

최 종
연구보고서

고품질 냉장돈육 수출을 위한

돼지도체세척법 개발

Development of Washing Method of
Pork Carcasses for Exportation of
High Quality Fresh Pork

연구기관
경상대학교

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고품질 냉장돈육 수출을 위한 돼지도체세척법 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005 년 10 월 14 일

주관연구기관명 : 경상대학교

총괄연구책임자 : 주 선 태

세부연구책임자 : 박 구 부

연 구 원 : 오 성 현

문 성 실

정 태 철

정 진 연

양 한 술

천 세 민

하 상 지

황 영 화

참여기업 : 부경양돈농협

대 표 이 사 : 한 영 섭

요 약 문

I. 제 목

고품질 냉장돈육 수출을 위한 폐지도체세척법 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

우리나라 양돈업계와 돈육가공업계에 있어 대일 돈육수출은 매우 중요한 의미를 가지고 있다. 그 이유는 국내 돈육소비가 주로 삼겹살과 목살 위주로 이루어지고 있기 때문에 이 두 부위를 제외한 소위 비인기 부위로 분류되는 뒷다리, 등심 및 안심 부위 등은 적체될 수밖에 없고, 따라서 이를 수출로 해결하는 것이 채산성을 위해서 가장 바람직하기 때문이다. 현재는 국내 양돈업계의 돈열병 문제 때문에 대일 돈육수출이 중단되어 있지만, 1999년도 대일 돈육 수출량은 약 8만톤, 금액으로는 3억 3천만불에 이르렀었다. 하지만 당시에는 냉장육보다는 주로 냉동육 위주로 수출이 이루어졌었는데, 그 이유는 국내산 냉장돈육의 미생물학적 안전성을 확보하지 못했기 때문이었으며, 그 결과 경쟁국의 냉장육에 비해 낮은 가격에 거래될 수밖에 없었다. 따라서 현재 중단된 대일 돈육수출이 조만간 재개될 것을 예상하면, 국내 돈육산업계는 고품질 냉장돈

육을 생산하여 수출할 수 있는 기술의 개발이 필수적으로 요구된다. 이러한 이유로 본 연구는 국내산 냉장돈육의 미생물학적 안전성을 확보하기 위해 초기미생물 수를 최소화할 수 있는 폐지도체세척법을 개발하고자 하였다.

2. 연구의 필요성

우리나라는 아직까지 유교적 사교방식이 짙은 사회구조를 가지고 있기 때문에 도축가공업이 소위 가장천시 받던 계층이었던 ‘백정’이나 하는 직업으로 인식되어 산업적 투자와 기술적 연구 대상에서 소외되었으며, 그 결과 영세하고 열악한 도축가공 수준이 지속되어져 왔다. 또한 이러한 여건 하에서 생산된 식육은 안전성 및 품질에 대한 불신이 지속되고 있어 국제 돈육시장에서 한국산 돈육의 품질경쟁력 약화를 초래하였다. 그런데 선진화된 외국의 도축가공업 조건에 적합하게 개발된 기술들은 국내의 열악한 돈육가공산업에 그대로 적용하는 것이 적절하지 않을 뿐만 아니라, 아직까지 발표되고 있는 많은 연구결과들 간에 상이한 부분도 많기 때문에 이에 대한 더 많은 연구가 필요하다. 따라서 한국산 돈육의 품질경쟁력을 확보하고 냉장돈육의 수출을 확대하여 국내 양돈 및 돈육가공산업을 지속적으로 발전시키기 위해서는 국내 도축가공라인에 적합한 경제적이고 간편한 도축가공기술의 개발이 필요하다.

국내에서 연간 소비되는 돈육부위는 주로 삼겹살과 목살로 등심, 안심, 뒷다리 부위의 소비는 상대적으로 적체가 심각한 실정이다. 따라서 정부, 업계, 학계는 함께 힘을 모아 대일 돈육수출 재개를 위해 모든 노력을 경주하고 있으며, 조만간 수출을 재개할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 하지만 수출이 재개된다고 하더라도 예전처럼 냉동돈육 위주의 수

출이 이루어진다면 품질적인 면에서 한국산 돈육은 경쟁국들에 비해 저급이라는 인식을 모면하기 어려울 것이다. 따라서 미생물학적 안전성이 확보된 냉장돈육의 생산기술을 개발하여 확보하는 것이 꼭 필요하다.

일반적으로 냉장돈육의 품질은 위생적인 면(sanitary)과 품질적인 면(quality)으로 구분되는데, 돈육가공기술개발에 있어 이 두 가지 요인은 필히 동시에 고려되어야 한다. 국내산 수출냉장돈육의 짧은 유통기간은 비위생적인 도축가공이 결정적인 요인으로 지적된다. 즉, 국내의 영세한 돼지 도축장의 열악한 가공라인은 초기미생물 수를 높여 비위생적인 돈육생산이 이루어지는 주요 원인이 되고 있다. 따라서 국내 도축장 실정에서 도축이 완료된 돼지도체의 초기미생물 수를 최소화할 수 있는 한국형 돼지도체세척법을 개발하는 것은 국내산 냉장돈육을 수출하기 위해 필수적으로 요구되는 사항이다. 뿐만 아니라 이렇게 개발될 돼지도체세척법은 당연히 고품질의 돈육질도 확보할 수 있는 방법이어야 하는데, 그 이유는 일반적으로 미생물을 살균하는 조건 또는 방법들이 돈육질에 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 따라서 국내의 영세하고 열악한 도축환경에서 도축된 돼지도체를 육질을 감소시키지 않으면서도 초기미생물 수를 최소화할 수 있는 세척법의 개발은 국내 양돈산업 뿐만 아니라 돈육가공산업의 안정적인 발전을 위해 매우 중요하다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 미생물학적 안전성 확보를 위한 수출돈 도체세척 기술 개발

가. 국내 돈육가공라인에 적합한 고온증기세척기술을 개발한다.

- (최적의 온도, 분무량, 분무시간, 분무방식을 구명한다)
- 나. 간편하고 경제적인 고온증기세척기를 개발한다.
(국내 돈육가공장에서 사용이 편리한 이동식 세척기를 제작한다)
- 다. 효과적인 화학적 세척수를 개발한다.
(Acetic, Lactic acid, Electrolyed Oxidizing Water, 오존수의 도체살균조건 구명)
- 라. 효과적인 세척수의 처리 기술 및 기기를 개발한다.
(세척수의 침지 또는 분무, 처리량, 처리시간 등을 구명한다)
- 마. 부위별 세척효과 구명
(세척수별에 따른 세척부위의 미생물 오염도를 구명하고, 세척수 농도별에 따른 세척부위별의 미생물 수준을 구명한다)

2. 돼지도체 세척방식이 수출돈육 부위의 육질에 미치는 효과 구명

- 가. 