (주) 만나 도축장의 도축공정 가운데 방혈 후, 탕박 후, 내장적출 후, 1차 세척 후, 2차 세척 후, 예냉 전, 예냉 후, 내장적출선반 및 가공실 선반들을 중요관리점 (CCP)으로 결정하였다.

Table 1-7. Means of bacterial counts, sampling location and porks obtained at each processing plant

	Total aerobic bacteria	<i>Listeria spp.</i>	<i>Salmonella spp.</i>	Coliform
After bleeding	5.45±0.67 ^a	2.81±0.25	3.28±0.39	3.28±0.48
After scalding	4.26±0.63	2.85±0.32	ND	2.18±0.47
After eviscerating	4.48±0.53	ND ^b	1.85±0.18	2.00±0.15
After washing I	4.32±0.82	4.19±0.48	4.19±0.56	1.94±0.12
After washing II	3.86±0.59	2.88±0.74	2.85±1.00	2.05±0.34
Before chill	3.68±0.38	3.55±0.58	ND	1.87±0.23
After chill	3.93±0.64	4.44±0.53	2.59±0.75	2.18±0.47
Eviscerating plant	4.96±0.61	ND	3.71±0.86	1.75±0.21
Packaging	4.47±0.46	4.71±0.65	3.52±0.67	2.72±0.55

^a Means of 3 replications (Mean±deviation)

^bND = none detected

라) 세척 및 소독제 적용에 따른 미생물 오염도

세척 및 소독제를 이용한 거품세척기 및 고압온수세척기를 적용시킨 후의 미생물들의 오염도를 비교하기 위하여 방혈 후, 내장적출 후, 최종세척 후, 예냉 3시간 후의 미생물 오염도를 비교하였는데 그 결과는 표 1-8과 같다. 호기성세균과 대장균군은 대부분의 공정에서 세척·소독 후 감소하였지만 ($p<0.05$) 예냉 3시간 후의 공정에서는 오히려 증가하였다 ($p<0.05$).

Table 1-8. Microbial numbers from the surface of pig carcasses and equipment before and after washing and disinfection

Slaughtering Process	Before		After	
	APC	Coliform	APC	Coliform
after bleeding	5.19±0.68 ^a	3.23±0.40	4.28±0.23	2.72±0.61
after evisceration	4.29±0.59	1.95±0.14	4.15±0.11	1.55±0.14
after washing	3.90±0.50	2.59±0.48	3.31±0.37	2.28±0.19
after chilling	4.17±0.83	2.82±0.78	4.33±0.42	3.56±0.47

^aMean±SD of log₁₀ counts

3) 결론

(주) 만나 도축장에서는 호기성균들이 약 4~5 Log₁₀ CFU/g 검출되었고, *Listeria* 균의 경우 내장적출 선반과 내장적출 후를 제외한 전 공정에서 검출되었으며, *Salmonella* 속균은 탕박 후와 2차 세척을 마친 돼지도체를 제외한 전 과정에서 검출되었다. 대장균군도 전 과정에 걸쳐 검출되었다. 그래서 (주) 만나 도축장의 도축공정 가운데 방혈 후, 탕박 후, 내장적출 후, 1차 세척 후, 2차 세척 후, 예냉 전, 예냉 후, 내장적출선반 및 가공실 선반들을 중요관리점 (CCP)으로 결정하고 매일 또는 주 2-3회 관리점을 검색하고 기록하며 개선점을 파악하여 조치함으로써 (주) 만나가 생산한 냉장돼지고기의 위생적 품질관리가 가능하도록 하였다.

나. 돼지고기 생산과정 동안 위해인자 제어기술의 분석

1) 연구방법 및 설계

냉장육 시료는 (주) 만나, 돼지고기 가공업체, 백화점 및 단위시장으로부터 각각 500g의 부위별 (등심 및 안심) 1,500kg을 구입하여 공시육으로 사용하였다. 돼지도체는 각 5개의 처리구로하여 처리구당 5마리의 돼지를 사용하였다. 천연육보존제는 *Lactococcus* spp 등의 유산균을 최적온도에서 배양 후 형성된 물질을 도체에 적용하고 항균력 분석을 실시하였다. 도축과정별 즉, 박피 후, 두족절단 후, 내장적출 후, 2분도체, 최종세척 및 예냉과정동안 농도 (%)별 위생수의 세척기법 이용전후 냉장육의 병원성세균의 분석을 실시하였다. 각 처리구에 대한 병원성균의 미생물학적 변화등을 냉장조건별, 온도남용조건별, 저장기간별로 하여 조사하였다. UV조사법 (본 연구원이 특허출원중)을 이용하여 부분 육제품의 병원성세균수를 유의적으로 감소하도록 실시하였다.

가) 천연육보존제의 적용

협동연구기관에서 선발한 *Lactococcus lactis* subsp. *lactic* ATCC 11454 등의 균종을 Brain heart infusion agar (Difco) 배양 및 skim milk 배지에 0.2%를 접종하여 500~1000 ml 단위의 mother cultures를 실시하였다. 각 항균력은 25~50 g 단위 육시료를 텀블링 조합기법으로 처리하고 저온균에 대하여 0~10°C 냉장조건별로 조사하였다.

나) 도축과정별 오염 인자 탐색과 중요관리점 (CCP) 결정

현장참여업체 (주) 만나의 도체처리공정의 미생물학적 위해요소를 분석 하였다. 돈육 처리과정동안의 방혈 후, 탕박 후, 내장적출 후, 1차 세척 후, 2차 세척 후, 예냉 전, 예냉 후, 내장적출선반, 가공실 선반등으로 구분하여 단계별로 수행하였다. 즉 ① 탈모후 위해요인 분석 ② 두족절단후 위해요인 분석 ③ 내장적출후 위해요인 분석 ④

예냉동안 위해요인 분석 및 가공 공정별 위해요인을 분석하고 중요관리점을 결정하였다.

다) UV조사법의 적용

본 연구원이 돼지고기 저장 안정성 증진을 목적으로 자체 개발한 UV조사법은 광의 육표피 침투가 낮고 도축공정에 적용후 영구적으로 사용할 수 있는 방법으로서 (주) 만나에서 생산한 돼지고기의 병원성세균의 증식제어를 분석하였다. UV조사기 (본 연구책임자, 특허출원중) 는 높이 80cm : 가로 70cm : 폭 60cm의 크기로하여 상,하,좌 및 우에 각 40W UV lamp를 2개씩 설비 (총 8개 부착) 하였다.

라) 병원성균 분석 및 제어기술

(주) 만나 도축장을 대상으로 하여 도체표면에 존재하는 살모넬라 및 리스테리아균, 포도상구균 및 대장균 등을 분석하였다. 채취한 재료와 동량의 1% peptone water를 zipper bag에 넣고 표준세척법 (Standard Rinse Method)에 준하여 50회이상 좌우로 잘 흔들면서 육표면 또는 거즈의 미생물을 제거하였다. 계수와 관찰을 용이하게 하기 위해 상층액을 취하여 0.1% peptone water에 10^{-1} 또는 10^{-2} 까지 희석하여 실험에 사용하였다. *Salmonella*와 *Listeria*균의 검출을 위해서는 먼저 표준세척법을 실시한 다음 37°C에서 6시간동안 pre-incubation시켜 사용하며, 도축장에서 채취한 실험재료의 처리도 동일한 방법으로 실시하였다.

(1) 총호기성균

실험재료와 멸균된 0.1% peptone water가 잘 혼합된 내용물에서 50 μ l를 취하여 Plate count agar에 접종하여 37°C에서 24-48시간 배양시킨 후, 배지상에서 관찰되는 집락수를 계수한 뒤 Log_{10} CFU/g으로 환산하여 표시하였다. 모든 시료는 동일한 배지에 2회 도달하여 계수된 집락수를 평균값으로 계산하였다.

(2) *Salmonella* spp.

6시간 pre-incubation시킨 내용물 1 ml을 10 ml의 selenite cystine broth에 접종하여 37°C에서 24시간 배양시켰다. 증균배양한 selenite cystine broth 50 μ l를 *Salmonella* 균 선택배지인 XLT-4 agar에 접종하여 37°C에서 24-48시간동안 배양시킨 후, 배지상의 colony를 관찰하였다.

(3) *Listeria* spp.

6시간 Pre-incubation시킨 내용물 1 ml을 10 ml의 *Listeria* enrichment broth에 접종하여 37°C에서 24시간 배양하였다. 증균배양한 *Listeria* enrichment broth 50 μ l를 *Listeria*균 선택배지인 PALCAM agar에 접종하여 37°C에서 24-48시간동안 배양한 다음 *Listeria*균으로 추정되는 colony를 blood agar에 접종하여 용혈성이 나타나면 *Listeria monocytogenes*로 진단하였다.

(4) *Staphylococcus* spp.

실험재료와 1% peptone water가 잘 혼합된 내용물에서 50 μ l를 취하여 선택배지인 Baird-Parker agar에 접종하여 37°C에서 24-48시간 배양시킨 후, 배지상에서 관찰되는 집락수를 계수하였다.

2) 연구결과

가) 돼지고기에 UV조사법 적용후 병원성 식중독균에 대한 항균효과

식중독의 원인균이 될 가능성이 있는 균들이 (주) 만나 도축과정 전반에 걸쳐 검출

되어 (주) 만나에서 생산되는 돼지고기 저장 안정성 증진을 목적으로 자체 개발한 UV조사법을 (주) 만나에서 생산한 돼지고기에 적용한 후 *Salmonella* 및 *Listeria*균, 포도상구균의 검출 상황을 비교한 결과 *Listeria*속균과 포도상구균에는 제어효과를 발휘하지 못하였으나 *Lactococcus lactis* 균주 탈지분유 배양액처리에 의해 제어가 되지 못한 *Salmonella* 속균의 증식은 억제되었다 (표 1-9 ~ 표 1-11).

Table 1-9. Mean of *Staphylococcus spp.* counts of pork loins treated with ultraviolet radiation during storage at 4°C

Days	Treatment	Ultraviolet radiation time			
	Control	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
1 day	4.15±0.42 ^a	3.37±0.16	3.15±0.42	3.27±0.35	2.93±0.15
3 days	3.65±0.04	3.33±0.18	2.98±0.41	2.96±0.18	2.77±0.31
6 days	3.09±0.49	3.22±0.23	3.19±0.15	2.89±0.18	2.99±0.24
9 days	3.70±0.38	3.67±0.22	3.77±0.52	3.77±0.52	3.79±0.32
12 days	5.54±0.14	5.42±0.15	5.32±0.36	5.38±0.08	4.94±0.16

^aData are the mean CFU ± the standard deviation.

Table 1-10. Mean of *Listeria* spp. counts of pork loins treated with ultraviolet radiation during storage at 4°C

Days \ Treatment	Control	Ultraviolet radiation time			
		5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
1 day	4.40±1.06 ^a	5.36±0.41	5.19±0.38	5.50±0.32	5.60±0.15
3 days	5.72±0.34	5.15±0.85	5.22±0.84	5.44±0.28	6.23±0.45
6 days	6.13±0.38	6.10±0.04	6.59±0.03	6.32±0.02	7.53±0.28
9 days	5.84±0.34	5.22±0.33	5.59±0.14	6.28±0.62	7.02±0.06
12 days	6.10±0.49	5.81±0.27	6.28±0.32	6.68±0.28	6.88±0.36

^aData are the mean CFU ± the standard deviation.

Table 1-11. Mean of *Salmonella* spp. counts of pork loins treated with ultraviolet radiation during storage at 4°C.

Days \ Treatment	Control	Ultraviolet radiation time			
		5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
1 day	2.78±0.23 ^a	3.08±0.35	2.30±0.35	2.60±0.35	ND ^b
3 days	3.95±0.35	ND	3.40±0.21	3.95±0.35	ND
6 days	3.60±0.27	ND	ND	ND	ND
9 days	3.30±0.31	ND	ND	ND	ND
12 days	3.30±0.28	ND	ND	ND	ND

^aData are the mean CFU ± the standard deviation.

^bND = none detected.

나) 천연항균물질을 이용한 돼지고기 등심과 안심의 위생적 처리기술의 개발

(1) 천연항균물질을 이용한 *Salmonella typhimurium* 억제효과

돼지고기에 *Lactococcus lactis* subsp *lactis*와 *Acetobacter aceti*를 배양 후 원심분리 한 다음 얻은 천연항균물질을 10분 동안 침지한 다음 *Salmonella typhimurium*을 10⁵ CFU/ml 접종하여 천연항균물질의 *Salmonella typhimurium*균 감수성을 알아보았다. NAS 1은 증류수에 천연항균물질을 4배 희석과 NAS 2는 2배 희석한 물질을 사용하였다. 그리고 NAS 3은 천연항균물질을 원료육에 희석하지 않고 사용하여 얻은 결과를 표 1-12와 1-13에 나타내었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis*를 배양 후 원심분리 한 다음 얻은 천연항균물질도 향미생물효과를 보였지만 *Acetobacter aceti*를 배양 후 원심분리 한 다음 얻은 천연항균물질을 10분 동안 적용한 돼지고기 등심과 안심에서는 *Salmonella*균이 거의 검출되지 않았다 (표 1-13). 이와 같이 돼지고기에 대해 *Acetobacter aceti*를 배양 후 원심분리 한 다음 얻은 천연항균물질을 10분 동안의 침지는 *Salmonella typhimurium*균에 대하여 좋은 향미생물 효과를 나타냈다.

Table 1-12. Mean of *Salmonella typhimurium* counts on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454

Treatment	<i>Salmonella typhimurium</i> counts(log ₁₀ CFU/g) ^a		
	0day	4days	7days
Control	5.24±0.16	6.34±1.29	5.57±2.76
NAS 1/10min	1.85±1.89	2.83±1.50	3.73±0.64
NAS 2/10min	1.46±1.52	1.85±1.89	2.87±1.77
NAS 3/10min	ND ^b	1.46±1.52	3.71±0.39

^aMes of 3 replications (Mean±: standard error). ^bND = none detected

NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Table 1-13. Mean of *Salmonella typhimurium* counts on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)

Treatment	<i>Salmonella typhimurium</i> counts(log ₁₀ CFU/g) ^a		
	0day	4days	7days
Control	5.64±1.16 ^a	5.89±1.64	3.96±1.37
NAS 1/10min	2.87±1.77	0.87±0.96	1.63±1.16
NAS 2/10min	ND ^b	ND	ND
NAS 3/10min	ND	ND	ND

^aMeans of 3 replications (Mean±: standard error). ^bND = none detected

NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

(2) 천연항균물질을 이용한 *Listeria monocytogenes* 억제효과

돼지고기를 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* 와 *Acetobacter aceti*를 배양 후 원심분리 한 다음 얻은 천연항균물질에 10분 동안 침지한 다음 *Listeria monocytogenes*을 10^5 CFU/ml 접종하여 천연항균물질의 *Listeria monocytogenes*균 감수성을 알아본 결과는 표 1-14와 표 1-15와 같다. NAS 1은 증류수에 천연항균물질을 4배 희석과 NAS 2는 2배 희석한 물질을 사용하였다. 그리고 NAS 3은 천연항균물질을 원료육에 희석하지 않고 사용하였다. 천연항균물질을 10분 동안 적용한 돼지고기 등심과 안심에서 *Listeria* 균이 거의 검출되지 않았다. 이와 같이 돼지고기에 대해 *Lactococcus lactis* subsp *lactis*를 배양 후 원심분리 한 다음 얻은 천연항균물질을 10분 동안의 침지는 *Listeria monocytogenes*균에 대하여 좋은 항미생물 효과를 나타냈다.

Table 1-14. Mean of *Listeria monocytogenes* counts on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454.

Treatment	<i>Listeria monocytogenes</i> counts(log ₁₀ CFU/g) ^a		
	0day	4days	7days
Control	4.82±1.26	5.50±0.44	4.52±0.64
NAS 1/10min	2.26±1.43	2.75±1.42	3.73±0.64
NAS 2/10min	1.27±1.82	ND	ND
NAS 3/10min	ND ^b	ND	ND

^aMeans of 3 replications (Mean±: standard error). ^bND = none detected

NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Table 1-15. Mean of *Listeria monocytogenes* counts on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)

Treatment	<i>Listeria monocytogenes</i> counts(log ₁₀ CFU/g) ^a		
	0day	4days	7days
Control	4.69±0.76	4.53±1.18	4.28±1.27
NAS 1/10min	ND ^b	ND	ND
NAS 2/10min	ND	ND	ND
NAS 3/10min	ND	ND	ND

^aMeans of 3 replications (Mean±: standard error). ^bND = none detected

NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

(3) 돼지고기 등심과 안심의 위생적 포장기술 개발

각 250g의 육시료를 유산이나 초산등의 천연 항균물질을 생산하여 식중독균의 항균 효과가 있는 것으로 나타난 *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)와 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 10% (w/v)의 탈지분유배지에서 배양한 다음 80°C 항온 수조에서 30분 유지후 8,000 rpm에서 15분 원심분리후 수집한 각 500 ml의 상층액에 10분 침지하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정치후 유출되는 수분을 제거하였다. 각 육시료는 PEE 필름을 이용하여 진공포장 (Model-1AM,, vaccum packaging machine, Leepack, Korea)에 넣고 진공포장하였다. 그리고 4°C의 냉장온도에 저장 하면서 저장 기간별 *Staphylococcus* spp.를 분석하였다. 돼지고기 육표면을 천연 항균물질로 위생화한 다음 진공포장후 *Staphylococcus*균 수를 측정 한 결과는 표 1-16-1-17과 같다. 천연 항균물질로 처리한

모든 처리구 (NAS 1, NAS 2, NAS 3)는 처리직후 *Staphylococcus*균 수들이 대조구 보다 유의적으로 감소 ($P < 0.05$)하였고 이러한 결과는 저장 7일 동안 지속되었다. 이와 같이 진공포장 후 천연항균물질의 처리구는 더욱 위생적으로 저장되었다.

Table 1-16. Mean of *Staphylococcus* spp. counts on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454

Treatment	<i>Staphylococcus</i> spp. counts(log ₁₀ CFU/g) ^a		
	0day	4days	7days
Control	5.24±0.16	4.89±1.24	3.96±0.26
NAS 1/10min	1.85±1.89	2.81±1.62	2.73±0.64
NAS 2/10min	1.46±1.52	2.73±1.59	1.87±1.77
NAS 3/10min	ND ^b	ND	ND

^aMeans of 3 replications (Mean±: standard error). ^bND = none detected

NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

(4) 도축공정 단계별 HACCP system 확보

도축장의 시설이 연구시작 단계였던 1년차에 비하여 많이 개선되었으며, 도축전후의 작업장, 시설 및 장비들에 대하여 Topax-66, 슈퍼렉스-64, P3-oxonia active등의 세척 및 소독제 적용 후의 호기성균 및 *Salmonella* spp.들의 분포상태와 비교하였다 (표 1-18). Topax-66, 슈퍼렉스-64, P3-oxonia active등의 세척 및 소독제를 적용한 결과 호기성균은 도축공정에서 그 수가 훨씬 줄어들었으며 *Salmonella* 균은 검출되지 않았다. 이와 같은 결과는 세척 및 소독제를 이용하여 도축장에 소독 및 청소를 철저히

실시하면 호기성균 뿐만 아니라 식중독의 원인이 될 가능성에 있는 균들의 오염을 막을 수 있다는 것을 보여 주었다.

Table 1-17. Mean of *Staphylococcus spp.* counts on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)

Treatment	<i>Staphylococcus spp.</i> counts(log ₁₀ CFU/g) ^a		
	0day	4days	7days
Control	5.30±0.82	4.89±1.24	3.75±0.05
NAS 1/10min	ND	0.87±1.50	2.24±0.34
NAS 2/10min	ND	ND	3.25±0.25
NAS 3/10min	ND	ND	1.75±0.05

^aMeans of 3 replications (Mean±: standard error). ^bND = none detected

NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Table 1-18. Means of bacterial counts, sampling location and porks obtained at each processing plant

	aerobic plate counts	<i>Listeria spp.</i>	<i>Salmonella spp.</i>	<i>Staphylococcus spp.</i>	Coliform
post-bleeding	2.98±2.12 ^a	0.27±0.60	ND ^b	3.40±0.15	ND
post-scald	3.54±0.33	ND	ND	3.61±0.27	0.82±1.15
post-evisceration	2.78±1.99	ND	ND	2.52±0.27	ND
post-washing	2.66±1.93	ND	ND	2.49±0.05	0.41±0.91
post-chilling	0.52±1.17	ND	ND	0.48±0.68	ND
final product	1.63±2.39	0.19±0.43	0.42±0.93	0.72±1.01	0.36±0.80

^a Means of 3 replications (Mean±deviation)

^bND = none detected

3) 결론

(주) 만나에서 생산되는 돼지고기 저정 안정성 증진을 목적으로 자체 개발한 UV조사법을 (주) 만나에서 생산한 돼지고기에 적용한 후 미생물학적 분석을 실시한 결과 살모넬라균의 증식이 억제되었다. 그리고 *Lactococcus lactis* subsp *lactis*와 *Acetobacter aceti*를 배양 후 원심분리 한 다음 얻은 천연항균물질에 10분 동안의 침지는 *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* 및 *Staphylococcus aureus*에 대하여도 비교적 좋은 항미생물 효과를 나타냈다. 특히 PEE 필름을 이용하여 진공포장 한 다음 천연 항균물질로 처리한 모든 돼지고기들은 미생물학적 안전성을 더욱 향상시킨 것으로 나타났다.

2. 제 2 세부과제: 냉장돼지고기의 전살법 개발과 이화학적 세척기술의 분석

가. 돼지의 전살법 분석과 이화학적 육질 탐색

1) 연구방법 및 설계

냉장육 시료는 (주) 만나, 돼지고기 가공업체, 백화점 및 단위시장으로부터 각각 500g의 부위별 (등심 및 안심) 1,500kg을 구입하여 공시육으로 사용하였다. 돼지도체는 각 5개의 처리구로하여 처리구당 100마리의 돼지 (50시험 × 5처리 × 5마리)를 사용하였다. 천연육보존제는 *Lactococcus* spp 등의 유산균을 최적온도에서 배양후 형성된 물질을 도체에 적용하고 이화학적 분석을 실시하였다. 각 처리구에 대한 육색, 육즙유출, TBA가, pH등의 이화학적 변화 등을 냉장조건별, 온도남용조건별, 저장기간별로 하여 조사하였다. UV조사법 (본 연구원이 특허출원중)을 이용하여 부분 육제품의 이화학적 분석을 실시하였다.

가) 천연육보존제의 적용

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454, *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257, *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 및 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200 등의 균종을 Brain heart infusion agar (Difco) 배양 및 skim milk 배지에 0.2%를 접종하여 500~1000 ml 단위의 mother cultures를 실시하였다. 각 이화학적 분석을 위한 천연 보존제는 25~50 g 단위 육시료와 진탕 및 텀블링 조합기법으로 적용하여 4°C 냉장조건별로 실시하였다.

나) 전살법의 개발

현장 참여업체인 (주) 만나에서 구입한 돼지고기 (평균체중 110 kg)는 다음 각 4개의 처리구로하여 처리구당 5마리의 돼지 (50시험×5처리×5마리)를 사용하였다. 돈은 저

온 (150~250V) 및 고온 (450~600V)의 전기적 충격으로 기절후 도살하였다.

1) 저압전살법 (Low temp. stunning method) : ① 대조구 ② 150V/1-3초 ③ 175V/1-3초 ④ 200V/1-3초 ⑤ 250V/1-3초

2) 고압전살법 (High temp. stunning method) : ① 대조구 ② 450V/1-3초 ③ 500V/1-3초 ④ 550V/1-3초 ⑤ 600V/1-3초

다) 육시료

각 박피후, 두족절단후, 내장적출후 및 예냉 공정별 취한 시료는 얼음이든 아이스박스로 운반하고 5℃냉장실에 유지하면서 3시간이내에 실험에 사용하였다. 4단계 도체 처리에서 25~50 g의 시료를 사용하여, 표준세척법 및 stomacher용 시료로 사용하였다. 각 돈시료는 최소 2부위를 사용하되, 이는 가슴살, 안심, 등심에서 선발하였다.

라) UV조사법의 분석

본 연구원이 돼지고기 저장 안정성 증진을 목적으로 자체 개발한 UV조사법은 광의 육표피 침투가 낮고 도축공정에 적용후 영구적으로 사용할수 있는 방법으로서 (주) 만나에서 생산한 돼지고기의 이화학적 변화의 단점을 최소화 할수 있는 기술개발을 실시하였다. UV조사기 (본 연구책임자, 특허출원중)는 높이 80cm : 가로 70cm : 폭 60cm의 크기로하여 상, 하, 좌 및 우에 각 40W UV lamp를 2개씩 설비 (총 8개 부착) 하였다.

마) Colorimeter를 사용한 육색변화 측정

육색은 Hunter colormeter를 사용하여 L, a, b가를 측정하였다.

바) TBA법

돼지고기의 지방산패에 대한 분석은 Salih 등 (1987)의 방법으로 수행하였다.

사) 유즙유출

냉장 저장 동안 일정 기간별로 돼지고기에서 유출액의 중량비를 아래와 같은 백분율로 환산하였다.

$$\text{유즙유출율(\%)} = \frac{\text{시료의총중량} - (\text{저장후유출액을제거한중량} + \text{저장용기의중량})}{\text{시료총중량} - \text{저장용기의중량}} \times 100$$

아) 통계 처리

모든 자료의 통계처리는 SAS program (1991)을 이용하여 ANOVA로 분석하고 5% 이하의 유의수준에서 평균값을 LSD로 분리하여 분석하였다.

2) 연구결과

가) 천연항균물질의 이용과 이화학적분석

천연 항균제 생산 공시 균주는 bacteriocins을 생산하는 유산 및 프로피온산균으로서 nisin, 프로피오닉산과 유산 등의 항균물질을 생산하는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454, *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257, *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 및 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200의 종균을 한국 종균협회에서 구입하였다. 종균은 Brain Heart Infusion agar 및 broth (Difco, USA) 그리고 MRS broth (Difco, USA)를 121°C, 15분 멸균하여 제조한 각 사면배지와 액체 배양기에 접종하였다. 그 후 37°C, 12시간 3회 계대배양하여 사면배지는 4°C 에 저장

하면서 그리고 액체배양기는 역가를 증진하여 실험에 사용하였다. 천연항균제를 육표면에 적용하기 위한 실험으로서, Brain Heart Infusion broth (Difco, USA)와 MRS broth(Difco, USA)에 계대배양한 종균을 멸균한 10-20% 탈지분유배지 (Difco, USA)에서 37°C, 12시간 배양후 각 500 ml의 유산균 배양액을 5 Kg 육시료 (평균중량 50g의 등심과 안심)에 사용하였다. 천연항균물질은 10^7 - 10^8 CFU/ml까지 배양한 균액(v/w)을 멸균 증류수에 희석하여 돼지고기 등심은 T1은 3.96 log unit, T2는 4.10 log unit 및 T3는 4.23 log unit 까지 접종한 다음 4°C 저장 동안 2-thiobarbituric acid value (TBA), Hunter color L*, a*와 b*가 및 육즙유출율 (drip loss)을 분석하였다 (Table 2-1, 2-2, 2-3 및 2-4). 천연 항균물질 처리직후 등심 대조구의 TBA가는 T2와 T3의 처리구와 유의적 차이를 나타내었으며, 이러한 결과는 4°C 저장 9일 까지 유지되었다 (Table 2-1). 본 연구의 결과 유산균배양액의 농도가 높은 처리구는 TBA가의 증가를 나타내므로서 T1처리구 이하 수준에서 사용되어야 할것으로 검토되었다.

Table 2-1. TBA values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	TBA values			
	1d	3d	6d	9d
Loin-control	0.25±0.006 ^c	0.62±0.003 ^b	0.51±0.008 ^c	0.53±0.009 ^c
Loin-T1	0.30±0.009 ^c	0.62±0.010 ^b	0.52±0.007 ^c	0.52±0.021 ^c
Loin-T2	0.35±0.015 ^b	0.78±0.021 ^a	0.59±0.009 ^b	0.65±0.017 ^b
Loin-T3	0.46±0.013 ^a	0.79±0.005 ^a	0.58±0.007 ^b	0.70±0.021 ^{ab}

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).^aMeans of triplications (Mean±standard error).

본 연구의 결과 천연항균물질 처리직후 돼지고기등심의 대조구는 T1처리구와 유의적 차이가 없었으며, 이러한 결과는 저장기간 동안 지속되었다. 따라서 적합한 농도

의 천연항균물질을 적용하여 육질의 변화에 미치는 영향의 분석이 요구되었다.

Hunter color meter를 이용하여 천연항균물질 처리전후 color L*가에 미치는 영향을 조사한 결과 대조구의 등심은 처리직후 T1, T2 및 T3와 유의적 차이가 없었다 (Table 2-2). 이러한 결과는 4°C 저장 9일 동안 유지되었다.

Table 2-2. Color L values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	Color-L values			
	1d	3d	6d	9d
Loin-control	56.0±0.351 ^a	57.2±0.470 ^a	56.3±0.176 ^b	56.2±0.780 ^a
Loin-T1	56.3±0.902 ^a	57.5±0.203 ^a	57.8±0.717 ^b	57.8±0.306 ^a
Loin-T2	55.2±0.841 ^a	57.6±0.666 ^a	57.8±0.153 ^b	57.4±0.961 ^a
Loin-T3	58.5±0.521 ^b	57.1±0.961 ^a	59.2±1.014 ^a	58.5±0.521 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of triplications (Mean±standard error).

Hunter color meter를 이용하여 천연항균물질 처리전후 color a*가에 미치는 영향을 조사한 결과 대조구의 등심은 처리직후 T1, T2 및 T3와 유의적 차이를 나타내었다 (Table 2-3). T3 처리구는 저장 기간동안 대조구와 유의적 차이를 나타내었다.

Hunter color meter를 이용하여 천연항균물질 처리전후 color b*가에 미치는 영향을 조사한 결과 대조구의 등심은 처리직후 T1, T2 및 T3와 유의적 차이가 없었다 (Table 2-4). T3 처리구는 저장 기간동안 대조구와 유의적 차이를 나타내었다.

Table 2-3. Color a values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	Color-a values			
	1d	3d	6d	9d
Loin-control	3.10±0.351 ^a	4.03±0.291 ^a	5.53±0.100 ^a	5.73±0.664 ^a
Loin-T1	2.67±0.233 ^b	4.20±0.513 ^a	5.70±0.100 ^a	5.60±0.208 ^a
Loin-T2	2.57±0.240 ^b	4.13±0.291 ^a	5.06±0.120 ^b	5.07±0.467 ^b
Loin-T3	2.33±0.384 ^c	3.33±0.633 ^b	4.77±0.722 ^b	5.17±0.437 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of triplications (Mean±standard error).

Table 2-4. Color b values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	Color-b values			
	1d	3d	6d	9d
Loin-control	3.47±0.186 ^a	5.40±0.153 ^a	6.60±0.115 ^a	5.63±0.689 ^a
Loin-T1	3.23±0.291 ^a	5.43±0.536 ^a	6.00±0.115 ^a	5.90±0.200 ^a
Loin-T2	3.37±0.406 ^a	5.90±0.550 ^b	6.20±0.208 ^a	6.07±0.371 ^b
Loin-T3	3.40±0.289 ^a	5.97±0.233 ^b	5.70±0.529 ^b	6.57±0.940 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of triplications (Mean±standard error).

천연항균물질 처리전후 육즙유출율에 미치는 영향을 조사한 결과 대조구의 등심은 처리 4일후 4°C 저장 동안 T1, T2 및 T3와 유의적 차이를 나타내었다 (Table 2-5). T2와 T3 처리구는 저장 12일 동안 대조구와 유의적 차이를 나타내었다.

Table 2-5. Drip loss values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	Drip Loss(%)		
	4d	8d	12d
Loin-control	28.55 ^a	6.98 ^a	9.41 ^a
Loin-T1	42.83 ^b	7.09 ^a	10.07 ^b
Loin-T2	49.24 ^b	8.05 ^b	10.15 ^b
Loin-T3	44.82 ^b	8.32 ^b	10.73 ^c

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

나) UV조사법의 이용과 이화학적 분석

UV조사기 (본 연구책임자, 특허출원 중) 는 높이 80cm : 가로 70cm : 폭 60cm의 크기로하여 상, 하 각 2개 및 좌, 우에 각 40W UV lamp를 1개씩 설비 (총 6개 부착) 하였다.

(1) 40 W UV조사의 영향

본 실험에서는 상부의 40 W UV lamp만 사용하여 실험에 사용하였다. 35 cm 높이에서 돼지고기 표면에 UV를 조사후 이화학적 육 저장 안정성에 미치는 영향을 분석하고자 2-thiobarbituric acid (TBA)가를 조사하였다 (Table 6). UV를 조사하지 않은 대조구와 5-20분 동안 UV를 조사한 처리구는 저장 1일 후 유의적 차이가 없었다. 이러한 결과는 저장 9일 동안 지속되었다. 본 연구결과 40 W UV를 20분 조사한 조건에서는 돼지고기 등심의 TBA가에 영향을 미치지 않았다.

Table 2-6. Effect of ultraviolet (UV) radiation on TBA values¹ of pork loins held at 4°C.

Treatment	TBA values			
	1d	3d	6d	9d
UV, 0분 조사	0.14±0.086 ^a	0.12±0.062 ^a	0.56±0.233 ^a	0.59±0.210 ^a
UV, 5분 조사	0.15±0.062 ^a	0.11±0.048 ^a	0.56±0.196 ^a	0.53±0.189 ^a
UV, 10분 조사	0.16±0.058 ^a	0.11±0.040 ^a	0.58±0.205 ^a	0.59±0.174 ^a
UV, 15분 조사	0.15±0.052 ^a	0.11±0.040 ^a	0.55±0.194 ^a	0.54±0.157 ^a
UV, 20분 조사	0.15±0.052 ^a	0.16±0.055 ^b	0.54±0.191 ^a	0.55±0.157 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of triplications (Mean±standard error).

돼지고기 표면에 UV를 조사후 Hunter color L* 가에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리 1일 후 대조구와 유의적 차이가 없었다 (Table 2-7). UV를 조사하지 않은 대조구와 5-20분 동안 UV를 조사한 처리구는 저장 1일후 유의적 차이가 없었다. 이러한 결과는 저장 12일 동안 지속되었다.

Table 2-7. Effect of ultraviolet (UV) radiation on Color L* values¹ of pork loins held at 4°C.

Treatment	Color-L* values				
	1d	3d	6d	9d	12d
UV, 0분 조사	52.6±0.744 ^a	54.8±0.643 ^a	54.1±0.361 ^a	53.7±1.900	55.7±0.821 ^a
UV, 5분 조사	51.0±0.557 ^a	51.8±1.290 ^a	51.9±0.867 ^a	54.4±0.723	53.0±1.647 ^a
UV, 10분 조사	51.9±0.534 ^a	51.1±0.521 ^a	53.2±0.311 ^a	51.7±0.684	53.9±0.651 ^a
UV, 15분 조사	50.9±0.612 ^a	52.6±0.356 ^a	52.4±0.597 ^a	52.1±0.614	53.2±0.669 ^a
UV, 20분 조사	49.1±0.680 ^a	51.1±0.375 ^a	51.9±0.294 ^a	52.1±0.315	50.7±0.461 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of triplications (Mean±standard error).

돼지고기 표면에 UV를 조사후 Hunter color a*와 b* 가에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리 1일 후 대조구와 유의적 차이가 없었다 (Table 8과 9). UV를 조사하지 않은 대조구와 5-20분 동안 UV를 조사한 처리구는 저장 1일후 유의적 차이가 없었다. 이러한 결과는 저장 12일 동안 지속되었다.

Table 2-8. Effect of ultraviolet (UV) radiation on Color a* values¹ of pork loins held at 4°C.

Treatment	Color-a* values				
	1d	3d	6d	9d	12d
UV, 0분 조사	6.2±0.554	5.4±0.221 ^a	6.4±0.502 ^a	6.3±0.430 ^a	5.8±0.652 ^a
UV, 5분 조사	6.4±0.224	5.1±0.459 ^a	6.6±0.214 ^a	6.1±0.267 ^a	6.2±0.421 ^a
UV, 10분 조사	5.2±0.440	5.5±0.281 ^a	5.3±0.159 ^a	5.4±0.315 ^a	5.4±0.119 ^a
UV, 15분 조사	5.9±0.236	5.2±0.350 ^a	6.7±0.118 ^a	5.5±0.355 ^a	5.2±0.247 ^a
UV, 20분 조사	6.2±0.452	6.1±0.440 ^a	6.2±0.258 ^a	5.2±0.326 ^a	5.0±0.220 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of triplications (Mean±standard error).

Table 2-9. Effect of ultraviolet (UV) radiation on Color b* values¹ of pork loins held at 4°C.

Treatment	Color-b* values				
	1d	3d	6d	9d	12d
UV, 0분 조사	2.2±0.233 ^a	5.2±0.196 ^a	4.7±0.276 ^a	4.7±0.547 ^a	4.6±0.335 ^a
UV, 5분 조사	2.9±0.149 ^a	4.2±0.416 ^a	4.9±0.331 ^a	4.2±0.266 ^a	3.4±0.258 ^a
UV, 10분 조사	1.8±0.436 ^a	4.8±0.223 ^a	3.7±0.170 ^a	3.6±0.283 ^a	3.9±0.277 ^a
UV, 15분 조사	1.8±0.145 ^a	4.2±0.209 ^a	3.4±0.063 ^a	4.7±0.144 ^a	4.7±0.377 ^a
UV, 20분 조사	2.2±0.266 ^a	3.7±0.386 ^a	4.2±0.239 ^a	5.0±0.330 ^a	3.7±0.295 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

^aMeans of triplications (Mean±standard error).

(2) 240 W UV조사의 영향

상, 하, 좌, 우의 240 W UV lamp를 사용하여 0~60분 동안 조사후 4°C 냉장동안 돼지고기안심의 이화학적 변화에 미치는 영향을 분석하였다 (Table 10-13). UV조사는 35 cm 높이에서 돼지고기 표면의 전.후면을 각각 0~60분 동안 조사하였다. 육즙유출에 미치는 영향을 분석한 결과 대조구는 저장3일과 9일동안 4.53%와 4.67%의 육즙유출율을 나타내었다 (Table 2-10). UV처리구는 저장 3일 1.01-1.72% 그리고 저장 9일에는 2.19-1.55%의 육즙유출율을 나타내었다. 본 연구의 결과 UV조사는 저장 동안 육즙유출에 미치는 영향이 낮은 것으로 검토되었다.

Table 2-10. Effect of ultraviolet (UV) radiation on drip loss values¹ of pork loins held at 4°C.

Treatment	Storage time (days)		
	3	6	9
Control	4.53	1.00	4.67
UV 10min	1.01	1.32	2.19
UV 20min	1.44	1.53	2.23
UV 30min	1.65	1.67	2.10
UV 60min	1.72	1.12	1.55

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of triplications (Mean±standard error).

다) Tumbling법의 이용과 이화학적 분석

(1) Potassium sorbate의 영향

각 1 Kg의 돼지고기 안심과 0.5% (w/w) 농도로 potassium sorbate를 텀블러 (ChangDae Chemical Co., Korea)에 넣고 15 rpm으로 10분동안 텀블링하였다. 그 후 돼지고기안심은 4°C 냉장동안 돼지고기표면의 육즙유출율, Hunter color L, a, b가 및 TBA가에 미치는 영향을 분석하였다. 육즙유출에 미치는 영향을 분석한 결과 대조구는 저장 3일과 9일동안 3.59%와 1.59%의 육즙유출율을 나타내었다 (Table 2-11). Potassium sorbate처리구는 저장 3일 1.12-1.34% 그리고 저장 9일에는 1.65-3.20%의 육즙유출율을 나타내었다.

돼지고기안심에 potassium sorbate를 가하고 텀블링후 Hunter color L* 가에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리직후 대조구와 1.5-2% potassium sorbate 처리구 및 3일 후 처리구는 대조구보다 유의적으로 낮았다 (Table 2-12). 그러나 저장 6일에는 대조구와 유의적 차이가 없었다.

Table 2-11. Effect of potassium sorbate (PS)^a on drip loss values¹ of pork tender-loins held at 4°C.

Treatment	Storage time (days)		
	3	6	9
Control	3.59	1.03	1.59
0.5% PS ^a	1.12	1.76	3.20
1.0% PS	1.21	2.20	2.54
1.5% PS	1.18	1.02	2.24
2.0% PS	1.34	0.28	1.65

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

^aMeans of triplications (Mean±standard error).

Table 2-12. Effect of potassium sorbate (PS)^a on Hunter color L* values¹ of pork tender-loins held at 4°C.

Treatment	Storage time (days)			
	0	3	6	9
Control	48.7±1.23 ^a	50.6±1.21 ^a	45.4±0.30	42.0±0.58 ^b
0.5% PS ^a	48.2±0.59 ^a	46.9±0.76 ^b	48.1±1.48	47.6±0.98 ^a
1.0% PS	47.3±0.65 ^{ab}	46.0±0.91 ^b	47.2±0.47	47.6±0.64 ^a
1.5% PS	45.2±2.58 ^b	45.5±0.52 ^b	49.2±1.09	46.3±1.30 ^{ab}
2.0% PS	44.7±0.58 ^b	45.0±0.62 ^b	47.3±0.96	43.7±0.32 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

^aMeans of triplications (Mean±standard error).

돼지고기안심에 1-2% potassium sorbate를 가하고 텀블링후 Hunter color a* 가에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리 직후부터 3일 동안 처리구는 대조구보다 유의적으로 낮았다 (Table 2-13). 그러나 저장 6일에는 대조구와 유의적 차이가 없었다.

돼지고기안심에 1-2% potassium sorbate를 가하고 텀블링후 Hunter color b* 가에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리 직후부터 3일 동안 처리구는 대조구보다 유의적으로 낮았다 (Table 2-14). 그러나 저장 6일에는 대조구와 유의적 차이가 없었다. 본 연구의 결과 고농도의 potassium sorbate의 처리는 적도의 감소를 유발할 수 있을 것으로 검토되었다.

돼지고기안심에 potassium sorbate를 가하고 텀블링후 TBA 가에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리직후 2% 처리구는 대조구와 유의적 차이가 있었다 (Table 2-15). 그러나 저장 3일 이후에는 1-2% 처리구는 대조구와 유의적 차이를 나타내었다. 본 연구 결과 2% 이상 고농도의 처리는 황도의 증가를 야기할수 있을 것으로 검토되었다.

Table 2-13. Effect of potassium sorbate (PS)^a on Hunter color a* values¹ of pork tender-loins held at 4°C.

Treatment	Color - a values			
	0	3	6	9
Control	10.53±0.51 ^a	10.53±0.28 ^a	10.68±0.35	12.00±1.21 ^a
0.5% PS ^a	10.28±0.31 ^a	6.73±0.96 ^b	9.00±1.50	7.88±0.31 ^b
1.0% PS	7.68±0.59 ^b	6.80±0.38 ^b	9.10±0.58	8.48±0.26 ^{ab}
1.5% PS	7.55±0.88 ^b	7.65±0.86 ^b	9.45±0.87	9.20±0.44 ^a
2.0% PS	7.18±0.31 ^b	7.35±0.35 ^b	8.18±10.8	9.90±0.62 ^{ab}

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

^aMeans of triplications (Mean±standard error).

Table 2-14. Effect of potassium sorbate (PS)^a on Hunter color b* values¹ of pork tender-loins held at 4°C.

Treatment	Color - b values			
	0	3	6	9
Control	5.90±0.18 ^a	7.53±0.91 ^a	7.00±0.67	5.18±0.52 ^b
0.5% PS ^a	5.83±0.20 ^a	4.33±0.44 ^b	6.08±1.05	5.40±0.65 ^b
1.0% PS	4.53±0.53 ^b	4.93±0.71 ^b	7.30±0.30	5.20±1.05 ^b
1.5% PS	4.10±0.62 ^b	4.78±0.47 ^b	6.18±0.80	8.13±0.57 ^a
2.0% PS	4.03±0.55 ^b	5.83±0.32 ^b	6.58±0.65	7.95±0.30 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

^aMeans of triplications (Mean±standard error).

Table 2-15. Effect of potassium sorbate (PS)^a on TBA values¹ of pork tender-loins held at 4°C.

Treatment	TBA			
	0	3	6	9
Control	0.67±0.07 ^b	0.88±0.06 ^b	0.97±0.04 ^c	1.47±0.09 ^c
0.5% PS ^a	0.96±0.04 ^{ab}	1.06±0.03 ^b	1.20±0.08 ^c	1.68±0.03 ^c
1.0% PS	1.18±0.02 ^{ab}	2.48±0.09 ^a	2.61±0.04 ^b	3.98±0.18 ^{ab}
1.5% PS	1.25±0.12 ^{ab}	2.16±0.16 ^a	4.31±0.21 ^a	4.59±0.14 ^a
2.0% PS	1.89±0.37 ^a	2.53±0.12 ^a	4.65±0.08 ^a	4.90±0.21 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

^aMeans of triplications (Mean±standard error).

(2) Potassium sorbate와 유산균배양액의 영향

각 1 Kg의 돼지고기 안심과 0.5% potassium sorbate를 텀블러에 넣고 15 rpm에서 10분 동안 텀블링 및 그 후 각 2.5% *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 (초기 pH 5.6, 초기 유산균수 7.1 log unit), *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257 (초기 pH 4.4, 초기 유산균수 8.7 log unit), *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 (초기 pH 5.6, 초기 유산균수 7.7 log unit) 및 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200 (초기 pH 5.9, 초기 유산균수 7.3 log unit)의 유산균 배양액을 텀블러에 넣고 15 rpm에서 10분 동안 텀블링하였다. 그 후 돼지고기안심은 후 4°C 냉장동안 돼지고기표면의 육즙유출율, Hunter color L, a, b가 및 TBA가에 미치는 영향을 분석하였다 (Table 2-19 - 2-23). 육즙유출에 미치는 영향을 분석한 결과 저장 3일과 9일동안 1.75%와 2.17%의 육즙유출율을 나타내었다 (Table 2-19). 0.5% PS와 2.5% *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257 처리구는 저장 3일 2.01% 그리고 저장 9일에는 0.99%의 육즙유출율을 나타내었다.

돼지고기안심에 potassium sorbate와 유산균배양액을 가하고 텀블링후 Hunter color L* 가에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리 처리직후 처리구는 대조구와 유의적 차이가 없었다 (Table 2-17). 그러나 저장 3일에는 대조구와 유의적 차이를 나타내었다. Potassium sorbate와 유산균배양액 조합의 처리는 명도에 미치는 영향이 potassium sorbate 처리구 보다 낮게 유지되었다.

Table 2-16. Drip loss values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 0.5% potassium sorbate (PS)² and different strains of lactic acid cultures.

Treatment	Storage time (days)		
	3	6	9
Control	1.75±0.28	1.02±0.57	2.17±0.15
0.5%PS	0.93±0.01	1.49±0.35	2.04±0.27
0.5%PS/ 2.5%19257	2.01±0.17	1.21±0.13	0.99±0.80
0.5%PS/ 2.5%10791	1.63±0.83	3.15±0.78	3.42±0.34
0.5%PS/ 2.5%11454	2.87±0.02	2.18±0.58	2.86±0.28
0.5%PS/ 2.5%43200	1.64±0.25	1.62±0.10	0.94±0.37

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of triplications (Mean±standard error).

Table 2-17. Hunter color L* values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 0.5% potassium sorbate (PS)² and different strains of lactic acid cultures.

Treatment	Storage time (days)			
	0	3	6	9
Control	48.8±0.70	50.5±0.26 ^a	50.4±0.53 ^a	48.8±0.70 ^{ab}
0.5%PS	46.2±0.68	46.9±0.35 ^b	47.9±0.25 ^{ab}	46.6±0.52 ^b
0.5%PS/ 2.5%19257	48.5±0.84	47.6±0.46 ^{ab}	46.0±0.42 ^b	47.3±0.33 ^b
0.5%PS/ 2.5%10791	47.7±0.63	49.4±0.39 ^{ab}	47.9±0.82 ^{ab}	50.4±0.33 ^a
0.5%PS/ 2.5%11454	47.8±0.65	48.1±0.89 ^{ab}	50.5±1.05 ^a	50.0±0.50 ^a
0.5%PS/ 2.5%43200	49.2±0.73	47.4±0.62 ^{ab}	47.9±0.63 ^{ab}	45.3±0.84 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of triplications (Mean±standard error).

돼지고기안심에 potassium sorbate와 유산균배양액을 가하고 텀블링후 Hunter color a* 가에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리직 후 처리구는 대조구와 유의적 차이가 있었다 (Table 2-18). 그러나 저장 6일에는 대조구와 유의적 차이를 나타내었다.

돼지고기안심에 potassium sorbate와 유산균배양액을 가하고 텀블링후 Hunter color b* 가에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리직 후 처리구는 대조구와 유의적 차이가 없었다 (Table 2-19). 그러나 저장 3일에는 대조구와 0.5% potassium sorbate 처리구와 유의적 차이를 나타내었다.

돼지고기안심에 potassium sorbate와 유산균배양액을 가하고 텀블링후 TBA 가에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리직후 처리구는 대조구와 유의적 차이가 있었으며 저장 3일 동안 지속되었다 (Table 2-20).

Table 2-18. Hunter color a* values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 0.5% potassium sorbate (PS)² and different strains of lactic acid cultures.

Treatment	Storage time	Color - a values			
	(days)	0	3	6	9
Control		8.5±0.32 ^b	8.1±0.48 ^b	8.4±0.35	7.5±0.60 ^b
0.5%PS		9.7±0.43 ^{ab}	9.1±0.39 ^{ab}	9.2±0.39	9.1±0.47 ^{ab}
0.5%PS/ 2.5%19257		10.1±0.47 ^a	9.4±0.48 ^{ab}	8.4±0.67	9.4±0.34 ^{ab}
0.5%PS/ 2.5%10791		11.7±0.36 ^a	7.8±0.47 ^b	9.9±0.40	9.2±0.38 ^{ab}
0.5%PS/ 2.5%11454		10.7±0.51 ^a	10.6±0.82 ^a	8.7±0.39	8.1±0.37 ^b
0.5%PS/ 2.5%43200		11.2±0.57 ^a	10.7±0.72 ^a	9.2±0.75	10.6±0.71 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of triplications (Mean±standard error).

Table 2-19. Hunter color b* values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 0.5% potassium sorbate (PS)² and different strains of lactic acid cultures.

Treatment	Storage time	Color - b values			
	(days)	0	3	6	9
Control		6.1±0.38	7.5±0.58 ^a	7.2±0.28	5.5±0.30 ^{bc}
0.5%PS		5.7±0.37	5.6±0.22 ^b	7.0±0.25	6.4±0.35 ^b
0.5%PS/ 2.5%19257		6.6±0.29	6.2±0.35 ^a	6.2±0.41	6.3±0.18 ^b
0.5%PS/ 2.5%10791		7.0±0.39	6.9±0.44 ^a	7.3±0.53	8.1±0.22 ^a
0.5%PS/ 2.5%11454		6.5±0.54	6.0±0.74 ^a	7.3±0.44	7.0±0.41 ^{ab}
0.5%PS/ 2.5%43200		7.5±0.60	7.0±0.42 ^a	6.5±0.51	6.2±0.32 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of triplications (Mean±standard error).

Table 2-20. TBA values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 0.5% potassium sorbate (PS)² and different strains of lactic acid cultures.

Treatment	Storage time	TBA			
	(days)	0	3	6	9
Control		0.75±0.06 ^b	0.65±0.02 ^b	0.75±0.03 ^a	0.91±0.06 ^a
0.5%PS		1.05±0.12 ^{ab}	1.03±0.05 ^a	0.59±0.02 ^b	0.55±0.03 ^b
0.5%PS/ 2.5%19257		1.16±0.10 ^a	0.95±0.05 ^a	0.52±0.02 ^{bc}	0.51±0.01 ^b
0.5%PS/ 2.5%10791		1.21±0.18 ^a	0.90±0.08 ^a	0.70±0.02 ^a	0.59±0.05 ^b
0.5%PS/ 2.5%11454		1.27±0.08 ^a	0.87±0.04 ^a	0.57±0.03 ^b	0.52±0.01 ^b
0.5%PS/ 2.5%43200		1.22±0.07 ^a	1.06±0.07 ^a	0.51±0.01 ^{bc}	0.51±0.02 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of triplications (Mean±standard error).

각 1 Kg의 돼지고기 안심과 1% potassium sorbate를 텀블러에 넣고 15 rpm에서 10분 동안 텀블링한 다음 0-3.5% *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257 배양액 (초기 pH 4.7, 초기 유산균수 8.1 log unit)을 가하고 동일조건에서 10분 동안 텀블링하였다. 그 후 4°C 냉장동안 육즙유출율, Hunter color 및 TBA에 미치는 영향을 분석하였다. 육즙유출에 미치는 영향을 분석한 결과 대조구는 저장 3일과 9일동안 2.17%와 3.50%의 육즙유출율을 나타내었다 (Table 2-21). 1.0% PS와 2.5% *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257처리구는 저장 3일 1.41% 그리고 저장 9일에는 1.81%의 육즙유출율을 나타내었다.

돼지고기안심에 potassium sorbate와 유산균배양액을 가하고 텀블링후 TBA 가에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리직후 1% potassium sorbate처리구는 대조구와 유의적 차이가 있었다 (Table 2-22). 그리고 저장 3일 동안 1% potassium sorbate처리구는 대조구와 유의적 차이를 나타내었다.

Table 2-21. Drip loss values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 1.0% potassium sorbate (PS)² and different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257.

Treatment	Storage time (days)		
	3	6	9
Control	2.17±0.13	3.77±1.67	3.50±0.62
1.0% PS	1.04±0.80	2.39±0.15	2.29±0.16
3.5% 19257	2.78±2.01	1.97±0.37	3.03±1.09
1.0%PS/ 1.5%19257	1.31±0.66	1.64±0.82	1.10±0.10
1.0%PS/ 2.5%19257	1.41±2.02	1.23±0.35	1.81±0.56
1.0%PS/ 3.5%19257	2.19±0.16	2.86±0.77	1.86±0.69

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of triplications (Mean±standard error).

Table 2-22. TBA values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 1.0% potassium sorbate (PS)² and different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257.

Treatment	Storage time (days)			
	0	3	6	9
Control	0.41±0.01 ^b	0.58±0.01 ^b	0.68±0.02 ^b	0.70±0.05 ^b
1.0% PS	0.75±0.06 ^a	1.00±0.10 ^a	1.01±0.04 ^a	1.11±0.06 ^{ab}
3.5% 19257	0.36±0.02 ^b	0.49±0.05 ^b	0.55±0.01 ^b	0.59±0.01 ^b
1.0%PS/ 1.5%19257	0.34±0.02 ^b	0.56±0.02 ^b	0.61±0.09 ^b	0.95±0.13 ^{ab}
1.0%PS/ 2.5%19257	0.29±0.02 ^b	0.60±0.06 ^b	0.84±0.05 ^{ab}	0.89±0.07 ^{ab}
1.0%PS/ 3.5%19257	0.32±0.03 ^b	0.46±0.01 ^b	0.68±0.09 ^b	1.42±0.12 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of triplications (Mean±standard error).

라) Tumbling법 적용후 Potassium sorbate와 UV 조사법의 영향

각 1 Kg의 돼지고기 안심과 0.5% (w/w) 농도로 potassium sorbate를 텀블러 (ChangDae Chemical Co., Korea)에 넣고 15 rpm으로 10분동안 텀블링하였다. 그 후 돼지고기안심은 상, 하, 좌, 우의 240 W UV lamp를 사용하여 0~60분 동안 조사후 4°C 냉장동안 돼지고기안심의 육즙유출율, Hunter color 및 TBA가에 미치는 영향을 분석하였다. UV조사는 돼지고기 표면의 전, 후면을 각각 0~60분 동안 조사하였다. 육즙유출에 미치는 영향을 분석한 결과 대조구는 저장 3일과 9일동안 2.65%와 2.48%의 육즙유출율을 나타내었다 (Table 2-23). 0.5% PS로 텀블링후 240 W UV 60분 처리구는 저장3일 2.41% 그리고 저장 9일에는 1.95%의 육즙유출율을 나타내었다.

Table 2-23. Effect of ultraviolet (UV) radiation and potassium sorbate on drip loss values¹ of pork tender-loins held at 4°C.

Treatment	Storage time (days)		
	3	6	9
Control	2.65±0.58	3.03±0.34	2.48±0.51
0.5%PS/ 실온30min	3.84±0.68	2.23±0.49	1.25±0.03
0.5%PS/ UV 10min	3.20±0.05	2.59±1.50	3.41±1.54
0.5%PS/ UV 20min	3.37±0.36	2.67±0.07	2.67±1.32
0.5%PS/ UV 30min	3.49±0.31	1.92±0.43	2.90±0.79
0.5%PS/ UV 60min	2.41±0.07	2.12±0.15	1.95±0.13

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of triplications (Mean±standard error).

본 연구의 결과 UV처리구는 돼지고기의 저장 동안 육즙유출에 미치는 영향이 낮은 것으로 검토되었으며 4°C 냉장 동안 미치는 영향은 경미한 것으로 검토되었다.

마) 전살법이 돈육의 품질에 미치는 영향

도축방법이 돈육의 품질에 미치는 영향은 (주) 만나 돼지고기의 대일 수출에 대비한 JPCS 방법 적용후 돈도체 등급화에 의한 현장적용가능성과 도축방법의 Benchmark 탐색에 의한 현장 적용으로 구분하여 실시하였다. 조사규모는 대조구 도축두수 전수조사 1,967두와 처리구 도축두수 전수조사 1,564두를 대상으로 실시하였다. 조사방법은 조사대상 축에 대한 PSE여부 판정후 PSE 돈육 발생을 분석과 도실방법의 변경전 PSE 발생율과 변경후 발생요인을 분석하였다. 주요조사항목은 다음과 같다. 1) PSE 발생율, 2) drip판정 : 관능평가에 의한 3점수법 (1 : 드립, 2 : 정상, 3번 : 건조), 3) 도체조사 : 전살방법에 따른 도체별 육색조사, 4) 도체특성조사 : 도체중, 등지방 두께, 5) 육색조사 : 색도표-일본 JPCS 기준, 6) 조사부위 : 등심근 (4-5 갈비 직상부). 그리

고 도살처리조건은 표 24와 같이 대조구는 고전압으로 처리구는 저전압을 적용하였다.

Table 2-24. 고전압과 저전압을 이용한 돈도살처리법.

구분	고전압 (control)	저전압 (treatment)
헤드전극전압	550 V	100 V
가슴전극전압	없음	175 V
전압주파수 조정여부	60 Hz 고정	40~100 Hz
헤드전류 (Amp)	6.7-9.4	0.4-0.9
기절시점 (stuning)	3초정도 움직인 후	움직임의 최소화
도축유도 방법	수동 물이봉	conyer belt 로 유도

도축장의 전살방법이 돈육등심의 육색에 미치는 영향을 조사한 결과 대조구의 PSE 발생률은 2%인데 비하여, 처리구의 PSE 발생률은 0.3%로 낮았다. 일본 구매자들이 구매를 기피하는 육색 3번 (경증 PSE)의 발생률은 대조구가 45%인데 비하여, 처리구는 36%로 낮은 출현율을 나타내었다 (Table 2-25).

Table 2-25. Percentage of carcasses classified by JPCS pork quality categories in slaughter system.

JPCS No	Slaughter system			
	Control		Treatment	
	N	%	N	%
1				
2	48	2	5	0.3
3	891	45	565	36
4	1028	52	994	64
Total	1967		1564	

이와 같이 PSE의 출현율이 낮은 이유는 계류시간 동안 수송중에 돼지가 받은 스트

레스의 감소, 도체처리후 15분 이내의 냉장고 입고 및 냉장고내의 빠른 온도하강때문으로 고려된다.

Table 2-26은 JPCS기준에 의한 PSE육과 정상육의 도체특성을 조사한 결과이다. 전살방법이 도체특성에 미치는 영향을 조사한 결과 PSE육에 해당하는 도체특성을 살펴보면 대조구의 도체중은 71.80 kg이었다. 그러나 처리구의 도체중은 73.20 kg으로 높았다.

Table 2-26. Effect of slaughter system on carcasses characteristics by JPCS pork quality categories.

Carcass trait	Treatment	PSE		Normal	
		N	%	N	%
Carcass weight(kg)	C	48	71.80	1028	71.90
	T	5	73.20	994	72.27
Backfatness(mm)	C	48	15.20	1028	12.81
	T	5	14.20	994	13.22

등지방두께에서는 대조구가 15.20 mm, 처리구가 14.20 mm으로 등지방두께에서는 처리구에서 낮게 나타났다. 정상육에서 발생하는 도체특성을 보면 대조구의 도체중과 등지방두께는 각각 71.90 kg 과 12.81 mm 였다. 그러나 처리구는 각각 72.27 kg 과 13.22 mm 로 나타났다. 이와 같은 결과는 일반적으로 도체의 PSE육 발생률이 낮기때문인것에 기인하여 기존의 보고 (Remple 등, 1995) 즉, 대체로 PSE돈육을 생산하는 도체가 정상육을 생산하는 도체에 비해 등지방층이 얇은 것으로 나타나고 있다는 결과와 다소 차이를 나타내었다. Table 2-27은 JPCS기준에 의한 경증 PSE육 (육색 NO3)의 성별특성을 조사한 결과이다. 경증 PSE는 온도관리와 육의 취급등의 정도에 따라 쉽게 육색의 변색이 가능한 것이다. 특히 일본 구매자들이 구입을 꺼리는 것으로 우리나라에서 취급에 주의가 요구되는 항목이다.

Table 2-27. Percentage of PSE (No 3) in pork carcass by sex

JPCS No	Treatment	Gilt		Boar		Barrow	
		N	%	N	%	N	%
3	C	387	19.67	1	0.0005	503	25.57
	T	263	16.81	4	0.0026	298	19.05

도축방법에 따른 성별 경증 PSE 발생율은 대조구의 암, 수 및 거세돈은 각 19.67%, 0.0005% 및 25.57% 이었다. 그러나 처리구의 암, 수 및 거세돈의 발생률은 각각 16.81%, 0.0026% 및 19.05%로 나타났다. 암컷과 거세돈에서 도축방법의 의한 경증 PSE 발생률이 개선되는 것으로 나타났다. Larsen (1982)은 700 V와 300 V로 전살시 PSE발생율이 15%와 18%로 고전압에서 PSE 발생률이 높았다고 하였으며, Graygory (1987)는 저전압인 60-70 V 에서 20초 이상 전살한 것이 육질보존에 효과적이라 하였다. 본 연구의 결과도 저전압방법인 처리구의 육색이 개선되는 것으로 나타나 다른 연구자의 연구경향과 유사한 경향을 보였다. Table 2-28은 JPCS기준에 의한 정상육의 성별특성을 조사한 결과이다. 정상육은 (NO 4) 육색이 안정된 상태로 일본 구매자들이 가장 선호하는 육색으로서 수출작업을 하는 도축장에서 가장 많이 생산해야 하는 품목이다. 도축방법중 대조구는 머리만 전살하다가 처리구는 머리에서 등쪽으로 전극을 이동하면서 전살하였다.

Table 2-28. Percentage of PSE (No 4) in pork carcass by sex

JPCS No	Treatment	Gilt		Boar		Barrow	
		N	%	N	%	N	%
4	C	573	29.13	9	0.004	446	22.67
	T	521	33.31	22	0.014	451	28.83

그 결과 도축방법에 따른 성별 정상육 발생율은 대조구의 암, 수 및 거세돈은 각 29.13%, 0.004% 및 22.67%였다. 그러나 처리구의 암, 수, 거세의 발생률은 각각 33.31%, 0.014%, 28.83%로 나타났다. 암컷과 거세에서 도축방법에 의한 정상육 발생

률이 개선되는것으로 나타났다. Aalhus 등 (1991)은 머리에서 등쪽으로 전극을 이동하면서 전살한 결과 pH강하 속도가 빨라졌고 육색이 개선되었다고 하였으며 본 연구의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. Table 2-29는 전살방법이 등심근의 drip에 미치는 영향을 관능평가에 의거 실시한 결과이다. Drip loss는 PSE육에서 많이 발생하는 현상으로 육질저하를 유발하는 주요인중의 하나이다.

Table 2-29. Meat quality and carcass characteristics of JPCS quality categories by slaughter system.

Carcass trait	Treatment	Drip loss		Normal	
		N	%	N	%
Driploss	C	103	5.24	1861	94.61
	T	35	2.24	1529	97.57

관능평가결과 대조구의 드립유출이 심한 경우는 5%이었다. 그러나 도축방법의 변경한 처리구의 결과는 2%로 JPCS방법에 의거한 육색의 PSE 발생률 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 본 연구 결과 (주) 만나의 도축방법의 변경은 돈육의 육질개선에 효율적인 것으로 평가되었다.

Table 2-30은 도살방법이 육즙유출율에 미치는 영향을 육색의 분류에 따라 조사한 결과이다. 드립을 발생한 육색을 보면 JPCS No 2와 -3 에 주로 분포하고 있다. 그러나 정상육은 JPCS No 3과 -4의 범위에 해당한다. 또한 정상육색의 JPCS No 4에서 대조구가 52%와 처리구가 64% 이었다.

Table 2-30. Incidence of drip loss of JPCS quality categories by slaughter system

JPCS No	Treatment	Drip loss		Normal	
		N	%	N	%
2	C	46	2.44	2	0.01
	T	5	0.32	0	0.00
3	C	57	2.89	832	42
	T	29	1.85	536	34
4	C	0	0.00	1027	52
	T	1	0.06	993	64

3) 결 론

본 연구에 사용된 천연항균물질 생산 균주는 유산균과 프로피온산 생산균주로서 저농도의 사용은 육색 및 육즙유출, TBA에 미치는 영향이 낮은 것으로 검토되었다. 텀블링기법과 Potassium sorbate 후 UV조사에서 육즙유출에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 검토되었다. 또한 유산균배양액과 potassium sorbate의 조합에 의한 육색변화를 관찰한 결과 potassium sorbate의 단독처리구 보다 미치는 영향이 낮은 것으로 검토되었다. 천연항균물질 처리후 대조구의 TBA는 3.96 log unit를 처리한 T1 처리구와 유의적 차이가 없었다. Hunter color L*과 b*는 천연항균물질 처리구와 대조구 사이에 유의적 차이가 없었다. 그러나 Hunter a*는 천연항균물질 처리구와 대조구 사이에 유의적 차이가 있었다. 천연 항균물질처리구의 육즙유출율은 처리구와 대조구 사이에 처리 4일후 유의적 차이가 있었으나 T1 처리구는 저장 8일에는 대조구와 유의적 차이가 없었다. 돼지고기 표면에 UV를 조사후 Hunter color a*와 b* 가에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리 1일 후 대조구와 유의적 차이가 없었으며 UV를 조사하지 않은 대조구와 5-20분 동안 UV를 조사한 처리구는 저장 1일후 유의적 차이가 없었다. UV를 조사한 처리구는 저장 동안 TBA가 변화에 대한 처리시간에 의한 영향을 나타낼것으로 고려되었다. 500 V의 고전압으로 처리한 대조구보다 저전압처리구 (머리100 V, 가슴 175 V)는 PSE발생율의 감소를 나타내었다. 드립조사를 통한 정상육질의 발생율은 Table 1의 육색 No 4의 발생률과 일치하므로써 저전압 처리구 (머리 175V, 가슴 175V)는 고전압대조구 (500V)보다 육색 향상과 아울러 드립발생율의 개선에 효과적이었음을 나타내었다. 그리고 저전압 처리구 (머리 175V, 가슴 175V)는 고전압 대조구 (500V)보다 돈육의 품질 향상에 효과적 이었으며, 현장애로점 해결을 위한 적합한 품질관리 기술이 될것으로 평가되었다.

나. 천연항균물질의 이용과 돼지고기 이화학적 분석

1) 연구방법 및 설계

냉장육 시료는 (주) 만나, 돼지고기 가공업체, 백화점 및 단위시장으로부터 각각 500 g의 부위별 (등심 및 안심) 1,500 kg을 구입하여 공시육으로 사용하였다. 돼지도체는 각 5개의 처리구로하여 처리구당 100마리의 돼지 (50시험 × 5처리 × 5마리)을 사용하였다. 천연육보존제는 *Lactococcus* spp 등의 유산균을 최적온도에서 배양후 형성된 물질을 도체에 적용하고 이화학적 분석을 실시하였다. 각 처리구에 대한 육색, 육즙유출, TBA가, pH등의 이화학적 변화 등을 냉장조건별, 저장기간별로 하여 조사하였다. UV조사법 (본 연구원이 특허출원중)을 이용하여 부분 육제품의 이화학적 분석을 실시하였다.

가) 천연항균물질의 생산

천연항균물질을 생산하기 위한 실험으로서, Brain Heart Infusion broth (Difco, USA)와 mannitol broth에 계대배양한 종균을 각 멸균한 2.5~10% (w/v) 탈지분유배지 (Difco, USA)에 0.5% 씩 접종후 각 37°C 와 30°C의 최적 배양온도조건에서 24-48 시간 배양하였다. 그 후 각 2,000 ml의 유산균 배양액을 8,000 rpm에서 15분 원심분리하거나 또는 80°C 항온수조에서 30분 유지후 8,000 rpm에서 15분 원심분리하여 상층액을 실험에 사용하였다. 원심분리후 얻은 천연항균물질은 각 10 Kg 육시료 (평균중량 25 g의 등심과 안심)에 사용하였다.

위생적 돼지고기를 생산하기위한 방법은 침지법을 이용하였다. 각 500 ml의 천연항균물질에 250 g의 육시료를 넣고 0~10분의 침지시간을 이용하여 육표면을 위생화 하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정치후 유출되는 수분을 제거하였다. 각 육시료는 지퍼백에 넣고 0~10°C 의 냉장온도에 저장 하면서 저장 기간별 미생물학적 저장 안정성을 분석하였다.

나) Tumbling법의 이용

등심 및 안심 부위를 각 100-150 g 중량의 입방체로 절단하고, 교반속도 (rpm) 및 시간별 (min) 냉장 조건에서 미생물학적 변화를 저장 기간별 분석하였다. 4개의 처리구에 대해 유산균배양액에 침지후 텀블링법을 적용하였다. ① 수돗물 세척후 돼지고기 텀블링후 4℃에서 저장한 대조구 ② 농도별유산균배양액이적용후 돼지고기를 텀블링후 4℃저장조건 ③ 농도(%)별 보존제 처리후, r.p.m.별 텀블링후 4℃에 저장조건 ④ 각 유산균 및 보존제 이용 텀블링 처리후, UV조사법 적용후 돼지고기를 포장하고 최적조건을 조사하였다.

다) 육시료

각 박피후, 두족절단 후, 내장적출 후 및 예냉 공정별 취한 시료는 얼음이든 아이스 박스로 운반하고 5℃냉장실에 유지하면서 3시간이내에 실험에 사용하였다. 4단계 도체처리에서 25~50 g의 시료를 사용하여, 표준세척법 및 stomacher용 시료로 사용하였다. 각 돈시료는 최소 2부위를 사용하되 이는 가슴살, 안심, 등심에서 선발하였다.

라) UV조사법의 분석

본 연구원이 돼지고기 저장 안정성 증진을 목적으로 자체 개발한 UV조사법은 광의 육표피 침투가 낮고 도축공정에 적용후 영구적으로 사용할 수 있는 방법으로서 (주) 만나에서 생산한 돼지고기의 이화학적 변화의 단점을 최소화 할수 있는 기술개발을 실시하였다. UV조사기 (본 연구책임자, 특허출원중) 는 높이 80cm : 가로 70cm : 폭 60cm의 크기로하여 상, 하, 좌 및 우에 각 40 W UV lamp를 2개씩 설비 (총 8개 부착) 하였다.

마) Colorimeter를 사용한 육색변화 측정

육색은 Hunter colormeter를 사용하여 L, a, b가를 측정하였다.

바) TBA법

돼지고기의 지방산패에 대한 분석은 Salih등 (1987)의 방법으로 수행하였다.

사) 유즙유출

냉장 저장 동안 일정 기간별로 돼지고기에서 유출액의 중량비를 아래와 같은 백분율로 환산하였다.

$$\text{유즙유출율(\%)} = \frac{\text{시료의총중량} - (\text{저장후유출액을제거한중량} + \text{저장용기의중량})}{\text{시료총중량} - \text{저장용기의중량}} \times 100$$

아) 통계 처리

모든 자료의 통계처리는 SAS program (1991)을 이용하여 ANOVA로 분석하고 5% 이하의 유의수준에서 평균값을 LSD로 분리하여 분석하였다.

2) 연구결과

가) 천연항균물질 침지후 이화학적 육질분석 방법 1

Lactococcus lactis subsp. lactis ATCC 11454 (KCCM 40104)를 10% (w/v)의 탈지분유배지에서 배양하고 80°C 항온수조에서 30분 유지한 다음 8,000 rpm에서 15분 원심분리후 수집한 각 500 ml의 상층액에 각 250 g의 육시료를 10분 침지하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정지후 유출되는 수분을 제거하였다. 각 육시료는 지퍼백에 넣고 4°C의 냉장온도에 저장 하면서 저장 기간별 관능평가, 육즙

유출율, pH, color 및 TBA를 분석하였다. 이때 초기 *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)의 탈지유 배지에서 유산균수는 1.7×10^6 CFU/ml를 나타내었다. NAS 1은 증류수에 천연항균물질을 4배 희석과 NAS 2는 2배 희석한 물질을 사용하였다. 그리고 NAS 3은 천연항균물질을 원료육에 희석하지않고 사용하였다 (Table 1-7). 천연항균물질 처리직후 NAS3는 대조구와 유의적 차이는 없었으나 NAS1과 2보다 냄새의 점수가 낮게 등급되었다 (Table 2-31). 그러나 외관은 처리구가 대조구 보다 높게 좋은 것으로 등급되었다. 저장 6일후 냄새와 외관에 대한 관능 평가결과 NAS1과 NAS2는 대조구와 유의적 차이가 없었다.

Table 2-31. Sensory evaluation values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454.

Storage time (days) Treatments	odor			appearance		
	0day	3day	6day	0day	3day	6day
Control	4.00±0.00 ^{ab}	3.40±0.16	3.00±0.00	4.00±0.00 ^b	3.10±0.10	3.20±0.13 ^a
NAS 1/10min	4.20±0.13 ^a	3.40±0.16	3.20±0.13	4.60±0.16 ^a	3.40±0.16	3.20±0.13 ^a
NAS 2/10min	4.30±0.15 ^a	3.40±0.16	3.40±0.16	4.50±0.17 ^a	3.30±0.15	3.20±0.13 ^a
NAS 3/10min	3.60±0.22 ^b	3.30±0.15	3.40±0.16	4.70±0.15 ^a	3.10±0.10	2.70±0.15 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

육즙유출율을 분석한 결과 저장 3일후 NAS1과 2의 처리구는 대조구와 유의적 차이가 없었으나 저장 6일에는 유의적 차이를 나타내었다 (Table 2-32).

Table 2-32. Drip Loss values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454.

Treatments	Storage time (days)	
	3day	6day
Control	2.48 ^a	1.87 ^a
NAS 1/10min	2.02 ^a	4.14 ^{bc}
NAS 2/10min	2.87 ^a	4.49 ^b
NAS 3/10min	1.27 ^b	3.49 ^c

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Hunter color L과 a가를 측정한 결과 NAS1과 2의 처리구는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었으며 저장 6일에도 같은 결과를 나타내었다 (Table 2-32와 2-33). Hunter color b가는 천연항균물질 처리직후 대조구는 처리구와 유의적 차이를 나타내었으며 저장 6일에도 같은 결과를 나타내었다 (Table 2-35). pH가는 천연항균물질 처리직후 대조구는 NAS2와 3처리구와 유의적 차이를 나타내었으며 저장 6일에도 같은 결과를 나타내었다 (Table 2-36).

Table 2-33. Hunter color L values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454.

Treatments \ Storage time (days)	0day	3day	6day
Control	52.48±0.34 ^a	51.08±0.46 ^a	48.01±0.58 ^b
NAS 1/10min	50.85±0.98 ^{ab}	49.73±0.23 ^a	5.00±1.09 ^{ab}
NAS 2/10min	50.99±0.45 ^{ab}	50.16±1.10 ^a	49.95±0.85 ^{ab}
NAS 3/10min	49.48±0.73 ^b	47.84±0.37 ^b	51.88±0.98 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Table 2-34. Hunter color a values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454.

Treatments \ Storage time (days)	0day	3day	6day
Control	13.59±0.27 ^a	14.26±0.62 ^a	19.21±1.33 ^a
NAS 1/10min	12.45±0.32 ^a	10.99±0.33 ^b	19.59±0.54 ^a
NAS 2/10min	12.35±0.94 ^a	10.73±0.15 ^b	19.25±0.71 ^a
NAS 3/10min	13.08±0.38 ^a	13.15±0.35 ^a	19.20±0.65 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Table 2-35. Hunter color b values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454.

Storage time (days)	0day	3day	6day
Control	7.53±0.16 ^a	9.83±0.85 ^a	2.76±0.47 ^b
NAS 1/10min	8.18±0.56 ^b	6.85±0.35 ^b	4.43±0.65 ^a
NAS 2/10min	8.25±0.65 ^b	7.35±0.27 ^b	4.35±0.61 ^a
NAS 3/10min	8.49±0.23 ^b	8.08±0.72 ^b	5.63±0.30 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Table 2-36. pH values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454.

Storage time (days)	0day	3day	6day
Control	5.66±0.00 ^a	5.65±0.01 ^a	5.72±0.01 ^a
NAS 1/10min	5.69±0.01 ^a	5.58±0.01 ^b	5.68±0.01 ^{ab}
NAS 2/10min	5.57±0.01 ^b	5.53±0.01 ^b	5.63±0.01 ^b
NAS 3/10min	5.53±0.01 ^b	5.50±0.05 ^b	5.61±0.02 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

TBA가 천연항균물질 처리직후 대조구는 처리구와 유의적 차이를 나타내었으며 저장 3일 이후에는 유의적 차이가 없었다 (Table 2-37).

Table 2-37. TBA values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454.

Treatments	Storage time (days)		
	0day	3day	6day
Control	0.58±0.06 ^a	1.08±0.03 ^a	1.25±0.12 ^a
NAS 1/10min	0.62±0.10 ^b	1.01±0.07 ^a	1.31±0.14 ^a
NAS 2/10min	0.68±0.10 ^b	1.16±0.29 ^a	1.37±0.21 ^a
NAS 3/10min	0.66±0.02 ^b	1.00±0.09 ^a	1.14±0.03 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1 = natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

나) 천연항균물질 침지후 이화학적 육질분석 방법 2

Acetobacter aceti ATCC 15973 (KCCM 40229)를 10% (w/v)의 탈지분유배지에서 배양한 다음 80°C 항온 수조에서 30분 유지후 8,000 rpm에서 15분 원심분리후 수집한 각 500 ml의 상층액을 각 250 g의 육시료에 10분 침지하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정치후 유출되는 수분을 제거하였다. 각 육시료는 PEE 필름을 이용하여 진공포장 (Model-1AM, vacuum packaging machine, Leepack, Korea)에 넣고 20초의 진공, sealing 시간은 2초로하여 밀봉하였다. 그리고 3±1°C의 냉장온도에 저장하면서 각 육시료는 지퍼백에 넣고 저장 기간별 관능평가, 육즙유출율, pH 및 color를 분석하였다. 이때 초기 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)의 탈지유 배지에서 세균수는 3.80×10⁷ CFU/ml를 나타내었다. NAS 1은 증류

수에 천연항균물질을 4배 희석과 NAS 2는 2배 희석한 물질을 사용하였다. 그리고 NAS 3은 천연항균물질을 원료육에 희석하지않고 사용하였다 (Table 2-38 ~ 2-41). 천연항균물질 처리직후 냄새 및 외관에 대한 광능평가를 실시한 결과는 대조구와 유의적 차이 없었다. 그러나 냄새의 결과 처리구는 저장 6일후 대조구 보다 높게 등급되었다 (Table 2-38).

Table 8. Sensory evaluation values¹ on refrigerated (3±1°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229).

Storage time (days) Treatments	odor			appearance		
	0day	4day	7day	0day	4day	7day
Control	5.00±0.00 ^a	4.70±0.15 ^a	3.80±0.20 ^b	5.00±0.00 ^a	5.10±0.23 ^a	3.80±0.25 ^a
NAS 1	5.10±0.28 ^a	5.00±0.26 ^b	4.50±0.27 ^a	4.80±0.13 ^a	4.80±0.13 ^{ab}	3.70±0.15 ^a
NAS 2	5.10±0.28 ^a	5.00±0.26 ^b	4.60±0.27 ^a	4.80±0.13 ^a	4.80±0.20 ^{ab}	3.40±0.16 ^a
NAS 3	5.10±0.28 ^a	5.00±0.21 ^b	4.60±0.27 ^a	4.80±0.13 ^a	4.50±0.22 ^b	3.50±0.17 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1 = natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Hunter color L가를 측정 한 결과 NAS 2와 3의 처리구는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었으며 저장 6일에는 처리구와 대조구 사이에 유의적 차이가 있었다 (Table 2-39). Hunter color a가를 측정 한 결과 천연항균물질 처리구는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었으나, 저장 6일에는 처리구와 대조구 사이에 유의적 차이가 있었다 (Table 2-40). Hunter color b가를 측정 한 결과 NAS 2와 3의 처리구는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 있었으며 저장 6일에도 같은 결과를 나타내었다 (Table 2-41).

Table 2-39. Hunter color L values¹ on refrigerated (3±1°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229).

Treatments	Storage time (days)		
	0day	4day	7day
Control	47.84±0.79 ^a	45.88±1.05 ^{bc}	44.80±0.51 ^a
NAS 1	45.43±0.31 ^b	48.64±1.13 ^{ab}	47.63±0.85 ^a
NAS 2	46.34±0.70 ^{ab}	50.64±0.82 ^a	46.01±0.75 ^a
NAS 3	47.60±0.80 ^a	44.76±0.94 ^c	46.49±3.23 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1 = natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Table 2-40. Hunter color a values¹ on refrigerated (3±1°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229).

Treatments	Storage time (days)		
	0day	4day	7day
Control	16.23±0.79 ^a	13.70±0.70 ^b	18.15±1.65 ^a
NAS 1	17.26±1.09 ^a	13.48±0.23 ^b	20.26±0.73 ^b
NAS 2	16.46±0.42 ^a	17.29±1.08 ^a	20.59±1.18 ^b
NAS 3	17.61±1.06 ^a	15.53±0.82 ^{ab}	20.90±0.63 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1 = natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Table 2-41. Hunter color b values¹ on refrigerated (3±1°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229).

Treatments	Storage time (days)		
	0day	4day	7day
Control	8.95±0.84	5.66±0.29 ^c	3.21±0.72
NAS 1	8.83±0.89	7.26±0.36 ^{bc}	3.79±1.05
NAS 2	10.48±0.47	9.54±0.73 ^a	3.94±0.68
NAS 3	9.83±0.70	7.86±1.07 ^{ab}	4.19±0.55

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1 = natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

다) 천연항균물질의 산업적 이용을 위한 이화학적 분석

(1) 천연항균물질의 배양조건과 텀블링의 영향

유산과 초산등의 천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)와 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 각 2.5~10% (w/v) 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양하였다. 그 후 80°C 항온 수조에서 30분 유지후 8,000 rpm에서 15분 원심분리하였다. 그리고 수집한 5 L의 천연항균물질은 각 500 ml 단위로 1,000 ml의 위생화한 용기에 넣은 다음 각 500 g의 돼지고기 등심과 안심 (평균 250±5 g 단위)을 10분 침지하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정치후 유출되는 수분을 제거하였다. 그리고 텀블러 (자체제작, 창대과학, 국산)에 넣고 15 rpm에서 10분 텀블링하였다. 각 육시료는 연신수축필름 (Diamiron-S, Mitsubishi Plastics Industries Limited, Japan)을 이용한 shrinkage packaging을 실시하기 위하여 진공포장기 (Model-1AM,

vaccum packaging machine, Leepack, Korea)에 넣고 20초의 진공후 2초의 sealing 조건에서 밀봉하였다. 그리고 4°C의 냉장온도에 저장 하면서 저장 기간별 이화학적 분석을 실시하였다. 천연항균물질인 *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)의 유산균에서 얻은 천연항균물질의 pH가와 유산균수를 측정 한 결과는 각 4.70-5.10과 $4.0-6.0 \times 10^6$ CFU/ml를 그리고 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229) 초산균에서 얻은 천연항균물질의 pH가와 초산균수를 측정 한 결과는 각 4.92-5.10과 $2.48-7.82 \times 10^7$ CFU/ml를 나타내었다 (협동연구기관 결과 참조). *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454를 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color L가는 처리직후 대조구보다 유의적 증가 ($P < 0.05$)를 나타내었다 (Table 2-42). 그리고 7.5~10% 처리구는 4°C 저장 5일 동안 대조구와 유의적 차이를 나타내었다.

Lactococcus lactis subsp lactis ATCC 11454를 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color a가는 처리직후 대조구보다 유의적 증가 ($P < 0.05$)를 나타내었다 (Table 2-43). 그리고 7.5~10% 처리구는 4°C 저장 10일 동안 대조구와 유의적 차이를 나타내었다.

Table 2-42. Hunter color L values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	51.73±0.33 ^d	52.05±0.58 ^c	53.90±0.88 ^c	55.93±0.85	65.05±2.97 ^a
2.5% SM ² /24 hrs	57.12±0.27 ^a	53.85±0.19 ^{bc}	54.98±0.74 ^{bc}	56.27±0.59	62.12±3.75 ^{ab}
5.0% SM/24 hrs	56.48±0.57 ^{ab}	54.70±1.04 ^{abc}	57.55±0.58 ^a	56.90±0.61	57.40±1.22 ^b
7.5% SM/24 hrs	55.57±0.39 ^b	56.43±0.99 ^a	56.62±0.74 ^{ab}	56.65±0.63	56.18±0.99 ^b
10.0% SM/24 hrs	53.48±0.33 ^c	55.50±1.19 ^{ab}	54.85±0.94 ^{bc}	57.15±0.89	58.35±0.90 ^{ab}

^{a-c1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 2-43. Hunter color a values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	4.22±0.15 ^a	5.40±0.13 ^a	5.97±0.19 ^{ab}	6.60±0.23 ^a	6.95±1.24 ^a
2.5% SM ² /24 hrs	3.73±0.34 ^{ab}	5.93±0.0 ^a	6.53±1.13 ^a	5.932±0.28 ^a	5.05±0.46 ^b
5.0% SM/24 hrs	3.65±0.32 ^{ab}	4.15±0.41 ^b	5.07±0.27 ^{ab}	5.40±0.26 ^a	3.32±0.47 ^b
7.5% SM/24 hrs	3.42±0.16 ^b	3.95±0.58 ^b	4.50±0.28 ^b	5.80±0.56 ^a	4.38±0.19 ^b
10.0% SM/24 hrs	3.00±0.13 ^b	3.73±0.43 ^b	4.32±0.51 ^b	5.93±0.38 ^a	4.63±0.32 ^b

^{a-c1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color b가는 처리직후 대조구보다 유의적 증가 ($P < 0.05$)를 나타내었으며 저장 5일 동안 같은 결과를 나타내었다 (Table 2-44). *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 pH가는 처리직후 대조구보다 유의적 감소 ($P < 0.05$)를 나타내었으며 저장 15일 동안 지속되었다 (Table 2-45). *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 TBA가는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 없었으며 저장 10일 동안 유사한 결과를 나타내었다 (Table 2-46). *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 연도는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 있었으며 저장 5- 10일 동안 유사한 결과를 나타내었다 (Table 2-47).

Table 2-44. Hunter color b values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	4.78±0.20 ^{ab}	4.85±0.13 ^{bc}	5.43±0.37	5.55±0.44 ^a	7.28±0.38 ^a
2.5% SM ² /24 hrs	5.18±0.26 ^a	4.42±0.16 ^c	5.13±0.41	4.25±0.24 ^b	6.23±0.55 ^{ab}
5.0% SM/24 hrs	4.70±0.12 ^{abc}	4.27±0.23 ^c	5.53±0.34	5.20±0.27 ^{ab}	4.03±0.35 ^d
7.5% SM/24 hrs	4.37±0.22 ^{bc}	5.65±0.34 ^{ab}	5.23±0.38	5.92±0.52 ^a	4.62±0.30 ^{cd}
10.0% SM/24 hrs	4.13±0.09 ^c	6.13±0.59 ^a	5.78±0.41	5.85±0.34 ^a	5.23±0.25 ^{bc}

^{a-c1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 2-45. pH values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	5.73±0.01 ^a	5.64±0.01 ^a	5.63±0.01 ^a	5.64±0.03 ^a	5.55±0.02 ^b
2.5% SM ² /24 hrs	5.17±0.01 ^b	5.36±0.01 ^c	5.45±0.03 ^b	5.53±0.02 ^b	5.72±0.07 ^a
5.0% SM/24 hrs	5.17±0.01 ^b	5.30±0.00 ^b	5.44±0.01 ^b	5.54±0.02 ^b	5.68±0.02 ^{ab}
7.5% SM/24 hrs	5.18±0.01 ^b	5.30±0.02 ^b	5.42±0.01 ^b	5.50±0.01 ^b	5.72±0.05 ^a
10.0% SM/24 hrs	5.19±0.01 ^b	5.32±0.01 ^d	5.44±0.01 ^b	5.57±0.02 ^b	5.60±0.02 ^{ab}

^{a-c1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 2-46. TBA¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	0.51±0.03	0.56±0.02	0.69±0.05	0.98±0.08 ^a	1.10±0.03 ^b
2.5% SM ² /24 hrs	0.45±0.02	0.57±0.02	0.74±0.04	0.88±0.05 ^{ab}	1.11±0.01 ^b
5.0% SM/24 hrs	0.50±0.03	0.57±0.01	0.68±0.07	0.81±0.02 ^b	1.12±0.04 ^b
7.5% SM/24 hrs	0.49±0.02	0.56±0.04	0.66±0.02	0.75±0.06 ^b	1.19±0.04 ^{ab}
10.0% SM/24 hrs	0.45±0.01	0.51±0.01	0.72±0.06	0.77±0.01 ^b	1.27±0.01 ^a

^{a-c1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 2-47. Tenderness values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Treatments \ Storage time (days)	0day	5day	10day	15day	20day
Control	7.65±0.32 ^a	5.69±0.26	6.41±0.24 ^a	5.14±0.27 ^{ab}	4.82±0.15 ^{ab}
2.5% SM ² /24 hrs	7.94±0.50 ^a	5.55±0.42	5.58±0.26 ^a	6.06±0.20 ^a	4.15±0.24 ^b
5.0% SM/24 hrs	7.02±0.25 ^{ab}	5.54±0.12	5.32±0.65 ^a	5.37±0.65 ^{ab}	4.68±0.21 ^{ab}
7.5% SM/24 hrs	7.26±0.36 ^{ab}	5.35±0.21	5.60±0.52 ^a	5.48±0.50 ^a	5.11±0.27 ^a
10.0% SM/24 hrs	6.53±0.19 ^b	5.91±0.21	5.15±0.25 ^b	4.17±0.18 ^b	4.82±0.29 ^{ab}

^{a-c1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Acetobacter aceti ATCC 15973 (KCCM 40229)를 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color L가는 저장 5일 후 대조구와 유의적 차이 (P < 0.05)를 나타내었다 (Table 2-48). *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color a가는 처리직후 대조구와 유의적 유의적 차이 (P < 0.05)를 나타내었다 (Table 2-49). 그러나 5.0~10.0% 처리구는 4°C 저장 5 동안 대조구와 유의적 차이를 보였지만 10-15일에는 대조구와 유의적 차이가 없었다.

Table 2-48. Hunter color L values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229) growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Treatments	Storage time (days)				
	0day	5day	10day	15day	20day
Control	57.17±1.06 ^a	54.32±0.48 ^c	57.17±1.91 ^a	58.93±2.94	58.68±1.36
2.5% SM ² /24 hrs	54.97±1.09 ^a	65.08±0.75 ^a	55.40±0.42 ^{ab}	56.23±1.48	58.95±0.44
5.0% SM/24 hrs	55.77±0.67 ^a	60.33±0.98 ^b	52.43±0.69 ^b	55.15±0.69	57.85±0.61
7.5% SM/24 hrs	55.60±0.68 ^a	59.22±0.78 ^b	55.70±0.86 ^a	55.57±0.85	58.95±0.63
10.0% SM/24 hrs	56.10±0.65 ^a	57.97±1.41 ^b	57.85±0.46 ^a	59.40±0.61	59.43±0.91

^{a-c1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 2-49. Hunter color a values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229) growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Treatments	Storage time (days)				
	0day	5day	10day	15day	20day
Control	5.08±0.31 ^a	6.77±0.20 ^a	3.50±0.45	6.37±1.71	6.65±0.22 ^a
2.5% SM ² /24 hrs	4.88±0.60 ^b	6.33±0.41 ^a	4.15±0.39	5.25±0.47	5.02±0.46 ^b
5.0% SM/24 hrs	4.43±0.25 ^b	5.38±0.73 ^b	3.50±0.37	4.82±0.36	5.85±0.35 ^{ab}
7.5% SM/24 hrs	3.52±0.30 ^c	5.28±0.38 ^b	4.70±0.54	4.80±0.54	6.17±0.44 ^{ab}
10.0% SM/24 hrs	3.67±0.64 ^c	5.15±0.55 ^b	4.23±0.73	5.83±0.72	6.12±0.51 ^{ab}

^{a-c1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Acetobacter aceti ATCC 15973 (KCCM 40229)를 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color b가는 처리직후 대조구와 유의적 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었으나 저장 10일에는 유의적 차이가 없었다 (Table 2-50). *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 pH가는 처리직후 대조구와 유의적 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었으며 저장 10일 동안 지속되었다 (Table 2-51).

Table 50. Hunter color b values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229) growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Treatments	Storage time (days)				
	0day	5day	10day	15day	20day
Control	5.78±0.47 ^a	5.20±0.52 ^a	5.05±0.36	6.23±0.84 ^a	6.35±0.26 ^{ab}
2.5% SM ² /24 hrs	4.72±0.35 ^b	5.43±0.22 ^a	4.18±0.21	5.18±0.32 ^{ab}	4.93±0.61 ^b
5.0% SM/24 hrs	4.63±0.11 ^b	5.92±0.40 ^b	4.40±0.35	4.22±0.34 ^b	5.72±0.21 ^{ab}
7.5% SM/24 hrs	4.13±0.29 ^c	5.40±0.24 ^{ab}	5.12±0.41	4.62±0.50 ^{ab}	7.13±0.63 ^a
10.0% SM/24 hrs	4.38±0.36 ^{bc}	5.42±0.51 ^{ab}	4.72±0.55	6.17±0.76 ^a	7.13±0.50 ^a

^{a-c1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 2-51. pH values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229) growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	5.65±0.01 ^a	5.67±0.01 ^a	5.78±0.04 ^a	5.75±0.07	5.57±0.02 ^a
2.5% SM ² /24 hrs	5.27±0.05 ^b	5.30±0.01 ^b	5.56±0.04 ^b	5.80±0.03	5.37±0.02 ^b
5.0% SM/24 hrs	5.29±0.02 ^b	5.30±0.01 ^b	5.55±0.02 ^b	5.79±0.04	5.47±0.02 ^a
7.5% SM/24 hrs	5.17±0.07 ^b	5.23±0.03 ^b	5.54±0.03 ^b	5.73±0.06	5.54±0.04 ^a
10.0% SM/24 hrs	5.20±0.02 ^b	5.27±0.03 ^b	5.57±0.02 ^b	5.65±0.03	5.52±0.03 ^a

^{a-c1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 52. TBA values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973(KCCM 40229) growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	0.40±0.05 ^a	0.45±0.01 ^a	0.50±0.00 ^a	0.75±0.04	0.81±0.05
2.5% SM ² /24 hrs	0.45±0.03 ^{ab}	0.56±0.04 ^b	0.64±0.03 ^b	0.72±0.02	0.85±0.04
5.0% SM/24 hrs	0.46±0.03 ^{ab}	0.55±0.06 ^b	0.60±0.02 ^b	0.66±0.01	0.88±0.01
7.5% SM/24 hrs	0.48±0.03 ^b	0.53±0.05 ^b	0.62±0.01 ^b	0.68±0.01	0.71±0.00
10.0% SM/24 hrs	0.48±0.01 ^b	0.56±0.02 ^b	0.63±0.09 ^b	0.70±0.06	0.83±0.14

^{a-c1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Acetobacter aceti ATCC 15973 (KCCM 40229)를 7.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 TBA는 처리직후 대조구와 유의적 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었으며, 저장 10일 동안 지속되었다 (Table 2-52).

(2) 천연항균물질의 침지시간별 영향

유산등의 천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)를 5.0% (w/v) 농도의 탈지분유 배지에서 24시간 배양하였다. 그 후 80°C 항온 수조에서 30분 유지후 8,000 rpm에서 15분 원심분리하였다 (pH 4.72). 그리고 수집한 5 L의 천연항균물질은 육 침지시간별 영향을 분석하기 위하여 500 ml 단위로 1,000 ml의 위생화한 용기에 넣은 다음 각 500 g의 돼지고기 등심 (평균 250±5 g 단위)을 0-9분 침지하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정치후 유출되는 수분을 제거하였다. 각 육시료는 연신수축필름 (Diamiron-S, Mitsubishi Plastics Industries Limited, Japan)을 이용한 shrinkage packaging을 실시하기 위하여 진공포장기 (Model-1AM, vacuum packaging machine, Leepack, Korea)에 넣고 20초의 진공후 2초의 sealing 조건에서 밀봉하였다. 그리고 4°C의 냉장온도에 저장하면서 저장 기간별 이화학적 변화를 분석하였다 (Table 2-53). *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1~6분 침지한 돼지고기 등심의 냄새점수는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었다. 1~6분 침지한 돼지고기 등심의 냄새점수는 4°C 저장 5일 동안 대조구보다 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었다. *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 9분 침지한 돼지고기 등심의 외관점수는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었다 (Table 2-54). 1~9분 침지한 돼지고기 등심의 외관점수는 4°C 저장 5-10일 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 없었다.

Table 2-53. Odor values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 5.0% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	5.50±0.17 ^b	5.10±0.10 ^b	4.80±0.13 ^{ab}	3.60±0.16 ^b	2.30±0.15
5.0% SM ² /1 min	6.40±0.16 ^a	5.90±0.10 ^a	5.10±0.10 ^a	3.80±0.13 ^{ab}	2.50±0.17
5.0% SM/3 min	6.10±0.10 ^a	5.70±0.15 ^a	4.70±0.15 ^{ab}	4.10±0.10 ^a	2.60±0.16
5.0% SM/6 min	6.30±0.15 ^a	5.80±0.13 ^a	4.60±0.16 ^b	3.70±0.15 ^{ab}	2.60±0.16
5.0% SM/9 min	5.60±0.16 ^b	5.70±0.15 ^a	4.80±0.13 ^{ab}	3.90±0.10 ^{ab}	2.40±0.16

^{a-b1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 2-54. Appearance values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 5.0% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	5.50±0.22 ^a	5.70±0.15	4.50±0.17	3.30±0.15 ^{ab}	2.10±0.10
5.0% SM ² /1 min	5.50±0.17 ^a	5.80±0.13	4.60±0.16	3.40±0.16 ^{ab}	2.30±0.15
5.0% SM/3 min	5.50±0.22 ^a	5.60±0.16	4.70±0.15	3.50±0.17 ^a	2.50±0.17
5.0% SM/6 min	5.40±0.16 ^a	5.60±0.16	4.60±0.16	3.40±0.16 ^{ab}	2.30±0.15
5.0% SM/9 min	5.20±0.25 ^b	5.60±0.16	4.30±0.15	3.00±0.00 ^b	2.20±0.13

^{a-b1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시

간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1~9분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color L가는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 없었다 (Table 2-55). 3~9분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color L가는 4°C 저장 5일 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1~9분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color a가는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 있었다 (Table 2-56). 9분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color a가는 4°C 저장 5일 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었다.

Table 2-55. Hunter color L values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 5.0% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	49.75±0.33	48.67±0.76 ^b	51.83±0.71	49.92±0.53 ^{ab}	50.57±1.07 ^{ab}
5.0% SM ² /1 min	49.42±0.84	48.12±0.75 ^b	49.80±0.94	49.75±1.26 ^{ab}	48.55±0.81 ^b
5.0% SM/3 min	50.58±1.72	52.20±1.58 ^a	49.88±0.31	48.17±0.49 ^b	51.73±0.91 ^a
5.0% SM/6 min	51.65±0.60	52.40±0.72 ^a	51.22±0.85	49.40±0.20 ^{ab}	51.52±0.68 ^{ab}
5.0% SM/9 min	50.07±1.09	52.48±0.92 ^a	51.92±0.55	51.25±0.57 ^a	50.93±1.34 ^{ab}

^{a-b1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 2-56. Hunter color a values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 5.0% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	6.98±0.45 ^c	11.57±0.99 ^a	7.72±0.69 ^b	10.88±0.82	10.78±0.44 ^b
5.0% SM ² /1 min	7.88±0.70 ^{bc}	10.13±0.56 ^a	10.98±0.89 ^a	10.88±0.70	12.77±0.61 ^a
5.0% SM/3 min	9.27±0.21 ^a	10.68±0.53 ^a	12.85±0.74 ^a	10.17±0.71	11.32±0.76 ^{ab}
5.0% SM/6 min	9.72±0.30 ^a	10.30±0.86 ^a	13.03±0.95 ^a	10.33±0.81	8.02±0.40 ^c
5.0% SM/9 min	8.42±0.33 ^{ab}	9.62±0.82 ^b	13.38±0.58 ^a	9.63±0.74	8.57±0.75 ^c

^{a-b1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

^{*}Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 3~9분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color b가는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 있었다 (Table 2-57). 6~9분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color b가는 4°C 저장 10일 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 3~9분 침지한 돼지고기 등심의 pH가는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 있었다 (Table 2-58). 6~9분 침지한 돼지고기 등심의 pH가는 4°C 저장 10일 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었다.

Table 2-57. Hunter color b values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 5.0% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	3.32±0.15 ^b	4.48±0.78 ^a	4.40±0.42 ^b	5.48±0.84	5.85±0.46 ^{ab}
5.0% SM ² /1 min	3.22±0.43 ^b	4.47±0.71 ^a	5.73±0.69 ^{ab}	4.92±0.71	6.75±0.49 ^a
5.0% SM/3 min	4.52±0.37 ^a	4.95±0.5 ^{ab}	6.20±0.51 ^a	4.27±0.49	6.00±0.51 ^{ab}
5.0% SM/6 min	4.70±0.38 ^a	5.48±0.71 ^b	7.33±0.59 ^a	5.53±0.48	5.43±0.25 ^{ab}
5.0% SM/9 min	4.92±0.49 ^a	5.02±0.51 ^b	7.60±0.60 ^a	5.30±0.90	5.02±0.82 ^b

^{a-b1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 2-58. pH values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 5.0% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	5.67±0.01 ^a	5.70±0.06 ^a	5.73±0.01 ^a	5.65±0.00	5.63±0.04 ^b
5.0% SM ² /1 min	5.50±0.02 ^{ab}	5.64±0.04 ^{ab}	5.65±0.03 ^{ab}	5.64±0.01	5.55±0.02 ^b
5.0% SM/3 min	5.36±0.06 ^b	5.50±0.02 ^b	5.62±0.01 ^{ab}	5.67±0.02	5.54±0.02 ^b
5.0% SM/6 min	5.33±0.01 ^b	5.34±0.00 ^c	5.50±0.02 ^b	5.65±0.02	5.56±0.01 ^b
5.0% SM/9 min	5.20±0.01 ^b	5.28±0.05 ^c	5.47±0.01 ^b	5.64±0.01	5.72±0.05 ^a

^{a-b1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 6~9분 침지한 돼지고기 등심의 TBA가

는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 있었다 (Table 2-59). 6~9분 침지한 돼지고기 등심의 TBA가는 4°C 저장 5일 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1~9분 침지한 돼지고기 등심의 육즙유출가는 처리직후와 저장 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 없었다 (Table 2-60).

Table 2-59. TBA values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 5.0% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	0.41±0.01 ^a	0.63±0.03 ^{ab}	0.78±0.01	0.85±0.03	1.08±0.02 ^a
5.0% SM ² /1 min	0.41±0.03 ^a	0.66±0.02 ^b	0.79±0.01	0.82±0.01	1.06±0.01 ^{ab}
5.0% SM/3 min	0.42±0.01 ^a	0.65±0.03 ^b	0.77±.03	0.87±0.04	1.05±0.00 ^{ab}
5.0% SM/6 min	0.46±0.02 ^b	0.59±0.04 ^a	0.76±0.03	0.82±0.01	1.01±0.04 ^b
5.0% SM/9 min	0.44±0.03 ^b	0.60±0.04 ^a	0.71±0.04	0.89±0.01	1.07±0.01 ^{ab}

^{a-b1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 2-60. Drip loss values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 5.0% skim milk media for 24 hrs.

Treatments \ Storage time (days)	5day	10day	15day	20day
Control	3.16±0.36	4.17±0.21	3.58±0.75	3.06±0.28 ^b
5.0% SM ² /1 min	2.71±0.97	3.23±0.71	4.48±0.48	4.25±0.16 ^{ab}
5.0% SM/3 min	3.09±0.57	3.68±0.52	3.87±0.82	3.67±0.68 ^{ab}
5.0% SM/6 min	3.93±0.80	3.07±0.88	5.18±1.54	4.83±0.12 ^a
5.0% SM/9 min	3.28±0.29	4.55±0.94	4.00±0.15	5.15±0.49 ^a

^{a-b1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

(3) UV조사와 천연항균물질 침지시간에 대한 이화학적영향

유산등의 천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454(KCCM 40104)를 2.5% (w/v) 농도의 탈지분유 배지에서 37°C, 24시간 배양하였다. 그 후 80°C 항온 수조에서 30분 유지후 8,000 rpm에서 15분 원심분리하였으며 이때 *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)에서 얻은 천연항균물질의 pH는 4.58를 나타내었다. UV조사와 천연항균물질의 침지시간별 미생물학적 육저장안정성에 미치는 영향을 분석하기위하여 각 500 g 단위의 원료육은 UV조사기 (특허출원,국산)를 이용하여 30분 조사후 사용하였으며 대조구는 UV조사를 하지않고 같은 조건에서 30분 유지하였다. 그 후 수집한 5 L의 천연항균물질은 각 500 ml 단위로 1,000 ml의 위생화한 용기에 넣은 다음 각 500 g의 돼지고기 안심(평균 250±5 g 단위)을 90~150초 침지하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정치후 유출되는 수분을 제거하였다. 대조구는 물리적 오염인자의 제거를 위하여 증류수에서 150초 침지후 상기의 방법으로 실시하였다. 각 육시료는 연신수축필름 (Diamiron-S, Mitsubishi Plastics Industries Limited, Japan)을 이용한 shrinkage packaging을 실시하기위하여 진공포장기 (Model-1AM,, vaccum packaging machine, Leepack, Korea) 에 넣고 20초의 진공후 2초의 sealing 조건에서 밀봉하였다. 그리고 4°C의 냉장온도에 저장하면서 저장 기간별 이화학적 분석을 실시하였다 (Table 31-36). 천연항균물질에 침지하기전 원료육은 UV를 30분 조사하였다. *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90~150초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 냄새점수는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었다 (P < 0.05) (Table 2-61). 그리고 UV 조사후 천연항균물질 처리구는 4°C 저장 20일 동안 유사한 결과를 나타내었다. 육시료를 30분 UV조사후 *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90~120초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 외관점수는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었다 (P < 0.05) (Table 2-62). 그리고 UV 조사후 천연항균물질 처리구는 4°C 저장 20일 동안 유사한 결과를 나타내었다.

Table 2-61. Odor values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with UV and natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	5.20±0.13	5.20±0.13	4.60±0.16	4.60±0.16	4.50±0.17
UV 30min/90sec	5.10±0.10	5.00±0.15	4.70±0.21	4.60±0.16	4.50±0.17
UV 30min/120sec	5.00±0.15	5.00±0.15	4.90±0.18	4.60±0.16	4.50±0.17
UV 30min/150sec	5.20±0.13	5.20±0.13	5.00±0.21	4.70±0.15	4.44±0.18

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 2-62. Appearance values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with UV and natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	5.20±0.13 ^a	5.20±0.13 ^a	4.90±0.18	4.80±0.13	4.40±0.22
UV 30min/90sec	5.00±0.15 ^{ab}	5.00±0.15 ^{ab}	4.70±0.15	4.80±0.13	4.40±0.16
UV 30min/120sec	5.00±0.15 ^{ab}	5.00±0.15 ^{ab}	4.80±0.20	4.60±0.16	4.50±0.17
UV 30min/150sec	4.90±0.18 ^b	4.90±0.18 ^b	4.80±0.13	4.70±0.15	4.30±0.26

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

육시료를 30분 UV조사후 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90~150

초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 Hunter color L가는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었다 ($P < 0.05$) (Table 2-63). 그리고 UV 조사후 90초 천연항균물질 처리구는 4°C 저장 10일 대조구와 유의적 차이를 나타내었다.육시료를 30분 UV 조사후 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90~150초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 Hunter color a가는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 있었다 ($P < 0.05$) (Table 2-64). 그리고 UV 조사후 90초 천연항균물질 처리구는 4°C 저장 15일 동안 대조구와 유의적 차이가 없었다.

Table 2-63. Hunter color L values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with UV and natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	57.40±0.21	60.52±0.67	58.65±0.36 ^b	59.65±0.63 ^b	57.13±0.96 ^b
UV 30min/90sec	59.50±0.43	60.83±0.58	60.65±0.55 ^a	60.93±0.71 ^b	61.32±0.25 ^a
UV 30min/120sec	56.63±0.41	59.90±0.63	59.30±0.93 ^{ab}	60.90±0.74 ^b	58.82±0.57 ^b
UV 30min/150sec	59.48±1.98	60.30±0.43	60.23±0.50 ^{ab}	63.25±0.30 ^a	61.60±0.59 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).
^{*}Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 2-64. Hunter color a values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with UV and natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	5.23±0.27 ^a	5.20±0.61 ^a	5.60±0.23 ^a	5.08±0.32 ^a	7.12±0.76 ^a
UV 30min/90sec	5.52±0.27 ^b	5.25±0.16 ^a	4.55±0.3 ^{ab}	4.83±0.38 ^{ab}	4.33±0.12 ^c
UV 30min/120sec	5.75±0.17 ^b	5.00±0.41 ^a	4.08±0.37 ^b	4.48±0.28 ^b	5.68±0.22 ^b
UV 30min/150sec	5.65±0.12 ^b	5.02±0.51 ^a	4.03±0.32 ^b	3.97±0.30 ^b	4.35±0.25 ^c

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

육시료를 30분 UV조사후 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90~150초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 Hunter color b가는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었다 (P < 0.05) (Table 2-65). 그리고 UV 조사후 90~120초 천연항균물질 처리구는 4°C 저장 10일 대조구와 유의적 차이를 나타내었다.

Table 2-65. Hunter color b values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with UV and natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	0day	5day	10day	15day	20day
Control	5.30±0.16	4.93±0.31	6.05±0.10 ^a	5.97±0.35 ^a	7.02±0.34 ^a
UV 30min/90sec	4.83±0.31	4.52±0.37	5.02±0.32 ^b	5.28±0.24 ^{ab}	4.48±0.13 ^c
UV 30min/120sec	5.07±0.09	4.20±0.29	5.25±0.21 ^b	4.80±0.30 ^b	5.22±0.17 ^b
UV 30min/150sec	5.17±0.12	4.30±0.57	5.33±0.28 ^{ab}	4.57±0.27 ^b	4.73±0.21 ^c

^{a-c1}Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

3) 결론

Lactococcus lactis subsp. *lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)의 천연항균물질 처리 직후 NAS3는 대조구와 유의적 차이는 없었으나 NAS1과 2보다 냄새의 점수가 낮게 등급되었다. 외관은 처리구가 대조구 보다 높게 좋은 것으로 등급되었다. 저장 6일 후 냄새와 외관에 대한 관능평가결과 NAS1과 NAS2는 대조구와 유의적 차이가 없었다. 육즙유출율을 분석한 결과 저장 3일 후 NAS1과 2의 처리구는 대조구와 유의적 차이가 없었으나 저장 6일에는 유의적 차이를 나타내었다. TBA가는 천연항균물질 처리 직후 대조구는 처리구와 유의적 차이를 나타내었으며 저장 3일 이후에는 유의적 차이가 없었다. *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)의 천연항균물질 처리 직후 냄새 및 외관에 대한 관능평가를 실시한 결과는 대조구와 유의적 차이 없었다. 그러나 냄새의 결과 처리구는 저장 6일 후 대조구 보다 높게 등급되었다. Hunter color a가를 측정 한 결과 천연항균물질 처리구는 처리 직후 대조구와 유의적 차이가 없었으나, 저장 6일에는 처리구와 대조구 사이에 유의적 차이가 있었다. Hunter color b가를 측정 한 결과 NAS 2와 3의 처리구는 처리 직후 및 저장 6일 동안 대조구와 유의적 차이가 있었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양 후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 연도는 처리 직후 대조구와 유의적 감소를 나타내었다. *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 7.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양 후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 TBA가는 처리 직후와 저장 10일 동안 대조구와 유의적 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양 후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1~6분 침지한 돼지고기 등심의 외관점수는 처리 직후와 저장 120일 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 없었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양 후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1~9분 침지한 돼지고기 등심의 Hunter color a가는 처리 직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 있었다 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양 후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1~9분 침

지한 돼지고기 등심의 육즙유출가는 처리직후와 저장 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 없었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1-3분 침지한 돼지고기 등심의 TBA가는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 없었다. 육시료를 30분 UV조사후 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90~150초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 Hunter color a가는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 있었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90~150초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 냄새점수는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었으며, 처리구는 4°C 저장 20일 동안 유사한 결과를 나타내었다. 육시료를 30분 UV조사후 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90~120초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 외관점수는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었으며, 4°C 저장 20일 동안 유사한 결과를 나타내었다. 본 연구결과 천연항균물질의 처리는 돼지고기의 냉장동안 외관과 냄새에 대한 기호도를 유지할 수 있었다. 그리고 침지시간과 UV조사후에도 이화학적 변화에 큰 영향을 미치지 않으므로서 (주) 만나의 현장 애로점 해결을 위한 유용한 육보존제로 평가되었다.

3. 협동연구과제: 위생적 냉장돼지고기 생산기술의 개발

가. 천연항균물질의 선발과 미생물학적 육질 분석

가. 연구방법 및 설계

냉장육 시료는 (주) 만나, 돼지고기 가공업체, 백화점 및 단위시장으로부터 각각 500g의 부위별 (등심 및 안심) 1,500 kg을 구입하여 공시육으로 사용하였다. 돼지도체는 각 5개의 처리구로하여 처리구당 100마리의 돼지 (50시험×5처리×5마리)을 사용하였다. 천연육보존제는 *Lactococcus* spp등의 유산균을 최적온도에서 배양후 형성된 물질을 도체에 적용하고 항균력 분석을 실시하였다. 각 처리구에 대한 육부패균의 미생물학적 변화등을 냉장조건별, 온도남용조건별, 저장기간별로 하여 조사하였다. UV조사법 (본 연구원이 특허출원중)을 이용하여 부분 육제품의 호기성미생물수의 증식제어를 분석하였다.

가) 천연육보존제의 선발

천연 육보존제의 선발을 위하여 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454, *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257, *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 및 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200등의 균종을 한국종균협회 또는 ATCC로부터 구입하여 Brain heart infusion agar (Difco) 배지위에서 37°C, 24시간 3회 계대배양하였다. 종균을 skim milk 배지에 0.2% (w/v)를 접종하여 37°C, 24시간 배양하여 500~1000 ml 단위의 mother cultures를 실시하였다. 각 항균력은 25~50g 단위 육시료와 텀블링 조합기법을 도입하고 저온균에 대한 0~10°C 냉장조건별 실시 하였다.

나) 육시료

각 최종 도체세척후 부분육으로 조제한 돈등심과 안심을 얼음이 채워진 아이스박스

로 운반하고, 5°C 냉장실에 유지하면서 3시간 이내에 실험에 사용하였다. 각 25~50 g의 시료를 사용하여, 표준세척법 및 stomacher용 시료로 사용하였다. 각 돈시료는 최소 2 부위를 사용하되 이는 안심, 등심에서 선발하였다.

다) UV조사법의 개발

본 연구원이 돼지고기 저장 안정성 증진을 목적으로 자체 개발한 UV조사법은 광의 육표피 침투가 낮고 도축공정에 적용후 영구적으로 사용할수 있는 방법으로서 (주) 만나에서 생산한 돼지고기의 최종 호기성세균수의 유의적 감소를 목적으로한 육저장 안정성 향상 기술의 개발을 위하여 실시하였다. UV조사기 (본 연구책임자, 특허출원 중) 는 높이 80cm : 가로 70cm : 폭 60cm의 크기로하여 상, 하, 좌 및 우에 각 40 W UV lamp를 2개씩 설비 (총 8개 부착) 하였다.

라) pH 변화

육시료의 pH는 flat type surface electrode를 이용하여 시료 표면의 앞뒤 4지점의 pH를 표준화된 pH meter (Accumet^R, Model 50, Fisher Scientific Co.)로 측정하였다.

마) 미생물학적 분석

25~50 g단위의 돼지고기는 stomacher Lab blender 400을 사용하여 진탕한 시료나 homogerizer를 이용한 균질 시료 그리고 표준세척법을 이용하여 2분간 진탕한 시료를 사용하였다. 각 0.1 ml 또는 1 ml의 시료를 취하여 0.1% (W/V) peptone water에 적합한 농도로 세균수를 희석하여 균접 종물로 사용하였다. 균질한 시료는 spiral plating method, spread plating method, 또는 pour plating method중 적합한 방법을 선택적으로 사용하여 도달한 다음 각각의 배지에서 최적조건으로 배양후 형성된 집락을 1 log CFU/g 또는 CFU/cm²로 표시하였다.

바) 관능평가

돼지고기의 관능평가자는 9 point hedonic scale로 평가하며 저장시료로부터 4일 간격으로 취하여 실시하였다. 신선육의 점수를 5점으로 하고 처리구가 대조구보다 더 좋은 경우는 9점, 그리고 처리구가 대조구보다 더 싫은 경우는 1~4점, 가장 싫은 경우는 1점으로 등급 하여 판정하였다.

사) 통계 처리

모든 자료의 통계처리는 SAS program (1991)을 이용하여 ANOVA로 분석하고 5% 이하의 유의수준에서 평균값을 LSD로 분리하여 분석하였다.

2) 연구결과

가) 천연항균제의 선발

본 실험에 사용한 천연 항균제 생산 공시 균주는 bacteriocins을 생산하는 유산 및 프로피온산균으로서 nisin, 프로피오닉산과 유산 등의 항균물질을 생산하는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454, *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257, *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 및 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200의 종균을 한국 종균협회에서 구입하였다. 종균은 Brain Heart Infusion agar 및 broth (Difco, USA) 그리고 MRS broth (Difco, USA)를 121°C, 15분 멸균하여 제조한 각 사면배지와 액체 배양기에 접종하였다. 그 후 37°C, 12시간 3회 계대배양하여 사면배지는 4°C 에 저장하면서 액체배양기로 역가를 증진하여 실험에 사용하였다. 천연항균제를 육표면에 적용하기 위한 실험으로서, Brain Heart Infusion broth (Difco, USA)와 MRS broth (Difco, USA)에 계대배양한 종균을 멸균한 10~20% 탈지분유배지 (Difco, USA)에서 37°C, 12시간 배양후 각 500 ml의 유산균 배양액을 5 Kg 육시료 (평균중량 50 g의 등심과 안심)에 사용하였다. 호기성 세균 (APC)의 분석은 표준평판배지 (Difco, USA) 그리고 그람음성세균 (GNC)의 분석은 Olson등의 방법

을 이용한 CVT agar를 사용하여 배지를 조제하고, 희석된 배양액을 접종후 37°C에서 48시간 배양후 형성된 집락을 Log CFU/g으로 환산하여 표시하였다.

나) 위생육 생산을 위한 천연항균물질이용

(1) *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791와 *P. pentosaceus* ATCC 43200의 영향

(주) 만나 도축장에서 구입한 각 250 g의 돼지고기안심을 10%와 20%의 농도별 탈지분유에 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791와 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200를 가하여 항온배양기 (Dong Yang Chemical Co, Korea)에서 200 rpm으로 10분간 진탕한 다음 4°C 냉장동안 미생물학적 저장 안정성을 분석하였다. 각 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791를 10% (w/v)와 20% (w/v) 탈지분유배지 (Difco, USA)에 접종후 48시간 배양한 다음 pH와 유산균수는 각 6.0과 5.9로서 8.8 log unit와 9.8 log unit로 분석되었다. 각 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200를 10%와 20% 탈지분유배지 (Difco, USA)에 접종후 48시간 배양한 다음 pH와 유산균수는 각 6.1과 5.8로서 8.5 log unit와 9.5 log unit로 분석되었다.

Table 3-1. APC and GNC values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of lactic acid cultures (LC) from *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 and *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200.

Treatment	Storage time (days)							
	APC				GNC			
	0	3	6	9	0	3	6	9
Control	3.88±0.08 ^b	3.72±0.13 ^b	5.69±0.04 ^b	7.35±0.08 ^a	3.69±0.15	3.52±0.07	4.98±0.08	7.11±0.04
10%LC/P.10791	6.23±0.12 ^a	6.22±0.04 ^a	6.30±0.08 ^a	7.31±0.05 ^a	3.67±0.12	3.62±0.07	5.55±0.09	6.85±0.21
20%LC/P.10791	6.59±0.12 ^a	6.22±0.09 ^a	6.12±0.15 ^a	7.59±0.14 ^a	3.25±0.08	3.21±0.04	5.22±0.40	6.82±0.11
10%LC/P.43200	6.59±0.12 ^a	6.54±0.06 ^a	6.09±0.04 ^a	7.23±0.09 ^a	3.56±0.06	3.32±0.11	5.28±0.38	6.55±0.17
20%LC/P.43200	6.77±0.04 ^a	6.74±0.09 ^a	5.79±0.04 ^a	6.68±0.09 ^b	3.46±0.14	3.21±0.11	5.73±0.03	6.57±0.11

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).^{*}Means of replications(Mean±standard error). LC = lactic acid cultures. P.10791 = *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791. P.43200 = *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200.

4°C 냉장 동안 처리구의 그람음성세균수는 대조구와 유의적 차이가 없었다 (Table 3-1). 따라서 유산균용액을 육표면에 적용하기전 초기세균수의 감소를 유도한 다음 천연육보존제의 항균력의 평가를 실시해야할 것으로 검토되었다. 유산균 배양액을 돼지고기에 표면도말후 pH에 미치는 영향을 조사한 결과는 처리직후 처리구는 대조구보다 유의적으로 낮게 유지되었으나 저장 3일 이후 부터는 대조구와 유의적 차이가 없었다 (Table 3-2). 냄새와 외관에 대한 관능평가를 실시한 결과 처리직후 처리구는 대조구와 유의적 차이가 없었다 (Table 3-3). 냄새의 관능평가 결과 저장 6일 처리구는 대조구보다 낮게 좋은 것으로 등급되었다.

Table 3-2. pH values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of lactic acid cultures (LC) from *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 and *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200.

Treatment	pH values			
	0	3	6	9
Control	6.05±0.05 ^a	5.82±0.04	5.96±0.12	6.60±0.23 ^a
10%LC/P.10791	5.89±0.03 ^b	5.92±0.00	5.95±0.02	6.00±0.03 ^b
20%LC/P.10791	5.86±0.02 ^b	5.85±0.02	5.94±0.02	6.39±0.06 ^a
10%LC/P.43200	5.80±0.02 ^b	5.95±0.07	5.92±0.03	6.22±0.07 ^{ab}
20%LC/P.43200	5.78±0.01 ^b	5.96±0.07	6.19±0.08	5.84±0.03 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).^aMeans of replications(Mean±standard error). LC = lactic acid cultures. P.10791 = *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791. P.43200 = *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200.

Table 3-3. Odor and appearance values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of lactic acid cultures (LC) from *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 and *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200.

Treatment	Odor score				Appearance score			
	0	3	6	9	0	3	6	9
Control	5.00±0.00	4.40±0.40	3.80±0.37	2.40±0.40	5.00±0.00	4.40±0.25 ^a	4.20±0.37 ^a	3.00±0.45
10%LC/P.10791	4.20±0.37	3.80±0.58	2.60±0.25	2.40±0.25	5.20±0.49	3.60±0.40 ^b	2.60±0.25 ^b	2.40±0.51
20%LC/P.10791	4.40±0.25	3.60±0.51	2.60±0.51	1.80±0.37	5.40±0.60	3.60±0.58 ^b	2.60±0.25 ^b	2.40±0.60
10%LC/P.43200	4.00±0.00	3.80±0.58	2.60±0.40	1.80±0.37	5.20±0.37	4.20±0.37 ^a	2.80±0.20 ^b	2.40±0.40
20%LC/P.43200	4.00±0.45	3.60±0.60	2.20±0.37	1.60±0.25	5.20±0.66	4.20±0.20 ^a	2.80±0.20 ^b	2.40±0.51

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).^aMeans of replications(Mean±standard error). LC = lactic acid cultures. P.10791 = *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791. P.43200 = *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200.

(2) *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454의 영향

천연항균물질은 10^7 - 10^8 CFU/ml까지 배양한 균액 (v/w; 10% 탈지분유에 배양)을 멸균 증류수에 희석하여 돼지고기 등심은 T1은 3.96 log unit, T2는 4.10 log unit 및 T3는 4.23 log unit 까지 그리고 안심은 T1은 3.20 log unit, T2는 4.04 log unit 및 T3는 4.34 log unit 까지 접종한 다음 4°C 저장 동안 호기성 미생물, pH 및 관능평가를 실시하였다 (Table 3-4).

Table 3-4. APC values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	Log ₁₀ CFU/g			
	1d	3d	6d	9d
Loin-control	2.47±0.203 ^d	3.23±0.145 ^d	4.00±0.058 ^d	5.30±0.058 ^d
Loin-T1	6.43±0.033 ^b	6.50±0.058 ^a	6.43±0.088 ^b	6.67±0.033 ^c
Loin-T2	6.57±0.033 ^b	6.47±0.033 ^a	6.73±0.033 ^b	6.70±0.000 ^c
Loin-T3	6.70±0.000 ^b	6.57±0.033 ^a	7.10±0.000 ^a	7.27±7.033 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications(Mean±standard error).

등심과 안심의 대조구는 유산균용액 대신 동량의 멸균 증류수를 가하여 초기 호기성 세균수를 측정된 결과 각 2.47 log unit와 3.33 log unit를 나타내었다 (Table 3-4). 등심과 안심의 대조구는 4°C 저장 9일후 각 2.83 log unit와 4.27 log unit를 나타내었다 (Table 3-4와 3-5). 초기세균수가 등심보다 높은 안심 대조구는 저장 6일을 경과하여 저장 9일에는 미생물학적 부패를 나타내었다. 등심의 T1과 T2는 4°C 저장 9일 동안 초기 미생물수와 유사한 총균수를 나타내었으며, T3는 저장 9일후 0.53 log unit의 총균수 증가를 나타내었다. 안심의 T2와 T3는 4°C 저장 9일 동안 초기미생물수 보다 낮은 총균수를 나타내었으며, T1은 저장 9일후 0.97 log unit의 총균수 증가를 나타내었다. 본 연구의 결과는 천연 항균물질을 생산하는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis*

ATCC 11454의 유산균배양액 (v/w)을 돼지고기 등심과 안심에 도말하였을 때 호기성 육부패균의 증식억제를 나타내었다. 이러한 결과는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454의 유산균배양액에서 생산된 유산과 nisin 및 기타 천연항균물질에 의한 것으로 고려되었다. 따라서 천연항균물질의 육표면 도말과 4°C 저장 동안 미생물학적 육저장 안정성을 입증하기 위하여 그람음성세균수 (gram-negative bacterial counts)의 측정에 의한 유산균의 생존, 사멸 및 증식 그리고 호기성육부패성 세균에 대한 증식억제능의 분석을 순차적으로 수행중에 있다.

Table 3-5. APC values¹ on refrigerated (4°C) pork tenderloins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	Log ₁₀ CFU/g			
	1d	3d	6d	9d
Tenderloin-control	3.33±0.033 ^c	4.17±0.033 ^c	5.33±0.033 ^c	7.60±0.000 ^a
Tenderloin-T1	6.53±0.033 ^b	6.53±0.088 ^a	6.70±0.000 ^b	7.50±0.000 ^{ab}
Tenderloin-T2	7.37±0.067 ^a	7.27±0.033 ^a	7.23±0.033 ^a	7.07±0.033 ^b
Tenderloin-T3	7.67±0.033 ^a	7.10±0.000 ^a	7.37±0.033 ^a	7.33±0.033 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).^aMeans of replications(Mean±standard error).

천연항균물질을 도말한 등심과 안심의 4°C 저장 동안 pH변화를 관찰한 결과는 처리 직후 대조구 등심과 대조구 안심은 처리구인 T1, T2 및 T3 보다 유의적 증가를 나타내었다 (Table 3-6과 3-7). 대조구 등심의 T3 처리구는 4°C 저장 6일 동안 대조구 및 T2 그리고 T3 처리구와 유의적 유의적 차이를 나타내었다. 대조구 안심은 천연항균물질 생산 유산균배양액 처리구인 T2와 T3보다 4°C 저장 6일 동안 pH가의 유의적 증가를 나타내었다.

Table 3-6. pH values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	pH values			
	1d	3d	6d	9d
Loin-control	5.80±0.012 ^a	5.83±0.006 ^a	5.98±0.009 ^a	5.86±0.017 ^a
Loin-T1	5.47±0.006 ^b	5.56±0.010 ^b	5.68±0.009 ^{ab}	5.73±0.015 ^a
Loin-T2	5.35±0.010 ^b	5.40±0.009 ^b	5.65±0.015 ^{ab}	5.69±0.020 ^a
Loin-T3	5.10±0.045 ^c	5.21±0.003 ^b	5.58±0.003 ^b	5.70±0.015 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error).

본 연구의 결과 유산균 배양액 처리구는 4°C 저장 동안 대조구 보다 낮은 pH가를 나타내었으며 이는 *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454의 유산균배양액에서 생산된 유산 및 기타 유기산의 생성에 기인한 것으로 고려되었다. 이들 약산은 돼지고기 등심과 안심의 육 표면 pH를 감소하브로서 4°C 저장 동안 호기성 미생물의 증식억제에 기여한 것으로 고려되었다. Ray와 Sandine은 유산 및 초산등의 약산은 육표면의 초기 pH를 감소하거나 해리된 산분자 (dissociated molecules) 또는 해리되지 않은 산분자 (undissociated molecules)에 기인하여 항균력을 나타내며 유산균은 이들 항균물질 생산을 위한 유용한 천연보존제가 될 수 있다고 하였다. 이러한 결과는 표 3-4와 3-5에 나타난 바와 같이 유산균으로 표면 도달한 육은 초기세균수와 유사한 총균수를 저장 기간동안 유지하고 있으나, 대조구는 저장 6일 이후부터 급속한 총균수의 증가를 나타브로서 4°C 저장 6일 이후부터 급속한 육부패를 나타내었다.

Table 3-7. pH values¹ on refrigerated (4°C) tenderloins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	PH values			
	1d	3d	6d	9d
Tenderloin-control	5.95±0.022 ^a	6.10±0.026 ^a	6.35±0.013 ^a	6.28±0.015 ^a
Tenderloin-T1	5.50±0.012 ^b	5.72±0.009 ^{ab}	5.97±0.000 ^a	6.17±0.018 ^a
Tenderloin-T2	5.43±1.015 ^b	5.54±0.019 ^b	5.76±0.006 ^{ab}	6.03±0.006 ^a
Tenderloin-T3	5.27±0.059 ^b	5.38±0.022 ^c	5.78±0.012 ^b	6.22±0.209 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error).

표 3-8은 각 1~4% 유산 (v/w) 용액에 5분동안 육을 침지한 다음 위생화한 스테인레스 그물망위에서 3분 유지후, 초기 유산균수가 10⁷-10⁸ CFU/g 함유된 유산균 배양액을 5% (v/w)의 농도에서 돼지고기 등심에 표면 도말한 다음 4°C 에 유지하면서 그람음성미생물 (gram-negative bacterial counts; GNC)에 대한 평균효과를 분석한 결과이다. 처리구는 저장 1일부터 수돗물로 5분 침지한 대조구 보다 그람음성세균이 유의적으로 감소하였다. 그리고 2~4% 유산용액으로 5분 침지후 5% 유산균용액으로 도말한 처리구는 4°C 저장 9일 동안 대조구와 비교하여 그람음성세균에 대한 유의적 감소를 나타내었다. Table 3-9는 (주) 만나 도축장에서 구입한 다음 수도물에 5분 침지한 대조구의 돈육안심의 초기 pH는 5.71 에서 6.70 까지 증가함을 나타내었다. 1~4% 유산용액을 침지한 처리구의 초기 pH는 대조구에 비하여 유의적 (p<0.05)으로 낮게 나타났다. 그리고 2~4% 유산용액으로 5분 침지후 5% 유산균배양액으로 표면처리한 처리구는 4°C 저장 9일 동안 대조구보다 낮은 pH가를 나타내었다. 일반적으로 식육은 도살후 glycogen의 대사로 젖산의 분비가 증가되고 그 결과 pH의 감소를 일으키며 저장 기간이 경과함으로서 점차 증가하는 것으로 알려져 있다. 또한 유산과 유산균의 육 표면처리는 초기 돈육의 초기 pH를 대조구보다 유의적으로 감소하여 이의 평균작

용에 영향을 미치는 것으로 고려된다. 저장 초기 육부패균의 90% 이상을 차지하고 있는 그람음성세균 (GNC)은 저농도의 pH에서 증식이 억제되며 pH값이 점차 증가하므로써 이들 세균의 대수적 증식을 일으키는 것으로 알려져 있다 (Kim 등, 1988; Molins, 1991).

Table 3-8. GNC values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with different levels of lactic acid and lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	GNC values (Log ₁₀ CFU/g)			
	1d	3d	6d	9d
Control/5min	3.88±0.033 ^b	4.73±0.200 ^b	5.97±1.934 ^a	7.15±0.33 ^a
1% lactic acid/5min/5% lactic cultures	3.40±0.058 ^a	4.32±0.100 ^a	5.57±1.068 ^a	6.80±0.186 ^a
2% lactic acid/5min/5% lactic cultures	3.10±0.058 ^a	4.10±0.033 ^a	5.00±0.058 ^b	5.33±0.088 ^b
3% lactic acid/5min/5% lactic cultures	3.50±0.000 ^a	3.93±0.033 ^a	4.78±0.033 ^b	5.40±0.153 ^b
4% lactic acid/5min/5% lactic cultures	3.13±0.033 ^a	3.70±0.067 ^a	4.57±0.058 ^b	5.17±0.067 ^b

* Means of replications(Mean±standard error). ^{a-c} Means within the same column with different superscripts are significantly different(p<0.05)

천연항균물질을 도말한 등심과 안심의 4°C 저장 동안 냄새변화를 관찰한 결과는 처리직후 대조구 등심과 안심은 T1과 T2와 유의적 차이를 나타내었다 (Table 3-10과 3-11). 대조구 등심과 안심은 저장 6일 이후 처리구와 유의적 차이가 없었다.

Table 3-9. pH values¹ on refrigerated (4°C) tenderloins treated with different levels of lactic acid and lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	pH values			
	1d	3d	6d	9d
Control/5min	5.71±0.019 ^a	5.69±0.011 ^a	5.76±0.015 ^a	6.70±0.006 ^a
1% lactic acid/5min/5% lactic cultures	5.08±0.034 ^b	5.42±0.013 ^b	5.64±0.026 ^{ab}	6.10±0.005 ^a
2% lactic acid/5min/5% lactic cultures	4.84±0.101 ^b	5.52±0.028 ^b	5.55±0.010 ^b	5.60±0.014 ^b
3% lactic acid/5min/5% lactic cultures	4.67±0.054 ^{bc}	5.30±0.039 ^{bc}	5.26±0.045 ^c	5.45±0.018 ^b
4% lactic acid/5min/5% lactic cultures	4.50±0.023 ^c	5.17±0.034 ^c	5.12±0.044 ^c	5.28±0.019 ^b

*Means of replications(Mean±standard error). ^{a-c} Means within the same column with different superscripts are significantly different(p<0.05).

Table 3-10. Odor values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	Odor values			
	1d	3d	6d	9d
Loin-control	5.33±0.333 ^b	4.33±0.333 ^{ab}	4.33±0.333	3.67±0.333
Loin-T1	6.00±0.577 ^a	3.67±0.333 ^b	4.33±0.333	3.67±0.333
Loin-T2	6.33±0.333 ^a	4.67±0.333 ^a	4.00±0.000	4.00±0.000
Loin-T3	5.33±0.333 ^b	4.67±0.333 ^a	4.00±0.000	3.67±0.333

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error).

Table 3-11. Odor values¹ on refrigerated (4°C) pork tenderloins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	Odor values			
	1d	3d	6d	9d
Tenderloin-control	6.00±0.577 ^b	3.67±0.333 ^b	4.33±0.333	3.67±0.333
Tenderloin-T1	6.67±0.333 ^a	3.67±0.333 ^b	4.33±0.333	3.67±0.333
Tenderloin-T2	6.67±0.333 ^a	3.67±0.333 ^b	4.33±0.333	4.00±0.000
Tenderloin-T3	5.67±0.333 ^b	5.00±0.000 ^a	4.33±0.333	4.00±0.577

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error).

천연항균물질을 도말한 등심과 안심의 4°C 저장 동안 외관변화를 관찰한 결과는 처리직후 대조구 등심과 안심은 T1과 T2와 유의적 차이를 나타내었다 (Table 3-12와 3-13). 대조구 등심은 저장 6일 이후 처리구와 유의적 차이가 없었다. 대조구 안심은 저장 3일에는 T3와 그리고 저장 6일에는 T2와 T3와 유의적 차이가 있었다.

Table 3-12. Appearance values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	Appearance values			
	1d	3d	6d	9d
Loin-control	5.67±0.333 ^a	5.00±0.000 ^a	4.00±0.000 ^a	3.00±0.577 ^a
Loin-T1	5.33±0.333 ^a	4.67±0.333 ^a	4.00±0.000 ^a	3.00±1.000 ^a
Loin-T2	5.33±0.333 ^a	4.67±0.333 ^a	4.00±0.000 ^a	3.00±1.000 ^a
Loin-T3	4.67±0.333 ^b	3.67±0.333 ^b	4.00±0.000 ^a	3.00±1.155 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error).

Table 3-13. Appearance values¹ on refrigerated (4°C) pork tenderloins treated with different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *lactic* ATCC 11454.

Treatment	Appearance values			
	1d	3d	6d	9d
Loin-control	5.67±0.333 ^a	5.00±0.000 ^a	4.00±0.000 ^a	3.00±0.577 ^a
Loin-T1	5.33±0.333 ^a	4.67±0.333 ^a	4.00±0.000 ^a	3.00±1.000 ^a
Loin-T2	5.33±0.333 ^a	4.67±0.333 ^a	4.00±0.000 ^a	3.00±1.000 ^a
Loin-T3	4.67±0.333 ^b	3.67±0.333 ^b	4.00±0.000 ^a	3.00±1.155 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error).

본 연구의 결과 천연항균물질을 돼지고기 등심과 안심에 도말한 경우 처리구는 대조구와 유사하게 좋은 등급의 냄새와 외관에 대한 관능평가 결과를 나타내므로써 냉장육표면의 위생화를 위한 유용한 물질로 사용할 수 있을 것으로 검토되었다.

(3) Potassium sorbate와 천연항균제조합의 영향

천연 항균물질 배양액을 육표면에 적용하기전 초기세균수의 감소를 유도하기위하여 텀블러 (ChangDae Chemical Co., Korea)에 식품등급의 potassium sorbate (Spectrum Product Quality Co., USA)를 0-2.0% (w/w) 농도별로 각 1 Kg의 돼지고기 안심에 가하고 15 rpm에서 10분간 텀블링하였다. 그 후 4°C 냉장동안 호기성 육부패세균의 항균력을 분석하였다. 1~2%의 potassium sorbate로 처리한 돼지고기는 텀블링 직후 그람음성세균수 (GNC)의 유의적 감소를 나타내었으며 이러한 결과는 저장 동안 지속되었다.

Table 3-14. APC and GNC values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of potassium sorbate (PS)².

Treatment	Storage time (days)		Log CFU/g							
	APC				GNC					
	0	3	6	9	0	3	6	9		
Control	3.46±0.18 ^a	3.58±0.11 ^a	5.47±0.12 ^a	7.41±0.17 ^a	3.21±0.04 ^a	2.99±0.09 ^a	4.57±0.28 ^a	5.62±0.02 ^a		
0.5%PS ² /15 rpm	3.50±0.06 ^a	3.71±0.08 ^a	4.41±0.23 ^b	5.56±0.10 ^b	3.34±0.02 ^a	3.35±0.05 ^a	3.58±0.43 ^{bc}	2.45±0.11 ^b		
1.0%PS/15 rpm	2.91±0.05 ^{ab}	2.80±0.04 ^b	2.72±0.09 ^c	2.96±0.06 ^c	2.25±0.07 ^b	2.12±0.05 ^b	2.06±0.13 ^{cd}	1.94±0.24 ^b		
1.5%PS/15 rpm	2.45±0.17 ^b	2.72±0.21 ^b	2.70±0.08 ^c	2.70±0.05 ^c	2.05±0.18 ^b	1.79±0.29 ^b	1.67±0.13 ^d	1.50±0.00 ^{bc}		
2.0%PS/15 rpm	2.38±0.18 ^b	2.50±0.11 ^b	2.26±0.04 ^c	2.32±0.13 ^c	2.13±0.07 ^b	1.72±0.14 ^b	1.57±0.13 ^d	1.00±0.07 ^c		

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of replications (Mean±standard error).

본 연구의 결과 돼지고기 표면미생물은 0.5% 이상의 증가된 potassium sorbate에 의하여 영향을 받았다. 그리고 텀블링시간과 rpm의 영향은 계속 분석되어야 할것이다.

Table 3-15. pH values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of potassium sorbate (PS)².

Treatment	Storage time (days)			
	pH values			
	0	3	6	9
Control	5.56±0.01 ^b	5.64±0.01 ^b	5.89±0.02 ^b	6.21±0.11
0.5%PS ² /15 rpm	6.04±0.02 ^a	6.02±0.02 ^a	6.10±0.01 ^a	6.05±0.02
1.0%PS/15 rpm	6.06±0.01 ^a	6.07±0.02 ^a	6.08±0.02 ^a	6.09±0.01
1.5%PS/15 rpm	6.09±0.02 ^a	6.05±0.03 ^a	6.09±0.02 ^a	6.11±0.02
2.0%PS/15 rpm	6.09±0.03 ^a	6.08±0.01 ^a	6.06±0.02 ^a	6.06±0.02

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of replications (Mean±standard error).

Table 3-16. Odor and appearance values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with different levels of potassium sorbate (PS)².

Treatment	Storage time (days)		Odor score				Appearance score			
	0	3	6	9	0	3	6	9		
Control	5.00±0.32	4.60±0.25	3.80±0.20	3.60±0.25 ^b	5.40±0.40 ^b	4.60±0.25 ^b	4.40±0.25	3.80±0.20		
0.5%PS ² /15 rpm	5.60±0.40	5.20±0.37	5.00±0.55	4.60±0.25 ^a	5.40±0.60 ^b	5.40±0.40 ^{ab}	4.40±0.40	4.20±0.37		
1.0%PS/15 rpm	5.40±0.25	5.20±0.20	4.60±0.25	4.60±0.40 ^a	6.60±0.40 ^{ab}	5.60±0.40 ^{ab}	4.80±0.49	4.80±0.20		
1.5%PS/15 rpm	6.00±0.45	5.40±0.25	5.00±0.32	3.20±0.20 ^b	7.40±0.51 ^a	6.80±0.20 ^a	5.20±0.37	4.20±0.58		
2.0%PS/15 rpm	5.60±0.68	4.80±0.49	4.80±0.49	3.60±0.25 ^b	7.60±0.25 ^a	6.20±0.20 ^a	5.40±0.25	4.60±0.25		

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of replications (Mean±standard error).

각 1 Kg의 돼지고기 안심과 0.5% potassium sorbate를 텀블러에 넣고 15 rpm에서 10분 동안 텀블링 및 그 후 각 2.5% *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 (초기 pH 5.6, 초기 유산균수 7.1 log unit), *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257 (초기 pH 4.4, 초기 유산균수 8.7 log unit), *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 (초기 pH 5.6, 초기 유산균수 7.7 log unit) 및 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200 (초기 pH 5.9, 초기 유산균수 7.3 log unit)의 유산균 배양액을 텀블러에 넣고 15 rpm에서 10분 동안 텀블링하였다. 그 후 4°C 냉장 동안 호기성 육부패세균의 분석을 실시하였다. 처리구는 저장 9일 동안 호기성세균 (APC)과 그람음성세균수 (GNC)의 유의적 감소를 나타내었다 (Table 3-17). 0.5% potassium sorbate 처리구는 대조구의 pH보다 처리직후 유의적 증가를 나타내었다 (Table 3-18). 0.5% potassium sorbate와 유산균 용액조합의 처리구 pH는 저장 동안 대조구와 유사한 pH가를 나타내었다.

Table 3-17. APC and GNC values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 0.5% potassium sorbate (PS)² and different strains of lactic acid cultures.

Treatment	Storage time (days)		Log CFU/g							
	APC				GNC					
	0	3	6	9	0	3	6	9		
Control	3.39±0.04 ^b	3.54±0.09 ^c	6.41±0.09 ^a	8.49±0.03 ^a	3.12±0.05 ^a	3.30±0.04 ^a	6.16±0.04 ^a	8.25±0.05 ^a		
0.5% PS ²	2.90±0.04 ^a	2.80±0.04 ^b	4.49±0.07 ^b	5.84±0.28 ^b	2.49±0.09 ^c	2.26±0.08 ^b	3.58±0.35 ^b	5.10±0.37 ^c		
0.5% PS/ 2.5% 19257 ^a	3.29±0.05 ^{ab}	3.25±0.07 ^b	5.59±0.03 ^{bc}	6.44±0.05 ^b	2.57±0.04 ^c	2.34±0.04 ^b	4.60±0.01 ^b	5.54±0.07 ^c		
0.5% PS/ 2.5% 10791 ^b	3.63±0.06 ^a	3.02±0.08 ^b	5.42±0.04 ^a	7.40±0.13 ^b	2.99±0.08 ^{ab}	2.32±0.01 ^b	4.40±0.05 ^b	7.01±0.21 ^b		
0.5% PS/ 2.5% 11454 ^c	4.30±0.07 ^{ab}	4.09±0.18 ^{bc}	4.88±0.28 ^b	7.47±0.06 ^b	2.71±0.05 ^{bc}	2.37±0.03 ^b	4.13±0.13 ^b	6.82±0.08 ^b		
0.5% PS/ 2.5% 43200 ^d	4.35±0.08 ^a	4.14±0.05 ^a	4.93±0.31 ^{bc}	7.56±0.02 ^b	2.82±0.05 ^{abc}	2.34±0.05 ^b	3.79±0.25 ^b	6.56±0.05 ^b		

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of replications (Mean±standard error). 0.5% PS/ 2.5% 19257^a = *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257. 0.5% PS/ 2.5% 10791^b = *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791. 0.5% PS/ 2.5% 11454^c = *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 . 0.5% PS/ 2.5% 43200^d = *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200.

Table 3-18. pH values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 0.5% potassium sorbate (PS)² and different strains of lactic acid cultures.

Treatment	Storage time (days)		pH values			
	0	3	6	9		
	Control	5.67±0.01 ^b	5.86±0.04 ^{bc}	5.82±0.02 ^b	6.04±0.06 ^b	
0.5% PS ²	6.06±0.06 ^a	6.09±0.01 ^a	6.08±0.02 ^a	6.06±0.02 ^b		
0.5% PS/ 2.5% 19257 ^a	5.86±0.02 ^{ab}	5.94±0.04 ^b	6.00±0.01 ^{ab}	6.12±0.03 ^b		
0.5% PS/ 2.5% 10791 ^b	5.99±0.02 ^a	5.86±0.01 ^{bc}	5.86±0.00 ^b	5.84±0.03 ^c		
0.5% PS/ 2.5% 11454 ^c	6.00±0.03 ^a	6.06±0.01 ^a	5.87±0.01 ^b	5.88±0.01 ^c		
0.5% PS/ 2.5% 43200 ^d	5.99±0.03 ^a	6.04±0.03 ^a	6.03±0.05 ^a	6.42±0.05 ^a		

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of replications (Mean±standard error). 0.5% PS/ 2.5% 19257^a = *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257. 0.5% PS/ 2.5% 10791^b = *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791. 0.5% PS/ 2.5% 11454^c = *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 . 0.5% PS/ 2.5% 43200^d = *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200.

0.5% potassium sorbate 처리구 및 0.5% potassium sorbate와 2.5% 유산균 용액조합의 처리구의 외관과 냄새에 대한 관능평가를 실시한 결과 처리직후 및 4°C 냉장동안 대조구와 유사한 등급으로 평가되었다 (Table 3-19).

Table 3-19. Odor and appearance values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 0.5% potassium sorbate (PS)² and different strains of lactic acid cultures.

Treatment	Storage time (days)	Odor score				Appearance score			
	0	3	6	9	0	3	6	9	
Control	5.40±0.16	4.40±0.16	4.20±0.20 ^b	3.90±0.18	5.00±0.21	4.30±0.37 ^b	4.10±0.23 ^b	4.10±0.41	
0.5% PS ²	5.50±0.17	4.70±0.15	4.30±0.21 ^b	3.90±0.28	5.60±0.34	5.10±0.28 ^a	4.90±0.18 ^a	4.60±0.40	
0.5% PS/ 2.5% 19257 ^a	5.80±0.36	5.00±0.15	4.60±0.22 ^{ab}	4.30±0.26	5.40±0.34	4.90±0.18 ^{ab}	4.70±0.21 ^{ab}	4.30±0.37	
0.5% PS/ 2.5% 10791 ^b	5.60±0.16	4.70±0.21	4.00±0.26 ^b	3.90±0.46	5.40±0.27	4.80±0.29 ^{ab}	4.60±0.16 ^{ab}	4.00±0.26	
0.5% PS/ 2.5% 11454 ^c	5.30±0.21	4.80±0.13	5.10±0.23 ^a	3.90±0.43	5.20±0.29	5.50±0.22 ^a	4.30±0.30 ^b	4.30±0.37	
0.5% PS/ 2.5% 43200 ^d	5.40±0.22	4.40±0.22	4.50±0.17 ^{ab}	3.90±0.43	4.90±0.23	5.30±0.26 ^a	5.20±0.29 ^a	5.10±0.55	

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of replications (Mean±standard error). 0.5% PS/ 2.5% 19257^a = *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257. 0.5% PS/ 2.5% 10791^b = *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791. 0.5% PS/ 2.5% 11454^c = *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 . 0.5% PS/ 2.5% 43200^d = *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200.

각 1 Kg의 돼지고기 안심과 1% potassium sorbate를 텀블러에 넣고 15 rpm에서 10분 동안 텀블링한 다음 0~3.5% *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257 배양액 (초기 pH 4.7, 초기 유산균수 8.1 log unit)을 가하고 동일조건에서 10분 동안 텀블링하였다. 그 후 4°C 냉장동안 호기성 육부패세균의 항균력을 분석하였다.

본 연구의 결과 1.0% potassium sorbate와 1.5~3.5% *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257 유산균 배양액 조합 그리고 1.0% potassium sorbate의 처리구는 처리직후 대조구 보다 유의적으로 낮은 그람음성세균수 (GNC)를 나타내었다 (Table 3-20). 또한 1.0% potassium sorbate와 2.5% *Lactococcus lactis* subsp

cremoris ATCC 19257 유산균 배양액 조합은 저장 3일에서 6일 동안 1.0% potassium sorbate의 처리구 보다 유의적으로 낮은 ($P < 0.05$) 그람음성세균수 (GNC)를 나타내었다. 본 결과는 1.0% potassium sorbate와 유산균 배양액을 이용한 돼지고기의 미생물학적 저장안정성 증진을 위하여 2.5% 전후의 *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257 유산균배양액 농도가 사용되어야 할것으로 고려되었다.

Table 3-20. APC and GNC values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 1.0% potassium sorbate (PS)² and different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257.

Treatment	Storage time (days)		Log CFU/g							
	APC				GNC					
	0	3	6	9	0	3	6	9		
Control	3.23±0.06 ^b	3.35±0.08 ^c	5.47±0.02 ^a	7.19±0.04 ^a	2.78±0.10 ^c	2.79±0.07 ^d	5.16±0.03 ^d	6.46±0.16 ^b		
1.0%PS	2.75±0.04 ^a	2.87±0.06 ^b	2.64±0.05 ^b	2.57±0.08 ^c	1.75±0.05 ^a	2.31±0.08 ^c	1.73±0.07 ^c	1.65±0.02 ^a		
3.5%19257	6.12±0.02 ^d	5.59±0.07 ^a	5.76±0.06 ^a	6.57±0.07 ^a	2.59±0.09 ^{bc}	2.94±0.07 ^d	4.43±0.07 ^c	6.16±0.03 ^b		
1.0%PS/1.5%19257	5.30±0.05 ^c	5.52±0.03 ^a	5.39±0.11 ^a	5.36±0.06 ^b	2.26±0.02 ^b	2.07±0.03 ^{bc}	1.46±0.08 ^a	1.53±0.06 ^a		
1.0%PS/2.5%19257	5.57±0.05 ^c	5.61±0.05 ^a	5.60±0.04 ^a	5.21±0.03 ^b	1.70±0.08 ^a	1.89±0.03 ^{ab}	1.57±0.12 ^{ab}	1.89±0.17 ^a		
1.0%PS/3.5%19257	5.64±0.03 ^c	5.54±0.04 ^a	5.74±0.04 ^a	5.35±0.05 ^b	1.55±0.03 ^a	1.76±0.05 ^a	1.88±0.05 ^b	2.07±0.23 ^a		

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

²Means of replications (Mean±standard error). 0.5% PS/ 2.5% 19257^a = *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257.

각 1 Kg의 돼지고기 안심과 1% potassium sorbate를 텀블러에 넣고 15 rpm에서 10 분 동안 텀블링한 다음 0-3.5% *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257 배양액 (초기 pH 4.7, 초기 유산균수 8.1 log unit)을 가하고 동일조건에서 10분 동안 텀블링하였다. 그 후 4°C 냉장동안 pH를 분석하였다 (Table 3-21).

Table 3-21. pH values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 1.0% potassium sorbate (PS)² and different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257.

Treatment	Storage time (days)			
	0	3	6	9
Control	5.69±0.04 ^b	5.82±0.01 ^{ab}	5.75±0.01	5.74±0.02
1.0%PS	6.35±0.07 ^a	5.98±0.04 ^a	5.84±0.03	5.94±0.06
3.5%19257	5.57±0.02 ^b	5.68±0.04 ^b	5.70±0.02	5.79±0.12
1.0%PS/1.5%19257	5.89±0.01 ^{ab}	5.89±0.05 ^a	5.80±0.03	5.89±0.01
1.0%PS/2.5%19257	5.87±0.02 ^{ab}	5.89±0.01 ^a	5.80±0.01	5.93±0.03
1.0%PS/3.5%19257	5.84±0.05 ^{ab}	5.88±0.01 ^a	5.83±0.01	5.91±0.03

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of replications (Mean±standard error). 0.5% PS/ 2.5% 19257^a = *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257.

1.0% potassium sorbate 처리구는 처리직후 대조구 보다 높은 (P < 0.05) pH가를 그리고 3.5% *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257 유산균 배양액으로 처리한 처리구는 대조구와 유사한 pH가를 나타내었다. 그러나 저장 6일 이후부터는 대조구와 처리구사이에 유의적 차이가 없었다.

각 1 Kg의 돼지고기 안심과 1% potassium sorbate를 텀블러에 넣고 15 rpm에서 10분 동안 텀블링한 다음 0-3.5% *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257 배양액 (초기 pH 4.7, 초기 유산균수 8.1 log unit)을 가하고 동일조건에서 10분 동안 텀블링하였다. 그 후 4°C 냉장동안 외관과 냄새에 대한 관능평가를 실시하였다 (Table 3-22).

Table 3-22. Odor and appearance values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with 1.0% potassium sorbate (PS)² and different levels of lactic acid cultures from *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257.

Treatment	Storage time (days)				Odor score				Appearance score			
	0	3	6	9	0	3	6	9	0	3	6	9
Control	5.70±0.26	4.90±0.10 ^a	3.70±0.15	3.30±0.26	5.70±0.30 ^b	4.30±0.21 ^b	3.80±0.20 ^b	3.60±0.16				
1.0%PS	5.40±0.54	4.40±0.16 ^{ab}	3.90±0.28	3.60±0.43	6.80±0.29 ^a	5.50±0.31 ^a	4.30±0.21 ^a	4.10±0.23				
3.5%19257	5.90±0.41	4.70±0.30 ^a	3.70±0.21	3.30±0.45	5.90±0.23 ^b	4.30±0.40 ^b	3.70±0.21 ^b	3.60±0.34				
1.0%PS/1.5%19257	6.00±0.40	4.60±0.16 ^a	3.80±0.29	2.80±0.33	6.30±0.26 ^b	5.10±0.18 ^{ab}	4.40±0.16 ^a	3.30±0.54				
1.0%PS/2.5%19257	6.20±0.40	4.00±0.00 ^b	3.80±0.25	2.40±0.50	6.20±0.30 ^b	4.60±0.22 ^{ab}	4.10±0.23 ^{ab}	2.60±0.48				
1.0%PS/3.5%19257	6.20±0.42	4.00±0.30 ^b	3.50±0.22	3.00±0.42	6.20±0.25 ^b	4.90±0.32 ^{ab}	3.70±0.15 ^b	3.30±0.58				

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of replications (Mean±standard error). 0.5% PS/ 2.5% 19257^a = *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257.

1.0% potassium sorbate 처리구 또는 1.5% *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257 유산균 배양액 조합으로 처리한 처리구는 대조구와 비교하여 냄새에 있어서 유의적 차이가 없었다. 외관에 대한 관능평가 결과 1.0% potassium sorbate 처리구는 처리직후 대조구 보다 높게 등급되었다. 1.0% potassium sorbate 처리구 또는 1.5% *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257 유산균 배양액 조합으로 처리한 처리구는 대조구와 비교하여 저장 6일 동안 외관에 있어서 유의적으로 높게 등급되었다.

다) UV 조사법을 이용한 육저장 안정성 분석

(1) UV 조사량의 영향

(가) 40W UV조사

UV조사기 (본 연구책임자, 특허출원중)는 높이 80cm : 가로 70cm : 폭 60cm의 크기로 하여 상,하,좌 및 우에 각 40 W UV lamp를 2개씩 설비 (총 6개 부착)하였다. 그리고 본 실험에서는 상부의 40 W UV lamp만 사용하여 실험에 사용하였다. 본 연구는 돼지고기 표면의 초기 세균수를 감소하여 위생적 식육의 생산 및 저장 안정성을 목적으로 UV조사법에 의한 항균력을 조사하였다 (Table 3-23). 돈육등심을 UV조사 처리한 후 4°C에서 12일간 저장한 결과 호기성 세균수의 변화는 Table 23에 나타난 바와 같다. UV를 조사하지 않은 대조구 시료는 4.40 log unit, 20분 동안 UV를 조사한 시료는 4.06 log unit의 호기성 세균수가 내재하였다. 본 연구 결과 (주) 팜스 도축장에서 구입한 대조구는 저장 6일 처리구 보다 높게 호기성 미생물수의 증가를 나타내었다.

Table 3-23. Effect of ultraviolet (UV) radiation on APC values¹ of pork loins held at 4°C.

Treatment	APC values (Log CFU/g)				
	1d	3d	6d	9d	12d
UV, 0분 조사	4.40±0.093 ^a	4.46±0.118 ^a	5.20±0.160 ^b	7.29±0.103 ^a	7.47±0.191 ^a
UV, 5분 조사	4.39±0.153 ^a	4.15±0.186 ^b	4.89±0.245 ^a	7.05±0.244 ^a	7.66±0.220 ^a
UV, 10분 조사	4.17±0.072 ^{ab}	4.13±0.113 ^b	4.77±0.184 ^a	6.92±0.145 ^a	7.83±0.074 ^a
UV, 15분 조사	4.12±0.149 ^b	4.20±0.053 ^b	4.78±0.143 ^a	7.00±0.078 ^a	7.81±0.010 ^a
UV, 20분 조사	4.06±0.044 ^b	4.21±0.183 ^b	4.70±0.128 ^a	7.01±0.137 ^a	7.75±0.207 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error).

본 연구의 결과 UV의 조사 시간이 5~20분 까지 증가 하므로서 저장 3일 동안 돼지고기에 존재하는 세균수의 감소에 효과적이었다. 그리고 UV 조사량의 증가에 의하여 육표면 위생화를 위한 항균력 증진에 대해 세부적 연구가 수행되고 있다. UV 조사가 돼지고기 등심의 냄새 및 외관에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3-24 및 3-25와 같다. 냄새에 대한 관능평가 결과 대조구는 UV 처리구와 4°C, 저장 1일후 유의적 차이가 없었다. 또한 냄새에 대한 관능평가요원들은 UV 처리후 냄새에 대한 변화가 없는 것으로 기록하였다. 그리고 UV 조사량과 냄새에 미치는 영향을 수행중에 있기 때문에 대조구와 처리구에 대한 연구의 결과가 세부적으로 분석될 수 있을 것이다.

Table 3-24. Effect of ultraviolet (UV) radiation on odor values¹ of pork loins held at 4°C.

Treatment	Odor values				
	1d	3d	6d	9d	12d
UV, 0분 조사	5.50±0.327 ^a	5.25±0.189 ^a	5.75±0.164 ^a	3.38±0.183 ^a	1.50±0.327 ^a
UV, 5분 조사	5.75±0.463 ^a	5.25±0.423 ^a	5.50±0.189 ^a	3.63±0.263 ^a	1.55±0.164 ^a
UV, 10분 조사	5.50±0.412 ^a	5.25±0.625 ^a	5.50±0.189 ^a	3.38±0.263 ^a	1.63±0.183 ^a
UV, 15분 조사	5.50±0.313 ^a	5.00±0.398 ^a	5.25±0.164 ^a	3.33±0.183 ^a	1.50±0.189 ^a
UV, 20분 조사	5.50±0.164 ^a	5.00±0.639 ^a	5.50±0.189 ^a	3.50±0.327 ^a	1.75±0.250 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error).

외관에 대한 관능평가 결과 대조구는 UV 처리구와 4°C, 저장 3일 동안 유의적 차이가 없었다. 저장 6일 대조구와 5~15분 처리구는 대조구와 유의적 차이가 있었다 (Table 3-25). 또한 9일이 경과하여 저장 12일 이후에 외관에 대한 대조구와 0~10분 UV처리구는 15분 이상 UV 처리구 보다 유의적으로 낮은 등급으로 분류되었다.

Table 3-25. Effect of ultraviolet (UV) radiation on appearance values¹ of pork loins held at 4°C.

Treatment	Appearance values				
	1d	3d	6d	9d	12d
UV, 0분 조사	4.63±0.183	4.88±0.295	4.38±0.183 ^b	2.88±0.350 ^b	1.50±0.189
UV, 5분 조사	5.25±0.164	5.00±0.378	4.75±0.164 ^{ab}	2.75±0.164 ^b	1.38±0.183
UV, 10분 조사	5.35±0.164	5.00±0.655	5.00±0.267 ^a	3.63±0.183 ^a	1.50±0.267
UV, 15분 조사	5.38±0.375	5.25±0.526	5.38±0.263 ^a	3.88±0.227 ^a	2.00±0.267
UV, 20분 조사	5.38±0.375	4.75±0.250	5.00±0.267 ^b	3.50±0.267 ^a	2.13±0.350

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

*Means of replications (Mean±standard error).

본 연구의 결과는 10~20분 UV처리후 냉장 돈육의 냄새에 대한 기호도가 높게 평가 되었으며, 이러한 결과는 저장 9일 동안 유지되었다. 그리고 UV 조사량과 외관에 미치는 영향을 수행중에 있기 때문에 연구결과의 세부적 분석이 가능할 것이다.

(나) 240W UV조사

상, 하, 좌, 우의 240 W UV lamp를 사용하여 0~60분 동안 조사후 4°C 냉장동안 돼지고기표면의 호기성미생물 (APC)과 그람음성세균수 (GNC)에 대한 항균효과를 분석하였다 (Table 3-26). UV조사는 돼지고기 표면의 전, 후면을 각각 0~60분 동안 조사하였다. UV를 조사하지 않은 초기 대조구 시료는 3.72 log unit, 60분 동안 UV를 조사한 시료는 2.82 log unit로서 호기성 세균수 (APC)의 유의적 감소 ($P < 0.05$)를 나타내었다. 그리고 저장 9일 후 UV처리구는 대조구보다 호기성세균수의 유의적 감소를 나타내었다. 초기 그람음성세균수 (GNC)의 변화는 초기 호기성세균수의 결과와 유사하였으며, 저장 6일 이후부터 UV 60분 처리구는 대조구보다 유의적으로 낮은 그람음성세균수를 나타내었다.

Table 3-26. Effect of ultraviolet (UV) radiation on APC values¹ of pork tender-loins held at 4°C.

Treatment	Log CFU/g							
	APC				GNC			
	0	3	6	9	0	3	6	9
Control	3.72±0.24 ^a	3.74±0.11	5.58±0.15	7.44±0.07 ^a	3.48±0.16 ^a	3.53±0.09	5.30±0.11 ^a	7.14±0.06 ^a
UV 10min	3.58±0.11 ^{ab}	3.68±0.06	5.52±0.12	6.60±0.08 ^b	3.44±0.08 ^a	3.53±0.03	5.35±0.14 ^a	6.36±0.09 ^b
UV 20min	3.35±0.10 ^{ab}	3.43±0.12	5.44±0.06	6.64±0.07 ^b	3.22±0.08 ^{ab}	3.25±0.11	5.29±0.07 ^a	6.25±0.08 ^b
UV 30min	3.23±0.08 ^{ab}	3.35±0.11	5.45±0.17	6.50±0.16 ^b	3.09±0.02 ^{ab}	3.20±0.05	5.22±0.09 ^{ab}	6.24±0.02 ^b
UV 60min	2.82±0.11 ^b	3.30±0.09	5.08±0.04	6.53±0.07 ^b	2.52±0.22 ^b	3.14±0.09	4.65±0.12 ^b	6.10±0.06 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error).

본 결과는 240 W의 증가한 UV조사량으로 돼지고기 안심을 처리한 경우 UV조사시간이 60분까지 증가되므로서 육부패세균의 주요세균총인 그람음성세균의 유의적 감소를 나타내었으며 육저장 안정성을 위한 유용한 방법으로 검토되었다. 대조구와 UV처리구의 4°C 냉장동안 pH변화를 조사한 결과 대조구는 저장 6일 까지 pH가의 증가를 나타내었으며 10분 UV처리구는 저장 6일 동안 대조구보다 낮은 pH가를 나타내었다 (Table 3-27).

Table 3-27. Effect of ultraviolet (UV) radiation on pH values¹ of pork tender-loins held at 4°C.

Treatment	pH values			
	0	3	6	9
Control	5.69±0.02 ^b	5.90±0.02 ^{ab}	6.37±0.05 ^a	6.10±0.18
UV 10min	5.82±0.02 ^{ab}	5.84±0.03 ^{ab}	5.98±0.06 ^b	6.46±0.21
UV 20min	5.88±0.01 ^a	5.71±0.04 ^b	5.92±0.02 ^b	5.93±0.06
UV 30min	5.90±0.04 ^a	5.72±0.04 ^b	6.20±0.17 ^{ab}	6.23±0.07
UV 60min	5.96±0.05 ^a	5.71±0.03 ^b	6.41±0.02 ^a	6.36±0.18

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05). *Means of replications (Mean±standard error).

신선한 대조구와 UV 처리구의 외관과 냄새에 대한 관능평가를 실시한 결과는 처리직후 유의적차이가 없었다 (Table 3-28). 그러나 저장 기간이 6일 이상경과함에 따라 처리구는 신선한 대조구보다 유의적으로 좋은 것으로 등급되었다.

Table 28. Effect of ultraviolet (UV) radiation on odor and appearance values¹ of pork tender-loins held at 4°C.

Treatment	Storage time (days)				Odor score				Appearance score			
	0	3	6	9	0	3	6	9	0	3	6	9
Fresh control	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^a
UV 10min	5.00±0.32 ^a	4.80±0.20 ^a	4.00±0.45 ^b	2.60±0.25 ^b	5.20±0.20 ^a	4.40±0.60 ^b	3.40±0.60 ^b	3.00±0.37 ^b	5.20±0.25 ^a	4.40±0.58 ^b	3.50±0.37 ^b	3.00±0.32 ^b
UV 20min	4.80±0.25 ^a	4.80±0.32 ^a	4.20±0.20 ^b	2.20±0.37 ^b	5.20±0.40 ^a	4.60±0.40 ^b	3.40±0.40 ^b	3.20±0.37 ^b	4.80±0.37 ^a	4.80±0.37 ^a	4.00±0.51 ^b	2.00±0.00 ^b
UV 30min	4.80±0.32 ^a	4.80±0.20 ^a	4.20±0.37 ^b	2.20±0.37 ^b	5.20±0.37 ^a	4.20±0.37 ^b	3.50±0.58 ^b	3.00±0.32 ^b	4.80±0.37 ^a	4.80±0.37 ^a	4.00±0.51 ^b	2.00±0.00 ^b
UV 60min	4.80±0.37 ^a	4.80±0.37 ^a	4.00±0.51 ^b	2.00±0.00 ^b	5.20±0.37 ^a	4.20±0.37 ^b	3.50±0.58 ^b	3.00±0.32 ^b	5.20±0.37 ^a	4.20±0.37 ^b	3.50±0.58 ^b	3.00±0.32 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error).

(라) Tumbling 법을 이용한 육저장 안정성 분석

(1) UV 조사법과 potassium sorbate의 영향

각 1 Kg의 돼지고기 안심과 0.5% (w/w) 농도로 potassium sorbate를 텀블러 (ChangDae Chemical Co., Korea)에 넣고 15 rpm으로 10분동안 텀블링하였다. 그 후 돼지고기안심은 상하, 좌우의 240W UV lamp를 사용하여 0~60분 동안 조사후 4°C 냉장동안 돼지고기표면의 호기성미생물 (APC)과 그람음성세균수 (GNC)에 대한 항균 효과를 분석하였다 (Table 3-29). UV조사는 돼지고기 표면의 전, 후면을 각각 0~60분 동안 조사하였다. 0.5% potassium sorbate와 UV조사구는 처리직후부터 4°C 저장 9일 동안 호기성세균 (APC)과 그람음성세균수 (GNC)를 유의적으로 감소하였다. 0.5% potassium sorbate와 60분 UV조사구는 저장 3일동안 0.5% potassium sorbate

처리구 보다 육부패세균의 유의적 감소를 나타내었다. 그러나 대조구는 저장 3일 이후부터 급속한 육부패세균의 증식으로 미생물학적 육부패를 나타내었다.

Table 3-29. Effect of ultraviolet (UV) radiation and potassium sorbate on APC values¹ of pork tender-loins held at 4°C.

Treatment	Storage time (days)		Log CFU/g							
	APC				GNC					
	0	3	6	9	0	3	6	9		
Control	3.52±0.06 ^a	5.63±0.06 ^a	6.32±0.11 ^a	7.33±0.05 ^a	3.39±0.03 ^a	5.41±0.03 ^a	5.73±0.06 ^a	6.89±0.18 ^a		
0.5%PS/실온30min	3.11±0.02 ^{ab}	3.15±0.07 ^b	2.88±0.07 ^b	2.83±0.07 ^{cd}	2.65±0.10 ^b	2.74±0.09 ^b	2.21±0.09 ^b	2.22±0.07 ^b		
0.5%PS/UV 10min	3.09±0.03 ^{ab}	3.07±0.04 ^b	2.97±0.05 ^b	3.11±0.02 ^{bc}	2.57±0.12 ^b	2.58±0.02 ^{bc}	2.23±0.07 ^b	2.26±0.07 ^b		
0.5%PS/UV 20min	2.95±0.02 ^b	2.96±0.03 ^b	2.96±0.03 ^b	3.07±0.06 ^{bc}	2.53±0.04 ^b	2.30±0.09 ^{cd}	2.20±0.21 ^b	2.22±0.07 ^b		
0.5%PS/UV 30min	2.93±0.19 ^b	2.83±0.06 ^{bc}	2.95±0.04 ^b	3.02±0.05 ^{bc}	2.53±0.17 ^b	2.09±0.03 ^{de}	2.03±0.04 ^b	2.12±0.12 ^b		
0.5%PS/UV 60min	2.87±0.11 ^b	2.64±0.02 ^c	2.58±0.12 ^b	2.54±0.04 ^d	2.24±0.08 ^b	1.76±0.06 ^e	1.70±0.08 ^b	1.60±0.10 ^c		

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error). PS = potassium sorbate.

돼지고기안심은 상, 하, 좌, 우의 240 W UV lamp를 사용하여 0~60분 동안 조사후 4°C 냉장동안 돼지고기표면의 pH가를 분석하였다 (Table 3-30). 대조구와 UV 처리구는 저장 3일 동안 유의적 차이가 없었다.

돼지고기안심은 상하, 좌우의 240 W UV lamp를 사용하여 0~60분 동안 조사후 4°C 냉장동안 돼지고기표면의 외관과 냄새에 대한 관능평가를 실시하였다 (Table 3-31).

Table 3-30. Effect of ultraviolet (UV) radiation and potassium sorbate on pH values¹ of pork tender-loins held at 4°C.

Treatment	pH values			
	0	3	6	9
Control	5.90±0.01	5.92±0.01	5.94±0.02 ^a	5.98±0.02 ^a
0.5%PS/ 실온30min	5.89±0.02	5.83±0.04	5.79±0.01 ^b	5.87±0.03 ^b
0.5%PS/ UV 10min	5.88±0.04	5.97±0.02	5.86±0.05 ^{ab}	6.02±0.01 ^a
0.5%PS/ UV 20min	5.86±0.02	5.87±0.02	5.88±0.03 ^{ab}	5.91±0.01 ^{ab}
0.5%PS/ UV 30min	5.83±0.01	5.89±0.01	5.83±0.02 ^b	5.85±0.02 ^b
0.5%PS/ UV 60min	5.81±0.02	5.84±0.01	5.90±0.04 ^a	5.92±0.05 ^{ab}

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error). PS = potassium sorbate.

Table 3-31. Effect of ultraviolet (UV) radiation and potassium sorbate on odor and appearance values¹ of pork tender-loins held at 4°C.

Treatment	Odor score				Appearance score			
	0	3	6	9	0	3	6	9
Control	5.60±0.20	4.50±0.17	4.00±0.21	3.60±0.22	6.00±0.22	4.10±0.18 ^b	3.90±0.28	3.40±0.40
0.5%PS/ 실온30min	5.40±0.27	4.40±0.22	4.20±0.39	3.70±0.21	5.80±0.20	5.00±0.15 ^a	4.60±0.22	4.10±0.28
0.5%PS/UV 10min	5.40±0.22	4.40±0.16	4.00±0.15	3.50±0.34	5.80±0.31	4.60±0.22 ^{ab}	4.20±0.29	3.60±0.27
0.5%PS/UV 20min	5.20±0.23	4.60±0.22	4.50±0.17	3.70±0.34	6.00±0.22	4.50±0.22 ^{ab}	4.30±0.26	4.00±0.26
0.5%PS/UV 30min	5.30±0.68	4.40±0.22	3.90±0.28	3.40±0.31	6.00±0.21	4.60±0.16 ^{ab}	4.30±0.30	4.20±0.36
0.5%PS/UV 60min	5.40±0.31	4.90±0.10	3.60±0.22	2.90±0.46	5.80±0.20	4.30±0.21 ^b	3.90±0.23	3.50±0.37

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications (Mean±standard error). PS = potassium sorbate.

외관에 대한 관능평가결과 처리직후 및 4°C 저장 동안 처리구와 대조구사이에 유의

적 차이가 없었다. 냄새에 대한 관능평가결과 처리직후 처리구와 대조구사이의 유의적 차이가 없었으며 저장 동안 대조구와 유사한 등급으로 평가되었다.

(마) 경제성 분석

천연 유산균 배양액이용은 종균구입후 계대배양이 가능하므로 육가공업자에게 사용될 수 있는 유용한 방법으로서 고품질육의 생산과 시판 및 부가가치 상품성 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 검토되었다. 또한 유산균배양액과 potassium sorbate조합 그리고 텀블링방법의 적용은 텀블러의 사용모델로서 가로 : 세로 : 깊이 = 55 cm : 60 cm : 65 cm로서 제작 경비는 150만원이 소요되고 영구적이기 때문에 육가공업자의 경제적 상품성 향상을 위한 유용한 기술이 될 수 있을 것이다. 이러한 목적으로 연구를 수행중에 있으며, 연구의 결과후 경제성평가를 실시할 것이다. 돼지고기의 육표면을 위생적으로 살균하는데 필요한 경제적 비용은 본 연구책임자가 자체 개발한 최소 100~150만원의 UV 조사기 (높이 80 cm : 가로 70 cm : 폭 60 cm, 40 W UV lamp 설비) 구입으로 가능 할 수 있을 것으로 평가된다.

3) 결 론

본 연구에서 천연 항균제 생산 공시 균주는 bacteriocins을 생산하는 유산 및 프로피온산균으로서 nisin, 프로피오닉산과 유산 등의 항균물질을 생산하는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454, *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257, *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 및 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200을 사용하였으며, tumbling법, 유산균배양액 이용법, 그리고 potassium sorbate와 조합한 육표면 처리법과 UV조사량의 농도에 따른 미생물학적변화, pH 및 관능평가를 실시하였다. 본 연구 결과 유산균배양액 단독처리보다 potassium sorbate와 조합한 텀블링법의 조합은 4°C 냉장동안 돼지고기의 미생물학적 저장 안정성에 유의적 효과를 나타내었다. 천연 항균물질을 생산하는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454의 유산균배양액(v/w)을 돼지고기 등심과 안심에 도말하였을 때 호기성 육부패세균의 증식억제에 효과적 이었다. 이러한 결과는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454의

유산균배양액에서 생산된 유산과 nisin 및 기타 천연항균물질에 의한 항균작용으로 고려되었다. 본 연구 결과 천연항균물질의 이용후 4°C 저장 9일 동안 돼지고기 등심과 안심은 초기세균수와 유사한 호기성 세균수를 나타내었으나, 대조구는 저장 6일 이후부터 급속한 세균수의 증가를 나타내므로써 미생물학적 육저장 안정성에 사용할수 있는 천연보존제로서 평가되었다. 유산균의 항균력은 생산된 유산 및 초산등의 약산이 육표면의 초기 pH를 감소하거나 해리된 산분자 (dissociated molecules) 또는 해리되지않은 산분자 (undissociated molecules)에 기인할 뿐만아니라 nisin 및 알려지지않은 항균물질에 의하여 미생물에 대한 항균력을 나타내는 것으로 알려져있으며, 유산균은 이들 항균물질 생산을 위한 유용한 천연보존제가 될 수 있을 것이다. 유산과 유산균의 육 표면처리는 초기 돈육의 초기 pH를 대조구보다 유의적으로 감소하여 이의 항균작용에 영향을 미치는 것으로 고려되었으며, 저장 초기 육부패균의 대부분을 차지하고 있는 그람음성세균 (GNC)은 저농도의 pH에서 증식억제를 나타내었다. 본 결과는 CVT배지위에서 배양한 그람음성세균 (gram-negative bacterial counts; GNC)의 분석을 토대로 tumbling법, 유산균배양액 이용법, 그리고 potassium sorbate와 조합한 육표면 처리법과 240 W 까지 증가한 UV조사량의 농도에서 항균효과를 측정한 결과 4°C 냉장 9일 동안 그람음성세균의 증식억제에 유용한 방법임을 입증하였다. 일반적으로 pH가는 처리후와 저장 동안 처리구는 대조구 보다 낮게유지되었으며, 호기성 미생물의 증식억제에 기여한 것으로 고려되고 있다. 냄새 및 외관의 관능평가 결과는 같거나 유사한 것으로 등급되었다. UV조사법의 이용은 초기 돼지고기 표면의 세균수를 감소하였으나 저장 6일 이후에는 유의적 차이가 없었다. 그러나 UV 조사량의 증가와 호기성 미생물의 증식에 미치는 영향을 연구중에 있기 때문에 이의 저장 안정성 향상에 대한 새로운 결과를 기대할수 있을 것이다. 그리고 저장 12일 에는 냄새의 경우 매우 싫은 등급으로 분류되었으며, 외관에 대한 관능평가 결과 대조구와 0~10분 UV 처리구에서 매우 낮은 등급으로 분류되었다. UV 조사법의 처리후 평가요원들은 냄새에 대한 변화가 없으며 일반적으로 10~20분 UV 처리구에서 외관은 높은 점수로 등급되었다. 이러한 기술은 육 도매점, 소매점, 백화점 및 도축장에서 효과적으로 활용하여 위생육의 생산에 의한 식육의 안정성확보에 많은 이점을 갖을수 있도록 연구의 수행을 실시하고 있다. 그리고 소비자는 식육의 안정성 확장에 의하여 식육에 대

한 기호성이 증가하게 되므로서 이의 여름철 소비 증진을 가능하게 할 수 있을 것이다.

나. 천연항균물질 이용 위생적 돼지고기 생산기술의 분석

1) 연구방법 및 설계

가) 천연항균제의 선발

본 실험에 사용한 공시균주는 nisin과 유산등의 천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)와 초산등의 천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 한국 종균협회에서 구입하였다.

(1) *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)의 배양

Brain Heart Infusion agar 및 broth (Difco, USA)를 121°C, 15분 멸균하여 제조한 사면배지와 액체 배양기에 접종하였다. 그 후 37°C, 24시간 3회 계대배양하여 사면배지는 4°C 에 저장하면서 액체배양기로 역가를 증진하여 실험에 사용하였다.

(2) *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)의 배양

Mannitol agar 및 broth (Difco, USA)를 121°C, 15분 멸균하여 제조한 사면배지와 액체 배양기에 접종하였다. 그 후 30°C, 48시간 3회 계대배양하여 사면배지는 4°C 에 저장하면서 액체배양기로 역가를 증진하여 실험에 사용하였다.

나) 천연항균물질의 생산

천연항균물질을 생산하기 위한 실험으로서, Brain Heart Infusion broth (Difco, USA)와 mannitol broth에 계대배양한 종균을 각 멸균한 2.5~10% (w/v) 탈지분유배지(Difco, USA)에 0.5%씩 접종후 각 37°C 와 30°C의 최적 배양온도조건에서 24-48시

간 배양하였다. 그 후 각 2,000 ml의 유산균 배양액을 8,000 rpm에서 15분 원심분리하거나 또는 80°C 항온수조에서 30분 유지후 8,000 rpm에서 15분 원심분리하여 상층액을 실험에 사용하였다. 원심분리후 얻은 천연항균물질은 각 10 Kg 육시료(평균중량 25 g의 등심과 안심)에 사용하였다.

다) 천연항균물질을 이용한 위생적 돼지고기의 생산

천연항균물질을 이용한 위생적 돼지고기의 생산은 침지법 (dipping method)을 이용하여 현장애로업체인 (주) 만나 및 유통업체에서 구입한 돼지고기 안심 및 등심의 육시료에 적용하였다. 육시료는 평균중량 25 g과 250 g의 시료를 각 10 Kg로씩 조제하고 각 250 g의 육시료를 nisin과 유산균의 천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)와 초산균의 천연항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 2.5~10% (w/v)의 탈지분유배지에서 배양한 다음 8,000 rpm에서 15분 원심분리후 수집한 각 2,000 ml의 상층액을 실험에 사용하였다.

라) 침지법에 의한 육표면 위생기술

위생적 돼지고기를 생산하기위한 방법으로 침지법을 이용하였다. 각 500 ml의 천연항균물질에 250 g의 육시료를 넣고 0~10분의 침지시간을 적용하여 육표면을 위생화하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정치후 유출되는 수분을 제거하였다. 각 육시료는 지퍼백에 넣고 0~10°C 의 냉장온도에 저장 하면서 저장 기간별 미생물학적 저장 안정성을 분석하였다.

마) 육심부온도의 측정

돼지고기는 심부온도측정기 (Model SDT 25, Type K Digital Thermometer, Summit Co., LTD, Korea)를 이용하여 육시료에 탐침봉을 삽입하고 심부온도를 측정

하였다. 천연항균물질을 이용하여 육표면을 위생화하기전에 돼지고기의 심부온도를 심부온도측정기로 측정한 결과 전후 4부위의 돼지고기 (평균 25 g과 250 g 중량)의 평균온도는 12.5°C와 12.8°C를 나타내었다.

바) Tumbling법의 이용

등심 및 안심 부위를 각 100~150 g 중량의 입방체로 절단하고, 교반속도 (rpm) 및 시간별 (min) 냉장 조건에서 미생물학적 변화를 저장 기간별 분석하였다. 4개의 처리구에 대해 유산균배양액에 침지후 텀블링법을 적용하였다. ① 수돗물 세척후 돼지고기 텀블링후 4°C에서 저장한 대조구 ② 농도별유산균배양액이적용후 돼지고기를 텀블링후 4°C저장조건 ③ 농도 (%)별 보존제 처리후, rpm별 텀블링후 4°C에 저장조건 ④ 각 유산균 및 보존제 이용 텀블링 처리후, UV조사법 적용후 돼지고기를 포장하고 최적조건을 조사하였다.

사) 육포장법의 이용

(주) 만나 돼지고기의 포장을 위한 포장법은 연신수축필름 (Diamiron-S, Mitsubishi Plastics Industries Limited, Japan)을 이용한 shrinkage packaging를 실시하였다. 포장법은 각 25~50g 단위 및 100~200 g 단위의 돼지등심과 안심을 20초의 탈기시간 적용후 진공포장 (Vacuum Packaging Machine, Model M-1AM, Leepack, Korea)을 실시하였다. 4°C 냉장조건에서 저장기간별 호기성미생물과 그람음성미생물 증식에 의한 미생물학적 육변화에 미치는 영향을 분석하였다.

아) UV조사법의 이용

(주) 만나돼지고기의 포장전후 위생학적 품질안정성 변화를 분석하기위하여 UV조사후 천연항균물질을 이용하여 침지한 돼지고기의 UV조사시간별 호기성육부패세균과 그람음성세균의 증식에 미치는 영향을 저장기간별로 분석하였다.

자) 미생물학적 분석

육부패 호기성 부패세균 (aerobic plate counts; APC)와 그람음성세균 (gram negative bacterial counts; GNC)를 분석하기 위하여 25~50 g단위의 돼지고기는 표준 세척법을 이용하여 2분간 진탕한 시료를 사용하였다. 각 0.1 ml 또는 1 ml의 시료를 취하여 0.1% (W/V) peptone water에 적합한 농도로 세균수를 희석하여 균점 종물로 사용하였다. 균질한 시료는 spread plating method법을 사용하여 도말한 다음 표준평판배지 (Difco, USA)와 MacConkey agar (Difco, USA) agar에서 각각 37°C, 48시간 배양후 형성된 집락을 Log₁₀ CFU/g으로 표시하였다.

차) 통계 분석

각 자료의 통계처리는 SAS program (1991)을 이용하여 ANOVA로 분석하고 5%이하의 유의수준에서 평균값을 LSD로 분리하여 분석하였다.

2) 연구결과

가) 천연항균물질의 생산

(1) 천연항균물질의 개발 방법 1

각 250g의 육시료를 nisin과 유산등의 천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)를 10% (w/v)의 탈지분유배지에서 배양하였다. 그 후 80°C 항온수조에서 30분 유지한 다음 8,000 rpm에서 15분 원심분리후 수집한 각 500 ml의 상층액에 10분 침지하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정치후 유출되는 수분을 제거하였다. 각 육시료는 지퍼백에 넣고 7°C의 냉장온도에 저장 하면서 저장 기간별 호기성 부패세균 (aerobic plate counts; APC)과 그람음성 세균수 (gram negative bacteria; GNC)를 분석하였다. 이때 초기 *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)의 탈지유 배지에서 유산균수는 1.7×10^6 CFU/ml를 나타내었다. NAS 1은 증류수에 천연항균

물질을 4배 희석과 NAS 2는 2배 희석한 물질을 사용하였다. 그리고 NAS 3은 천연항균물질을 원료육에 희석하지않고 사용하였다 (Table 3-32, 3-33, 3-34).

그림 3-1의 방법으로 유산균을 배양후 원심분리한 다음 얻은 천연항균물질의 pH와 유산균수를 측정 한 결과는 Table 3-32와 같다. *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)의 유산균을 37°C에서 48시간 배양후 pH와 유산균수를 측정 한 결과 각 4.80과 6.22 Log CFU/ml를 나타내었으며, 항온수조에서 80°C, 30분 유지후 원심 분리한 다음 취한 상층액에서는 유산균이 검출되지 않았다. 천연항균물질을 이용하여 침지법으로 10분 동안 돼지고기 표면을 위생화한 다음 7°C 저장 동안 호기성 육부패세균 (APC)를 측정 한 결과는 Table 4-2와 같다. 천연 항균물질을 희석하지않고 사용한 처리구 (NAS 3)는 처리직후 대조구 보다 유의적으로 낮은 ($P < 0.05$) 호기성 육부패세균수를 나타내었다. 7°C 저장 4일에는 처리구 모두 그리고 7일에는 NAS 2와 NAS 3의 처리구에서 대조구 보다 호기성 육부패세균이 유의적으로 감소하였다 ($P < 0.05$). 본 연구의 결과는 nisin과 유산 등의 천연항균물질이 강력한 항균작용을 나타내므로서 냉장돼지고기의 미생물학적 육저장 안정성을 향상한 것으로 검토되었다.

Table 3-32. Lactic acid bacterial number and pH values in natural antimicrobial substances obtained from *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454(KCCM 40104).

Treatments	pH	Log ₁₀ CFU/ml
Before centrifugation (not boiling)	4.80	6.22
After centrifugation (boiling)	4.73	ND ¹

*Means of replications. ND¹=not detected.

Fig. 3-1. Procedure of natural antimicrobial production from lactic acid bacteria of *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104) and acetic acid bacteria of *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229).

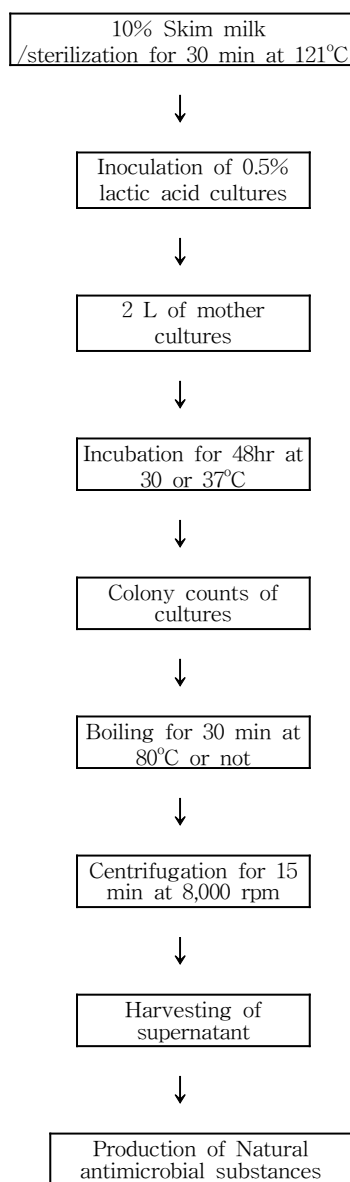


Table 3-33. APC values¹ on refrigerated (7°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454.

Storage time (days)	Log ₁₀ CFU/g		
	0	4	7
Treatments			
Control	4.24 ^a	6.88 ^a	8.60 ^a
NAS 1/10min	4.30 ^a	6.24 ^b	8.18 ^a
NAS 2/10min	4.04 ^a	6.00 ^b	7.53 ^b
NAS 3/10min	3.60 ^b	5.16 ^c	5.60 ^c

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

*Means of replications. NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Table 3-34는 천연항균물질로 침지후 돼지고기 표면에 존재하는 그람음성세균수 (GNC)를 측정한 결과다. 천연 항균물질을 희석하지않고 사용한 처리구 (NAS 3)는 처리직후 대조구 보다 유의적으로 낮은 ($P < 0.05$) 그람음성 세균수를 나타내었다. 7°C 저장 4일에는 처리구 모두 그리고 7일에는 NAS 2와 NAS 3의 처리구에서 대조구 보다 그람음성세균수를 유의적으로 감소하였다 ($P < 0.05$). 일반적으로 그람음성세균수는 낮은 pH에서 민감한 반응을 나타내며 천연항균물질의 농도가 증가하므로써 7°C 저장 7일 동안 유의적 감소를 나타내었다. 또한 유기산 등의 낮은 pH에서 항균력은 해리된산분자 (dissociated molecules)와 해리되지않은 산분자 (undissociated molecule)에 기인하여 그람음성세균의 증식억제를 가능하게 한 것으로 고려되었다.

Table 3-34. GNC values¹ on refrigerated (7°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454.

Storage time (days) \ Treatments	Log ₁₀ CFU/g		
	0	4	7
Control	3.76 ^a	6.74 ^a	8.59 ^a
NAS 1/10min	3.72 ^a	6.04 ^b	8.18 ^a
NAS 2/10min	3.67 ^a	6.04 ^b	7.45 ^b
NAS 3/10min	3.00 ^b	4.35 ^c	5.38 ^c

Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).
¹Means of replications. NAS 1 = natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

본 연구결과 육부패세균의 90% 이상을 차지하고 있는 그람음성세균이 7°C의 냉장온도에서 증식이 억제되므로써 본 실험에 사용한 천연항균물질은 냉장돼지고기의 육저장 안정성 향상을 위한 유용한 천연보존제가 될 수 있다는 사실을 입증하였다.

(2) 천연항균물질의 개발 방법 2

각 250 g의 육시료를 nisin과 유산등의 천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)를 10% (w/v)의 탈지분유배지에서 배양하였다. 그 후 8,000 rpm에서 15분 원심분리후 수집한 각 500 ml의 상층액에 10분 침지하였다. 그리고 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정치후 유출되는 수분을 제거하였다. 각 육시료는 지퍼백에 넣고 3±1°C의 냉장온도에 저장하면서 저장 기간별 호기성 부패세균 (aerobic plate counts; APC)과 그람음성 세균수 (gram negative bacteria; GNC)를 분석하였다. 이때 초기 *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)의 탈지유 배지에서 유산균수는 1.45×10⁷ CFU/ml

를 나타내었다. NAS 1은 증류수에 천연항균물질을 4배 희석과 NAS 2는 2배 희석한 물질을 사용하였다. 그리고 NAS 3은 천연항균물질을 원료육에 희석하지않고 사용하였다 (Table 3-35, 3-36, 3-37).

그림 3-1의 방법으로 유산균을 배양후 원심분리한 다음 얻은 천연항균물질의 pH와 유산균수를 측정한 결과는 Table 3-35와 같다. *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)의 유산균을 37°C에서 48시간 배양후 80°C 항온수조에서 30분 유지하지않고 원심분리후 회수한 상층액의 pH가와 유산균수를 측정한 결과는 각 5.07과 3.70 Log CFU/ml를 나타내었다.

Table 3-35. Lactic acid bacterial number and pH values in natural antimicrobial substances obtained from *Lactococcus lactis subsp. lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104).

Treatments	pH	Log ₁₀ CFU/ml
Before centrifugation	5.00	7.15
After centrifugation	5.07	3.70

*Means of replications.

Lactococcus lactis subsp lactis ATCC 11454 천연항균물질을 농도별로 재구성하여 돼지고기 육표면을 위생화한 다음 호기성 육부패세균수 (APC)를 측정한 결과는 Table 3-36와 같다. 천연 항균물질을 희석하지않고 사용한 처리구 (NAS 3)는 처리직후 호기성 육부패세균수를 대조구 보다 유의적으로 감소 ($P < 0.05$)하였고 이러한 결과는 저장 10일 동안 지속되었다. NAS 2처리구는 3±1°C 저장 7일 동안 그리고 NAS 3 처리구는 저장 10일 동안 미생물학적 육저장안정성 (microbiological shelf-life)를 나타내었다.

Table 3-36. APC values¹ on refrigerated (3±1°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454.

Storage time (days) \ Treatments	Log ₁₀ CFU/g			
	0	4	7	10
Control	3.85 ^a	5.00 ^a	6.45 ^a	7.58 ^a
NAS 1	3.92 ^a	4.92 ^a	6.40 ^a	7.18 ^{ab}
NAS 2	3.66 ^{ab}	4.84 ^a	5.59 ^b	7.03 ^b
NAS 3	3.30 ^b	4.43 ^b	5.26 ^b	6.65 ^c

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Table 3-37. GNC values¹ on refrigerated (3±1°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454.

Storage time (days) \ Treatments	Log ₁₀ CFU/g			
	0	4	7	10
Control	3.43 ^a	4.16 ^a	6.08 ^a	7.52 ^a
NAS 1	3.36 ^a	3.92 ^a	5.40 ^b	6.68 ^b
NAS 2	2.93 ^b	3.40 ^b	4.68 ^c	6.65 ^b
NAS 3	2.95 ^b	3.30 ^b	4.36 ^c	6.57 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. NAS 1 = natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

천연항균물질을 농도별로 재구성하여 돼지고기 육표면을 위생화한 다음 그람음성 세균수 (GNC)를 측정된 결과는 Table 3-37과 같다. NAS 1은 저장 7일 이후 그리고 NAS 2와 NAS 3는 저장 10일 동안 대조구 보다 유의적으로 낮은 ($P < 0.05$) 그람음성 세균수 (GNC)를 나타내었다. 본 연구의 결과는 유산균에서 추출한 천연항균물질은 저농도에서 조차 육부패세균에 대한 강력한 항균력을 나타내었으며 냉장돼지고기의 유용한 육보존제로 확인되었다.

(3) 천연항균물질의 개발 방법 3

각 250 g의 육시료를 초산등의 천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 10% (w/v)의 탈지분유배지에서 배양하였다. 그 후 80°C 항온 수조에서 30분 유지후 8,000 rpm에서 15분 원심분리후 수집한 각 500 ml의 상층액에 10분 침지하였다. 그리고 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정치후 유출되는 수분을 제거하였다. 각 육시료는 연신수축필름 (Diamiron-S, Mitsubishi Plastics Industries Limited, Japan)을 이용한 shrinkage packaging은 진공포장 (Model-1AM,, vaccum packaging machine, Leepack, Korea)에 넣고 20초의 진공, sealing 시간은 2초로하여 밀봉하였다. 그리고 3±1°C의 냉장온도에 저장 하면서 저장 기간별 호기성 부패세균 (aerobic plate counts; APC)과 그람음성 세균수 (gram negative bacteria; GNC)를 분석하였다. 이때 초기 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)의 탈지유 배지에서 세균수는 3.80×10^7 CFU/ml를 나타내었다. NAS 1은 증류수에 천연항균물질을 4배 희석과 NAS 2는 2배 희석한 물질을 사용하였다. 그리고 NAS 3은 천연항균물질을 원료육에 희석하지않고 사용하였다 (Table 3-38 , 3-39, 3-40).

그림 3-1의 방법으로 유산균을 배양후 원심분리한 다음 얻은 천연항균물질의 pH와 유산균수를 측정된 결과는 Table 3-38과 같다. *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)의 초산균을 37°C에서 48시간 배양후 80°C 항온수조에서 30분 유지하기전 배양액의 pH가와 초산균수를 측정된 결과는 각 4.35과 7.60 Log CFU/ml를 나타내었다.

Table 3-38. Acetic acid bacterial number and pH values in natural antimicrobial substances obtained from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229).

Treatments	pH	Log ₁₀ CFU/ml
Before centrifugation (not boiling)	4.35	7.60
After centrifugation (boiling)	4.41	ND ¹

¹Means of replications. ND¹=not detected.

Acetobacter aceti ATCC 15973 (KCCM 40229)에서 생산한 천연항균물질을 농도별로 재구성하여 돼지고기 육표면을 위생화한 다음 진공포장후 호기성 육부패세균수 (APC)를 측정 한 결과는 Table 3-39와 같다. 천연 항균물질로 처리한 모든 처리구 (NAS 1, NAS 2, NAS 3은)는 처리직후 호기성 육부패세균수를 대조구 보다 유의적으로 감소 ($P < 0.05$)하였고 이러한 결과는 저장 7일 동안 지속되었다. 천연항균물질의 처리구는 진공포장후 3±1°C 저장 7일 동안 0일의 처리구와 유사한 호기성 육부패세균수를 나타내므로서 장기간의 육저장 안정성을 가능하게 할 수 있을 것으로 검토되었다. 본 연구의 저장 기간 연장에 대한 결과는 연구를 수행중에 있기 때문에 최종 보고서에 제출할 예정이다.

Table 3-39. APC values¹ on refrigerated (3±1°C) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229).

Storage time (days)	Log ₁₀ CFU/g		
	0	4	7
Treatments			
Control	4.16 ^a	4.38 ^a	4.41 ^a
NAS 1	3.52 ^b	3.98 ^b	3.74 ^b
NAS 2	3.40 ^b	3.97 ^b	3.48 ^b
NAS 3	3.22 ^c	3.90 ^b	3.40 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

^{*}Means of replications. NAS 1= natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

Acetobacter aceti ATCC 15973 (KCCM 40229)에서 생산한 천연항균물질을 농도별로 재구성하여 돼지고기 육표면을 위생화한 다음 진공포장후 그람음성세균수 (GNC)를 측정된 결과는 Table 3-40과 같다. 천연 항균물질로 처리한 모든 처리구 (NAS 1, NAS 2, NAS 3은)는 처리직후 그람음성 세균수를 대조구 보다 유의적으로 감소 ($P < 0.05$)하였고 이러한 결과는 저장 7일 동안 지속되었다. 천연항균물질의 처리구는 진공포장후 $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ 저장 7일 동안 0일의 처리구와 유사한 세균수를 나타내므로써 장기간의 육저장 안정성을 가능하게 할수 있을 것으로 검토되었다. 본 연구의 최종 결과 또한 연구를 수행중에 있기때문에 최종보고서에 제출할 예정이다.

Table 3-40. GNC values¹ on refrigerated ($3\pm 1^{\circ}\text{C}$) pork tender-loins treated with different levels of natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229).

Storage time (days)	Log ₁₀ CFU/g		
	0	4	7
Treatments			
Control	4.06 ^a	4.21 ^a	4.56 ^a
NAS 1	3.37 ^b	3.70 ^b	3.74 ^b
NAS 2	3.32 ^b	3.65 ^b	3.48 ^b
NAS 3	3.22 ^b	3.65 ^b	3.40 ^b

¹⁰Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

*Means of replications. NAS 1 = natural antimicrobial substances mixed with 3 parts of diluted water. NAS 2 = natural antimicrobial substances mixed with 1 part of diluted water. NAS 3 = natural antimicrobial substances.

본 연구의 결과 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)에서 생산한 천연항균물질을 농도별로 재구성하여 돼지고기 육표면을 위생화한 다음 진공포장후 미생물학적 저장 안정성을 분석한 결과는 $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ 저장 7일후에도 초기 호기성 및 그람음성 세균수를 나타내었다. 본 균주에서 얻은 천연항균물질은 육부패세균에 대한 강력한 항균력을 나타내었으며 육포장법 적용은 항균력을 증진시킨 것으로 고려되었다.

나) 천연항균물질의 산업적 이용기술 개발

(1) 천연항균물질의 배양조건과 텀블링의 영향

유산과 초산등의 천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)와 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 각 2.5~10% (w/v) 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양하였다. 그 후 80°C 항온 수조에서 30분 유지후 8,000 rpm에서 15분 원심분리하였다. 그리고 수집한 5 L의 천연항균물질은 각 500 ml 단위로 1,000 ml의 위생화한 용기에 넣은 다음 각 500 g의 돼지고기 등심과 안심 (평균 250±5 g 단위)을 10분 침지하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정치후 유출되는 수분을 제거하였다. 그리고 텀블러 (자체제작, 창대과학, 국산)에 넣고 15 rpm에서 10분 텀블링하였다. 각 육시료는 연신수축필름 (Diamiron-S, Mitsubishi Plastics Industries Limited, Japan)을 이용한 shrinkage packaging을 실시하기위하여 진공포장기 (Model-1AM,, vacuum packaging machine, Leepack, Korea)에 넣고 20초의 진공후 2초의 sealing 조건에서 밀봉하였다. 그리고 4°C의 냉장온도에 저장 하면서 저장 기간별 호기성 부패세균 (aerobic plate counts; APC)과 그람음성 세균수 (gram negative bacteria; GNC)를 분석하였다.

그림 3-1의 방법으로 유산균을 배양후 원심분리한 다음 얻은 천연항균물질인 *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)의 유산균에서 얻은 천연항균물질의 pH가와 유산균수를 측정 한 결과는 각 4.70~5.10과 $4.0\sim 6.0\times 10^6$ CFU/ml를 나타내었다. 그리고 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229) 초산균에서 얻은 천연항균물질의 pH가와 초산균수를 측정 한 결과는 각 4.92~5.10과 $2.48\sim 7.82\times 10^7$ CFU/ml를 나타내었다 (Table 10-13). *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454를 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 호기성 미생물수 (APC, aerobic plate counts)는 처리직후 대조구보다 유의적 감소($P < 0.05$)를 나타내었다 (Table 3-41). 그리고 처리구는 4°C 저장 15일 이상 대조구보다 호기성 미생물의 유의적 감소를 나

타내므로서 미생물학적 저장 안정성을 유지하였다.

Table 3-41. APC values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days)	Log ₁₀ CFU/g				
	0	5	10	15	20
Treatments					
Control	3.33 ^a	3.65 ^a	5.86 ^a	6.97 ^a	8.07 ^a
2.5% SM ² /24 hrs	2.22 ^b	2.66 ^b	4.50 ^b	6.06 ^b	6.73 ^b
5.0% SM/24 hrs	2.34 ^b	2.64 ^b	4.29 ^b	5.94 ^b	6.54 ^b
7.5% SM/24 hrs	2.30 ^b	2.60 ^b	3.45 ^c	5.08 ^c	6.73 ^b
10.0% SM/24 hrs	2.05 ^b	2.11 ^c	3.37 ^c	5.19 ^c	6.87 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 그람음성세균수 (GNC, gram-negative bacterial counts)는 처리직후 대조구보다 유의적 감소(P < 0.05)를 나타내었다 (Table 3-42). 그리고 처리구는 4°C 저장 20일 동안 육부패의 지표세균인 그람음성세균의 유의적 감소를 나타내었다.

Table 3-42. GNC values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5~10% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	Log ₁₀ CFU/g				
	0	5	10	15	20
Control	1.82 ^a	2.50 ^a	4.36 ^a	5.59 ^a	6.00 ^a
2.5% SM ² /24 hrs	1.30 ^b	1.74 ^b	3.93 ^b	4.70 ^b	5.48 ^b
5.0% SM/24 hrs	1.08 ^b	2.08 ^b	2.85 ^c	4.30 ^b	5.60 ^b
7.5% SM/24 hrs	1.15 ^b	1.85 ^a	2.48 ^c	4.33 ^b	5.00 ^c
10.0% SM/24 hrs	1.30 ^b	2.00 ^b	2.65 ^c	4.00 ^b	5.00 ^c

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 3-43. APC values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229) growing on 2.5~10% (v/w) skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	Log ₁₀ CFU/g				
	0	5	10	15	20
Control	3.18 ^a	3.26 ^a	4.60 ^a	6.30 ^a	6.86 ^a
2.5% SM ² /24 hrs	2.26 ^b	2.11 ^b	3.77 ^b	5.30 ^b	5.54 ^b
5.0% SM/24 hrs	1.88 ^b	2.62 ^b	3.32 ^b	5.18 ^b	5.66 ^b
7.5% SM/24 hrs	2.00 ^b	2.00 ^b	3.00 ^{bc}	4.80 ^c	5.50 ^b
10.0% SM/24 hrs	2.08 ^b	2.38 ^b	2.40 ^c	4.90 ^c	5.73 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Acetobacter aceti ATCC 15973 (KCCM 40229)를 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에 서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 안심 (pork

tender-loins)의 호기성 미생물수 (APC, aerobic plate counts)는 처리직후 대조구보다 유의적 감소 ($P < 0.05$)를 나타내었다. 그리고 처리구는 4°C 저장 20일 동안 대조구보다 호기성 미생물의 유의적 감소를 나타내므로써 미생물학적 저장 안정성을 유지하였다 (Table 3-43).

Acetobacter aceti ATCC 15973 (KCCM 40229)를 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 그람음성세균수 (GNC, gram-negative bacterial counts)는 처리직후 대조구보다 유의적 감소 ($P < 0.05$)를 나타내었다. 그리고 처리구는 4°C 저장 20일 동안 육부패의 지표세균인 그람음성세균의 유의적 감소를 나타내었다 (Table 3-44).

Table 3-44. GNC values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with natural antimicrobial substances from *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229) growing on 2.5~10% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days)	Log ₁₀ CFU/g				
	0	5	10	15	20
Treatments					
Control	2.22 ^a	2.85 ^a	3.00 ^a	5.64 ^a	6.56 ^a
2.5% SM ² /24 hrs	1.48 ^b	1.50 ^b	2.30 ^b	4.00 ^b	5.23 ^b
5.0% SM/24 hrs	1.65 ^b	1.90 ^b	2.00 ^b	4.00 ^b	5.30 ^b
7.5% SM/24 hrs	1.18 ^b	1.48 ^b	2.30 ^b	3.50 ^c	5.00 ^b
10.0% SM/24 hrs	1.00 ^b	1.00 ^c	2.00 ^b	3.60 ^c	5.18 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

(2) 천연항균물질의 침지시간별 영향

유산등의 천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)를 5.0% (w/v) 농도의 탈지분유 배지에서 24시간 배양하였다. 그 후 80°C 항온 수조에서 30분 유지후 8,000 rpm에서 15분 원심분리하였다.

그리고 수집한 5 L의 천연항균물질은 육 침지시간별 영향을 분석하기 위하여 500 ml 단위로 1,000 ml의 위생화한 용기에 넣은 다음 각 500 g의 돼지고기 등심 (평균 250 ±5 g 단위)을 0~9분 침지하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정착후 유출되는 수분을 제거하였다. 각 육시료는 연신수축필름 (Diamiron-S, Mitsubishi Plastics Industries Limited, Japan)을 이용한 shrinkage packaging을 실시하기 위하여 진공포장기 (Model-1AM, vacuum packaging machine, Leepack, Korea)에 넣고 20초의 진공후 2초의 sealing 조건에서 밀봉하였다. 그리고 4°C의 냉장온도에 저장 하면서 저장 기간별 호기성 부패세균 (aerobic plate counts; APC)과 그람음성 세균수 (gram negative bacteria; GNC)를 분석하였다 (Table 3-45, 3-46).

그림 3-1의 방법으로 유산균을 배양후 원심분리한 다음 얻은 천연항균물질의 pH는 4.72를 나타내었다.

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1~9분 침지한 돼지고기 등심의 호기성 미생물수 (APC, aerobic plate counts)는 처리직후 대조구보다 유의적 감소 ($P < 0.05$)를 나타내었다 (Table 3-45). 6~9분 침지한 돼지고기 등심의 호기성 미생물수 (APC, aerobic plate counts)는 4°C 저장 5일 동안 저농도의 처리구와 대조구보다 유의적 감소 ($P < 0.05$)를 나타내었다. 그리고 처리구는 4°C 저장 20일 동안 대조구보다 호기성 미생물의 유의적 감소를 나타내므로서 미생물학적 저장 안정성을 유지하였다.

Table 3-45. APC values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 5.0% skim milk media for 24 hrs.

Treatments	Storage time (days)				
	Log ₁₀ CFU/g				
	0	5	10	15	20
Control	3.29 ^a	3.13 ^a	4.99 ^a	6.03 ^a	6.72 ^a
5.0% SM ² /1 min	2.73 ^b	2.58 ^b	3.41 ^b	4.83 ^b	4.87 ^b
5.0% SM/3 min	2.43 ^b	2.69 ^b	3.20 ^{bc}	4.75 ^b	4.78 ^b
5.0% SM/6 min	2.62 ^b	2.37 ^c	3.21 ^{bc}	4.16 ^{bc}	4.83 ^b
5.0% SM/9 min	2.50 ^b	2.24 ^c	3.18 ^c	3.80 ^c	4.33 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

²Means of replications. SM = skim milk medium.

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1~9분 침지한 돼지고기 등심의 그람음성세균수 (GNC, gram-negative bacterial counts)는 처리직후 대조구보다 유의적 감소 (P < 0.05)를 나타내었다 (Table 3-46). 천연항균물질에 9분 침지한 처리구는 4°C 저장 5일 동안 3분 이하의 처리구 및 대조구 보다 유의적으로 낮은 그람음성세균수를 나타내었다. 그리고 처리구는 4°C 저장 20일 동안 육부패의 지표세균인 그람음성세균의 유의적 감소를 나타내었다.

그림 3-1의 방법으로 유산균을 배양후 원심분리한 다음 추출한 천연항균물질의 pH는 4.72를 나타내었다.

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 30~120초 침지한 돼지고기 등심의 호기성 미생물수 (APC, aerobic plate counts)는 120초 처리구에서 처리직후 대조구보다 유의적 감소 (P < 0.05)를 나타내었다 (Table 3-47). 30~120초 침지한 돼지고기 등심의 호기성 미생물수 (APC, aerobic plate counts)는 4°C 저장 15일 동안 대조구보다 유의적 감소 (P < 0.05)를 나타내었다.

Table 3-46. GNC values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 5.0% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days)	Log ₁₀ CFU/g				
	0	5	10	15	20
Treatments					
Control	2.89 ^a	2.69 ^a	4.88 ^a	5.41 ^a	6.43 ^a
5.0% SM ² /1 min	1.63 ^b	1.48 ^b	3.36 ^b	3.85 ^b	4.50 ^b
5.0% SM/3 min	1.47 ^b	1.48 ^b	2.82 ^b	3.93 ^b	4.51 ^b
5.0% SM/6 min	1.70 ^b	1.30 ^{bc}	3.00 ^b	4.00 ^b	4.41 ^b
5.0% SM/9 min	1.60 ^b	1.00 ^c	2.88 ^b	3.90 ^b	4.30 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Table 3-47. APC values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days)	Log ₁₀ CFU/g				
	0	5	10	15	20
Treatments					
Control	3.30 ^a	3.57 ^a	4.58 ^a	6.49 ^a	7.11 ^a
2.5% SM ² /30 sec	3.30 ^a	3.43 ^a	3.78 ^b	5.83 ^b	6.70 ^a
2.5% SM/60 sec	3.20 ^a	3.35 ^a	3.60 ^b	5.90 ^b	6.78 ^a
2.5% SM/90 sec	3.17 ^a	3.19 ^a	3.70 ^b	5.76 ^b	6.82 ^a
2.5% SM/120 sec	2.80 ^b	2.93 ^a	3.61 ^b	5.29 ^b	6.42 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 30~120초 침지한 돼지고기 등심의 그람

음성세균수 (GNC, gram-negative bacterial counts)는 120초 처리구에서 처리직후 대조구보다 유의적 감소 ($P < 0.05$)를 나타내었다 (Table 3-48). 천연항균물질에 30~120초 침지한 처리구는 4°C 저장 15일 동안 대조구 보다 유의적으로 낮은 그람음성세균수를 나타내었다. 그리고 120초 처리구는 4°C 저장 15일 동안 30초 처리구와 대조구 보다 그람음성세균의 유의적 감소를 나타내었다.

Table 3-48. GNC values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated with natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days) \ Treatments	Log ₁₀ CFU/g				
	0	5	10	15	20
Control	2.86 ^a	3.45 ^a	4.54 ^a	6.10 ^a	6.32 ^a
2.5% SM ² /30 sec	2.67 ^a	3.34 ^a	3.45 ^b	5.47 ^b	6.24 ^a
2.5% SM/60 sec	2.70 ^a	3.12 ^{ab}	3.58 ^b	5.67 ^b	6.27 ^a
2.5% SM/90 sec	2.75 ^a	3.12 ^{ab}	3.60 ^b	5.04 ^{bc}	6.65 ^a
2.5% SM/120 sec	2.30 ^b	2.85 ^b	2.89 ^c	4.95 ^c	6.18 ^a

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

(3) 천연항균물질의 재사용 조건별 영향

천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)를 2.5% (w/v) 농도의 탈지분유 배지에서 37°C, 24시간 배양하였다. 그 후 80°C 항온 수조에서 30분 유지후 8,000rpm에서 15분 원심분리하였으며 이때 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)에서 얻은 천연항균물질의 pH는 4.72를 나타내었다. 그리고 수집한 5 L의 천연항균물질은 각 500 ml 단위로 1,000 ml의 위생화한 용기에 넣은 다음 각 500 g의 돼지고기 등심 (평균 250 ±5 g 단위)을 60초 침지하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정

치후 유출되는 수분을 제거하였다. 1차 사용한 천연항균물질의 4회 재사용 동안 미생물학적 육저장안정성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 각 500 g의 돼지고기 등심을 상기의 방법에 따라 침지하고 유출된 수분을 제거하였다. 각 육시료는 연신수축필름 (Diamiron-S, Mitsubishi Plastics Industries Limited, Japan)을 이용한 shrinkage packaging을 실시하기 위하여 진공포장기 (Model-1AM,, vacuum packaging machine, Leepack, Korea)에 넣고 20초의 진공후 2초의 sealing 조건에서 밀봉하였다. 그리고 4°C의 냉장온도에 저장 하면서 저장 기간별 호기성 부패세균 (aerobic plate counts; APC) 을 분석하였다 (Table 3-49).

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 24 시간 배양후 그림 3-1의 방법 추출한 천연항균물질을 이용하여 60초 침지한 돼지고기 등심의 호기성 미생물수 (APC, aerobic plate counts)는 1회 처리구와 2회 이상 재사용 처리구는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었다 ($P > 0.05$) (Table 3-49). 그러나 천연항균물질을 3-4회 재사용한 처리구는 4°C 저장 5~15일 동안 1회 사용한 처리구 보다 돼지고기 등심의 호기성 미생물수(APC, aerobic plate counts)의 유의적 증가 ($P < 0.05$)를 나타내었다.

Table 3-49. APC values¹ on refrigerated (4°C) pork loins treated under reuse of natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days)	Log ₁₀ CFU/g				
	0	5	10	15	20
Treatments					
Control	2.85 ^a	3.40 ^a	5.00 ^a	5.80 ^a	7.30 ^a
Reuse/one time	2.89 ^a	2.72 ^c	3.97 ^c	4.88 ^c	6.41 ^b
Reuse/two times	2.94 ^a	2.77 ^c	4.20 ^{bc}	4.95 ^{bc}	6.27 ^b
Reuse/three times	2.90 ^a	3.01 ^b	4.35 ^b	5.22 ^b	6.47 ^b
Reuse/four times	2.91 ^a	3.00 ^b	4.26 ^b	5.73 ^{ab}	7.06 ^{ab}

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

(4) UV조사와 천연항균물질 침지시간의 영향

유산등의 천연 항균물질을 생산하는 것으로 알려진 *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454(KCCM 40104)를 2.5% (w/v) 농도의 탈지분유 배지에서 37°C, 24시간 배양하였다. 그 후 80°C 항온 수조에서 30분 유지후 8,000 rpm에서 15분 원심분리하였으며 이때 *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454 (KCCM 40104)에서 얻은 천연항균물질의 pH는 4.58를 나타내었다. UV조사와 천연항균물질의 침지시간별 미생물학적 육저장안정성에 미치는 영향을 분석하기위하여 각 500 g 단위의 원료육은 UV조사기(특허출원,국산)를 이용하여 30분 조사후 사용하였으며 대조구는 UV조사를 하지않고 같은 조건에서 30분 유지하였다. 그 후 수집한 5 L의 천연항균물질은 각 500 ml 단위로 1,000 ml의 위생화한 용기에 넣은 다음 각 500 g의 돼지고기 안심 (평균 250±5 g 단위)을 90~150초 침지하였다. 그 후 육은 위생화한 스테인레스 그물위에서 2분 정지후 유출되는 수분을 제거하였다. 대조구는 물리적 오염인자의 제거를 위하여 증류수에서 150초 침지후 상기의 방법으로 실시하였다. 각 육시료는 연신수축필름 (Diamiron-S, Mitsubishi Plastics Industries Limited, Japan)을 이용한 shrinkage packaging을 실시하기위하여 진공포장기 (Model-1AM,, vaccum packaging machine, Leepack, Korea)에 넣고 20초의 진공후 2초의 sealing 조건에서 밀봉하였다. 그리고 4°C의 냉장온도에 저장 하면서 저장 기간별 호기성 부패세균 (aerobic plate counts; APC)을 분석하였다 (Table 3-50). 천연항균물질에 침지하기전 원료육은 UV를 30분 조사하였다. *Lactococcus lactis subsp lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 그림 3-1의 방법 추출한 천연항균물질을 이용하여 90~150초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 호기성 미생물수 (APC, aerobic plate counts)는 처리직후 대조구와 유의적 차이를 나타내었다 ($P < 0.05$) (Table 19). 그리고 UV 조사후 천연항균물질 처리구는 4°C 저장 20일 동안 호기성 미생물수 (APC, aerobic plate counts)의 유의적 감소 ($P < 0.05$)를 나타내므로서 미생물학적 저장 안정성을 나타내었다.

Table 3-50. APC values¹ on refrigerated (4°C) pork tender-loins treated with UV and natural antimicrobial substances from *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454 growing on 2.5% skim milk media for 24 hrs.

Storage time (days)	Log ₁₀ CFU/g				
	0	5	10	15	20
Treatments					
Control	3.31 ^a	3.46 ^a	4.29 ^a	5.10 ^a	6.29 ^a
UV 30min/90sec	2.73 ^b	2.58 ^b	2.82 ^b	4.00 ^b	5.70 ^b
UV 30min/120sec	2.92 ^b	2.47 ^b	2.76 ^b	3.78 ^b	5.72 ^b
UV 30min/150sec	2.87 ^b	2.67 ^b	2.88 ^b	3.75 ^b	5.56 ^b

¹Mean values with different superscripts in the same column are significantly different (P < 0.05).

*Means of replications. ²SM = skim milk medium.

3) 결론

본 연구의 결과는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454에서 생산한 nisin과 유산등의 천연항균물질 그리고 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)에서 생산한 초산등의 천연항균물질이 돼지고기 표면에 대한 강력한 항균력을 나타내므로서 냉장돼지고기의 미생물학적 육저장 안정성을 향상시키는 것으로 검토되었다. 천연항균물에 의한 침지법 적용후 돼지고기 표면은 3±1°C에서 저장 10일 동안 미생물학적 저장 안정성을 가능하게 할수 있다는 것을 확인하였다. 육부패의 지표세균으로 알려진 그람음성세균수는 낮은 pH에서 민감한 반응을 나타내며 천연항균물질의 농도가 증가하므로서 유의적 감소를 나타내었다. 항균력은 nisin등과 같은 천연항균물질 뿐만 아니라 유기산등의 낮은 pH에서 해리된산분자 (dissociated molecules)와 해리되지않은 산분자 (undissociated molecule)에 기인하여 호기성 육부패세균의 증식억제를 가능하게 한 것으로 고려되었다. 천연항균물질의 처리구는 진공포장후 3±1°C 저장 7일 동안 0일의 처리구와 유사한 세균수를 나타내므로서 장기간의 육저장 안정성을 가능하게 할수 있을 것으로 검토되었다. 유산균과 초산균에서 추출한 천연항균물질을 이용하여 연신수축포장지를 이용하여 돼지고기 등심과 안심의 진공포장후 4°C 저장 동

안 미생물학적 육저장 안정성을 분석하였다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454와 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 각 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 호기성세균수와 그람음성세균수는 4°C 저장 15일 이상 대조구보다 유의적 감소를 나타내므로서 미생물학적 저장 안정성을 유지하였다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1~9분 침지한 돼지고기 등심은 4°C 저장 20일 동안 대조구보다 유의적 감소를 나타내므로서 미생물학적 저장 안정성을 유지하였다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양 후 추출한 천연항균물질을 이용하여 30~120초 침지한 돼지고기 등심의 호기성 세균수는 30~120초 침지한 돼지고기 등심의 호기성 세균수는 4°C 저장 15일 동안 대조구보다 유의적 감소를 나타내었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90~150초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 호기성 미생물수 (APC, aerobic plate counts)는 처리직후 대조구와 유의적 차이를 나타내었다. 그리고 UV 조사후 천연항균물질 처리구는 4°C 저장 20일 동안 호기성 세균수의 유의적 감소 ($P < 0.05$)를 나타내므로서 미생물학적 저장 안정성을 나타내었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 60초 침지한 돼지고기 등심의 호기성 세균수는 1회 처리구와 2회 재사용 처리구는 대조구와 천연항균물질을 3-4회 재사용한 처리구 보다 4°C 저장 20일 동안 유의적 감소를 나타내었다.

본 연구의 결과 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454와 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 각 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 생산한 천연항균물질은 현장애로업체인 (주) 만나 돼지고기 등심과 안심의 4°C 저장 동안 미생물학적 육저장 안정성을 20일 이상 유지할 수 있는 유용한 보존제로 확인되었다. 또한 2.5%의 저농도 탈지분유에 의한 천연항균물질의 생산 그리고 천연항균물질의 재사용을 가능하게 하므로서 산업적 실용화를 달성하고 경제적 생산성을 향상할 수 있는 유용한 천연 육보존제로 밝혀졌다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

도축장내 위해요인의 제어, 도축공정별 및 도체에 잔존하는 물리적 오염원을 제어하기 위한 위생학적 육세척법 탐색과 UV조사법에 의한 최종 돈육의 잔존 병원성세균 제어 기술을 분석하였다. 도축장의 청결 즉, 바닥, 기계, 기구, 칼, 도마, 행주 및 종업원의 위생등은 도체의 물리적 교차오염 (cross-contamination)의 차단을 위한 중요 관리점과 각 CCP를 결정하고 이의 위생관리 방안을 개발하였다. 바닥 및 기구 세척, 위생 세제를 이용한 세척법, foam세척법의 개발과 각 단계별 중요 관리점을 설정하였다. 모든 위해 요인을 분석하고 매일 또는 주 2~3회 관리점을 검색하고 기록하며, 개선점을 파악하여 조치하여 현장애로업체의 애로점을 해결하므로서 냉장돼지고기의 위생적 품질관리가 가능하도록 하였다. 돼지 전살법의 개발과 천연항균제세척 도체의 이화학적 육질 탐색, 냉장 돼지고기의 이화학적 UV조사법 분석, *Lactococcus* spp.등의 천연항균제를 이용 도체세척후 이화학적 육질을 분석하였다. 현장애로업체인 (주) 만나의 도살방법 (stunning method)은 저압전살 (150~250 V) 및 고압전살법 (450~700 V)을 개발하였다. 전살후 PSE육등의 육질에 미치는 영향을 분석하였다. 물리적 오염물질을 제거하기 위하여 고압처리를 도입하여 10~90초간 단시간 분사함으로써 식중독균 (*Salmonella* spp.등)과 호기성 육부패균의 오염물질의 위생적 제거를 유도할 수 있을 뿐만아니라 잔존하는 세균으로부터 저온성 세균의 증식을 2~3 log CFU/g 까지 유의 적으로 감소하였다. 텀블링기법과 Potassium sorbate후 UV조사에서 육즙 유출에 미치는 영향은 거의 없을 것으로 검토되었다. 또한 유산균배양액과 potassium sorbate의 조합에 의한 육색변화를 관찰한 결과 potassium sorbate의 단독처리구 보다 육색변화에 미치는 영향이 낮은 것으로 검토되었다. 저전압 처리구 (머리 175 V, 가슴 175 V)는 고전압 대조구(500 V) 보다 돈육의 품질 향상에 효과적이었으며, 현장 애로점 해결을위한 적합한 품질관리 기술이 될 것으로 평가되었다.

Lactococcus lactis subsp *lactis* ATCC 11454를 10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 연도는 처리직후 대조구와 유의적 감소를 나타내었다. *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM

40229)를 7.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 TBA가는 처리직후와 저장 10일 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)를 나타내었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1~9분 침지한 돼지고기 등심의 육즙유출가는 처리직후와 저장 동안 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 없었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 5.0% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 1~3분 침지한 돼지고기 등심의 TBA가는 처리직후 대조구와 유의적 차이 ($P < 0.05$)가 없었다. 육시료를 30분 UV조사후 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 37°C, 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 90~120초 침지한 돼지고기 안심 (pork tender-loins)의 외관점수는 처리직후 대조구와 유의적 차이가 없었으며, 4°C 저장 20일 동안 유사한 결과를 나타내었다.

천연항균제의 선발, 냉장 도체의 미생물학적 육질 탐색, 냉장 돼지고기의 미생물학적 UV조사법 분석, 천연항균제의 개발은 *Lactococcus* spp.와 *Acetobacter aceti* 등의 저온 유기체로부터 항균력이 우수한 균종을 탐색하였다. 본 연구에서 천연 항균제 생산 공시 균주는 bacteriocins을 생산하는 유산 및 프로피온산균으로서 nisin, 프로피오닉산과 유산 등의 항균물질을 생산하는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454, *Lactococcus lactis* subsp *cremoris* ATCC 19257, *Pediococcus pentosaceus* ATCC 10791 및 *Pediococcus pentosaceus* ATCC 43200을 사용하였으며, tumbling법, 유산균배양액 이용법, 그리고 potassium sorbate와 조합한 육표면 처리법과 UV조사량의 농도에 따른 미생물학적변화, pH 및 관능평가를 실시하였다. 본 연구 결과 유산균배양액 단독처리보다 potassium sorbate와 조합한 텀블링법의 조합은 4°C 냉장동안 돼지고기의 미생물학적 저장 안정성에 유의적 효과를 나타내었다. 천연 항균물질을 생산하는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454의 유산균배양액 (v/w)을 돼지고기 등심과 안심에 도달하였을 때 호기성 육부패세균의 증식억제에 효과적 이었다. 본 결과는 CVT배지위에서 배양한 그람음성세균 (gram-negative bacterial counts; GNC)의 분석을 토대로 tumbling법, 유산균배양액 이용법, 그리고 potassium sorbate와 조합한 육표면 처리법과 240W 까지 증가한 UV조사량의 농도에서 항균효과를 측정함

결과 4°C 냉장 9일 동안 그람음성세균의 증식억제에 유용한 방법임을 입증하였다. 일반적으로 pH가는 처리후와 저장 동안 처리구는 대조구 보다 낮게유지되었으며, 호기성 미생물의 증식억제에 기여한 것으로 고려되고 있다. 냄새 및 외관의 관능평가 결과는 같거나 유사한 것으로 등급되었다. UV조사법의 이용은 초기 돼지고기 표면의 세균수를 감소하였으나 저장 6일 이후에는 유의적 차이가 없었다. UV 조사법의 처리 후 평가요원들은 냄새에 대한 변화가 없으며 일반적으로 10~20분 UV 처리구에서 외관은 높은 점수로 등급되었다.

본 연구의 결과는 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454에서 생산한 nisin과 유산등의 천연항균물질 그리고 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)에서 생산한 초산등의 천연항균물질이 돼지고기 표면에 대한 강력한 항균력을 나타내므로서 냉장돼지고기의 미생물학적 육저장 안정성을 향상시킬 것으로 검토되었다. 천연항균물질의 처리구는 진공포장후 3±1°C 저장 7일 동안 0일의 처리구와 유사한 세균수를 나타내므로서 장기간의 육저장 안정성을 가능하게 할 수 있을 것으로 검토되었다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454와 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 각 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 10분 침지한 돼지고기 등심의 호기성세균수와 그람음성세균수는 4°C 저장 15일 이상 대조구보다 유의적 감소를 나타내므로서 미생물학적 저장 안정성을 유지하였다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454를 2.5% 농도의 탈지분유배지에서 24시간 배양후 추출한 천연항균물질을 이용하여 60초 침지한 돼지고기 등심의 호기성 세균수는 1회 처리구와 2회 재사용 처리구는 대조구와 천연항균물질을 3-4회 재사용한 처리구 보다 4°C 저장 20일 동안 유의적 감소를 나타내었다. 본 연구의 결과 *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454와 *Acetobacter aceti* ATCC 15973 (KCCM 40229)를 각 2.5~10% 농도의 탈지분유배지에서 생산한 천연항균물질은 현장애로업체인 (주) 만나 돼지고기 등심과 안심의 4°C 저장 동안 미생물학적 육저장 안정성을 20일 이상 유지할 수 있는 유용한 보존제로 확인되었다. 또한 2.5%의 저농도 탈지분유에 의한 천연항균물질의 생산 그리고 천연항균물질의 재사용 (reuse)를 가능하게 하므로서 냉장돼지고기 품질관리기술의 개발을 효과적으로 달성하였다. 천연 항균물질을 이용하여 현장애로업체의 돼지 등심과 안심을 위생적으로 처리할 수

있는 산업적 실용화 기술은 경제적 생산성을 토대로 부가가치적 상품성을 향상할 수 있는 유용한 방법이 될 수 있을 것이다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

이 연구에서 얻은 도축장내 위해요인의 제어, 도축공정별 및 도체에 잔존하는 물리적 오염원을 제어하기 위한 위생학적 육세척법 탐색과 UV조사법 그리고 천연항균물질을 이용한 육세척법에 대한 결과 등은 돼지도축 뿐만 아니라 소등의 기타 가축의 도축공정 그리고 소고기 및 기타 육의 위생적 육 표면 처리를 위한 유용한 방법이 될 수 있을 것이다. 돼지뿐만 아니라 기타 가축의 저압 전살법의 개발과 천연항균제 세척, 도체의 이화학적 육질 탐색, 냉장 돼지고기의 이화학적 UV조사법 분석, *Lactococcus* spp.등의 천연항균제를 이용 도체세척 후 이화학적 육질을 분석하는데 효과적으로 활용할 수 있을 것이다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454에서 생산한 유산 등의 천연항균물질 그리고 *Acetobacter aceti* ATCC 15973에서 생산한 초산 등의 천연항균물질은 돼지고기뿐만 아니라 소고기 등의 기타 육 표면 처리에 활용함으로써 냉장 식육의 미생물학적 육 저장 안정성을 향상을 가능하게 할 수 있을 것이다. *Lactococcus lactis* subsp *lactis* ATCC 11454등의 천연 항균물질은 재사용이 가능하므로써 기타 식육의 표면을 위생화 하는데 기여할 수 있을 것이다. 또한 화학보존제의 남용을 방지하고, 이에 대응할 수 있는 천연 육보존제를 사용함으로써 소비자의 기호성 향상과 국내산 고품질육의 브랜드화를 달성함으로써 현장애로기술의 해결과 수출산업화에 크게 기여할 수 있을 것이다.

제 6 장 참고문헌

Anderson, M.E. and Marshall, R.T. (1990) Reducing microbial populations on beef tissues: Concentration and temperature of lactic acid. *J. Food Safety*. 10: 841

Anderson, M.E. Huff, H.E. Naumann, H.O. and Marshall, R.T. (1988) Counts of six types of bacteria on lamb carcasses dipped or sprayed with acetic acid at 25°C or 55°C and stored vacuum packaged at 0°C. *J. Food Prot.* 51: 874

Bala, M.F. Stringer, W.C. and Naumann. (1977) Effect of spray sanitation treatment and gaseous atmospheres on the stability of pre-packed fresh beef. *J. Food Sci.* 42: 743

Brackett, R.E. Hao, Y.Y. and Doyle, M.P. (1994) Ineffectiveness of hot acid sprays to decontaminate *E. coli* 0o157:H7 on beef. *J. Food Prot.* 57: 198

Bartov, I. Basker, D. and Angel, S. (1983) Effect of dietary vitamin E on the stability and sensory quality of turkey meat. *Poult. Sci.* 62: 1224

Bean N.H. and Griffin. (1990) Foodborne disease outbreaks in the United States. 1973-1987 : pathogens, vehicles, and trends. *J. Food Prot.* 53: 68

Berends B.R. Van Knapen F. Snijders, J.M.A. and Mossel, D.A.A. (1997) Identification and quantification of risk factors regarding *Salmonella* spp. on pork carcasses. *Int. J. Food Microbiol.* 36: 199-206

- Bendall, J.R. and Wismer-Pederson, J. (1962) Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. *J. Food Sci.* 27: 144
- Biemuller, G.W. Carpenter, J.A. and Reynolds A.E. (1973) Reduction of bacteria on pork carcasses. *J. Food Sci.* 38: 261
- Borch E. Nesbakken T. and Christensen H. (1996) Hazard identification in swine slaughter with respect to foodborne bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* 30: 9
- Buckley, D.J. Gray, J.I. Asghar, A. Price, J.F. Crackel, R.L. Booren, A.M. Pearson, A.M. and Miller, E.R. (1989) Effect of dietary antioxidants and oxidized oil on membranal lipid stability and pork product quality. *J. Food Sci.* 54: 1193
- Cacciarelli, M.A. Stringer, W.C. Anderson, M.E. and Naumann, H.D. (1983) Effects of washing and sanitizing on the bacterial flora of vacuum-packaged pork loins. *J. Food Prot.* 46: 231
- Cassens, R.G. Marple, D.N. and Eikeienboom, (1975) Animal physiology and meat quality. *Adv. Food. Res.* 21: 71
- Chandran, S.K. Savell, J.W. Grifftin, D.B. and Vanderzant, C. (1986) Effects of slaughter-dressing, fabrication and storage conditions on the microbiological and sensory characteristics of vacuum-packaged beef steaks. *J. Food Sci.* 51: 37
- Crouse J.D. Anderson M.E. and Naumann H.D. (1988) Microbial decontamination and weight of carcass beef as affected by automated washing pressure and length of time of spray. *J. Food Prot.* 51: 471

Cudjoe, K.S. (1988) The effect of lactic acid sprays on the keeping qualities of meat during storage. *Int. J. Food Microbiol.* 7: 1

Cutter, C.N. and Siragusa, G.R. (1994) Efficacy of organic acids against *E. coli* O157:H7 attached to beef carcass tissue using a pilot scale model carcass washer. *J. Food Prot.* 57: 97

Crouse, J.D. Anderson, M.E. and Naumann, H.D. (1988) Microbial decontamination and weight of carcass beef as affected by automated washing pressure and length of time of spray. *J. Food prot.* 51: 471

Dickson, J.S. (1988) Reduction of bacteria attached to meat surfaces by washing with selected compounds. *J. Food Prot.* 51: 869

Dickson, J.S. (1991) Control of *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli* O157:H7 on beef in a model spray chilling systems. *J. Food Sci.* 56: 101

Dickson J.S. and Anderson M.E. (1992) Microbiological decontamination of food animal carcasses by washing and sanitizing systems: a review. *J. Food Prot.* 55: 133

Doyle, M.P. and Roman, D.J. (1982) Recovery of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* from inoculated foods by selective enrichment. *Appl. Environ. Microbiol.* 43: 1343

Dixon, Z.R. Vanderzant, C. Acuff, G.R. Savelland, J.W. Jones, D.K. (1987) Effect of

acid treatment of beef strip loin steaks on microbiological and sensory characteristics. *Int. J. Food Microbiol.* 5: 181

Eustace, I.J. Bill, B.A. Gibbons, R.A. and Powell, V.H. (1980) Vacuum packaged lamb carcasses extension of storage life by treatment with acetic acid solution prior to packaging. Meat Report 8/80. CSIRO, Division of Food Research, Meat Research Laboratory, Cannon Hill, Australia.

Eustace, I.J. Powell, V.H. and Bill, B.A. (1979) Vacuum packaging of lamb carcasses: Use of acetic acid to extend chilled storage life. A preliminary investigation. Meat Report 3/79. CSIRO, Division of Food Research, Meat Research Laboratory, Cannon Hill, Australia.

Farber J.M. and Peterkin P.I. (1991) *Listeria monocytogenes*, a foodborne pathogen. *Microbiological Reviews.* 55: 476

Gill C.O. and Baker L.P. (1998) Assessment of the hygienic performance of a sheep carcass dressing process. *J. Food Prot.* 61: 329

Gill C.O. and Bryant J. (1992) The contamination of pork with spoilage bacteria during commercial dressing, chilling and cutting of pig carcasses. *Int. J. Food Microbiol.* 16: 51

Gill C.O. and Bryant J. (1993) The presence of *Escherichia coli*, *Salmonella* and *Campylobacter* in pig carcass dehairing equipment. *Food Microbiol.* 10: 337

Gill C.O. and Jones T. (1997) Assessment of the hygienic characteristics of a process for dressing pasteurized pig carcasses. *Food Microbiol.* 14: 81

Hamby, P.L. Savell, J.W. Acuff, G.R. Vanderzaant, C. and Cross, H.R. (1987) Spray-chilling and carcass decontamination systems using lactic and acetic acid. *Meat Science*. 12: 1

Hardin M.D. Acuff, G.R. Lucia, L.M. Omans, J.S. and Savell J.W. (1995) Comparison of methods for decontamination from beef carcass surface. *J. Food Prot.* 58: 368

Irving, T.C. Swatland, H.J. and MillmanM, B.M. (1989) X-ray diffraction measurements of myofilament lattice spacing and optical measurements of reflectance and sarcomere length in commercial pork loins. *J. Anim. Sci.* 67: 152

Kauffman, R.G. Cassens, R.G. Scherer, A. and Meeker, D.L. (1992) Variations in pork quality. A National Pork Producers Council Publication.

Kauffman, R.G. Sybesma, W. Smulders, F.J.M. Eilcelenboom, G. Engel, B. Van Laack, R.L.J.M. Hoving-Bolink, A.H. Sterrenburg, P. Nordhein I.V. Walstra, P. and Van der Wal, P.G. (1993) The effectiveness of examining early post-mortem musculature to predict ultimate pork quality. *Meat Sci.* 34: 283

Kim, C.R. Lee J.I., Kim K.H. Moon S.J. and Lee Y.K. (1997) Microbiological evaluations of refrigerated chicken wings treated with acetic acid. *J. Fd Hyg. Safety*, 12: 277

Kim C.R. and Hearnberger J.O. (1994) Gram negative bacteria inhibition by lactic acid culture and food preservatives on catfish fillets during refrigerated storage. *J. Food Sci.* 59: 513

Kim, C.R. Lee, J.I. Kim, K.H. Kang, C.K. Rhie, S.C. Moon, S.J. and Lee, Y.K. (1996) Microbiological and sensory evaluations of refrigerated pork loins treated with citric acid.. *Kor J. Vet. Publ. Hlth.* 20: 329

Kim C.R., Hearnberger J.O., Vickery A.P., White C.H. and Marshall D.L. (1995) Extending shelf-life refrigerated catfish fillets using sodium acetate and monopotassium phosphate. *J. Food Prot.* 58 : 644

Korsak N. Daube G. Ghafir Y. Chahed A. Jolly S. and Vindevogel H. (1998) An efficient sampling technique used to detect four foodborne pathogens on pork and beef carcasses in nine Belgian abattoirs. *J. Food Prot.* 61: 535

Lammerding A.M., Garcia M.M., Mann E.D., Robinson Y., Dorward W.J., Truscott R.B. and Tittiger F. (1988) Prevalence of *Salmonella* and thermophilic *Campylobacter* in fresh pork, beef, veal and poultry in Canada. *J. Food Prot.* 51 : 47

Lee, Y.B. Hargus, G.L. Webb, J.E. Rickansrud, D.A. and Hagberg, E.C. (1979) Effect of electrical stunning on postmortem biochemical changes and tenderness in broiler breast muscle. *J. Food Sci.* 44: 1121

Lister, D., Gregory, N.G. and Warriss, P.O. (1981) Stress in meat animals. In:Lawrie, R.(ED.) *Developments In Meat Science-2* pp.61-92. Elsevier Applied Science, London.

MacDougall, D.B. (1982) Changes in the colour and opacity of meat. *Food Chem.* 9: 75

Mendonca, A.F., R.A. Molins, A.A. Kraft and H.W. Walken. (1989) Microbiological, chemical and physical changes in fresh, vacuum-packaged pork treated with organic acids and salts. *J. Food Sci.* 54: 18

Mendonca A.F., Molins R.A., Kraft A.A. and Walker H.W. (1989) Effects of potassium sorbate, sodium acetate, phosphates and sodium chloride alone or in combination on shelf-life of vacuum-packed pork chops. *J. Food Sci.* 54 : 302

Miller R.G., Tate C.R., Mallinson E.T., and Scherrer J.A. (1991) Xylose-lysine-Tergitol 4: an improved selective agar medium for the isolation of *Salmonella*. *Poultry Sci.* 70: 2429

Mitchell, G. and Heffron, J.J.A. (1982) Porcine stress syndrome. *Adv. Food Sci.* 28: 167

Monin, G. and Sellier, P. (1985) Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate postmortem period: the case of Hampshire breed. *Meat Sci.* 13: 49

Murray, A.C., Jones, S.D.M. and Sather, A.P. (1989) The effect of preslaughter feed restriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. *Can J. Anim. Sci* 69: 83

Ockerman, H.W., Borton, R.J., Cahill, V.R., Parrertt, N.A. and Hoffman. H.D. (1974) Use of acetic and lactic acid to control the quantity of microorganisms on lamb carcasses. *J. Milk Food Techol.* 37: 203

Offer,G., Knight, P., Jeacocke, R., Aimond, R., Cousins, T., Elsey, J., Parsons, N.,

Sharp, A., Starr, R. and Purslow, P. (1989) The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. *J. Food Microstructure*. 8: 151

Offer, G., Knight, P., Jeacocke, R., Almond, R., Cousins, T., Elsey, J., Parsons, N., Sharp, A., Starr, R. and Purslow, P. (1989) The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat products. *Food Microstructure*. 8: 151

Pearson, A.M. and Young, R.B. (1989) *Muscle and Meat Biochemistry*. Academic Press. New York and London.

Penny, I.F. (1969) Protein denaturation and water-holding capacity in pork muscle. *J. Food Technol.* 4: 269

Piironen, V., Syvaöja, E.L., Varo, P., Salminen K. and Koivistoinen, P. (1985) Tocopherols and tocotrienols in Finish food: meat and meat products. *J. Agric. Food Chem.* 33: 1215

Prasai, R.K., Acuff, G.R., Lucia, L.M., Morgan, J.B., May, S.G. and Savell, J.W. (1992) Microbiological effects of acid decontamination of pork carcasses at various locations in processing. *Meat Sci.* 32: 413

Rahkio M. and Korkeala H. (1996) Microbiological contamination of carcasses related to hygiene practice and facilities on slaughtering lines. *Acta Vet. Scand.* 37: 219

Rho M.J., Chung M.S., Lee J.H. and Park J. (2001) Monitoring of microbial

hazards at farms, slaughterhouses, and processing lines of swine in Korea. *J. Food Prot.* 64: 1388

Rivas T., Vizcaino J.A. and Herrera F.J. (2000) Microbial contamination of carcasses and equipment from an Iberian pig slaughterhouse. *J. Food Prot.* 63: 1670

SAS. SAS User's Guide: Stastics. SAS Institute Inc., Cary, NC. (1991)

Shinagawa K. and Toyofuku H. (1994) HACCP model for microbial control of poultry meat in poultry processing plants in Japan. *Kor. J. Vet. Public Health.* 18: 52

Stringer W.C., Bilskie H.E. and Nauman H.D. (1969) Microbial profile of fresh beef. *Food Teechnol.* 23 : 97

Shaw, B.G and Dainty, R.H. (1980) Spoilage of Dark, Firm, Dry meat *J. Sci Food Agric.* 31: 1370

Smulders, F.J.M and Woolthuis, C.H.J. (1985) The immediate and delayed microbiological effects of lactic acid decontamination of calf carcasses. The infiuence on conventionally versus hot boned and vacuum packaged cuts. *J. Food Prot.* 48: 838

Stabursvik, E., Frotheim, K. and Frdystein, T. (1984) Myosin denaturation in pale, soft and exudative (PSE) porcine muscle tissue as studied by differential scanning colorimetry. *J. Sci. Food Agric.* 35: 240

Tsai, T.C., Wellington, G.H. and Pond, W.G. (1978) Improvement in the oxidative stability of pork by dietary supplementation of swine rations. *J. Food Sci.* 43: 193

Van Laack, R.L.J.M., Kauffman, R.G., Sybeama, W., Smulders, F.J.M., Eikelenboom, G. and Pinheiro, J.C. (1994) Is color brightness (L-value) a reliable indicator of water-holding capacity in porcine muscle. *Meat Sci.* 38: 193

Warner, R.D., Kauffman, R.G. and Russell, R.L. (1993) Quality attributes of major porcine muscles: a comparison with the longissimus lumborum. *Meat Sci.* 33: 359.

Yu S.L., Bolton D., Laubach C., Kline P., Oser A. and Palumbo S.A. (1999) Effect of dehairing operations on microbiological quality of swine carcasses. *J. food Prot.* 62: 1478

김일석, 김동훈, 황성규, 신대근, 이무하. (1999) 도축과정에서 돼지 도체의 미생물 오염도 평가. 한국축산학회지. 4: 199

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.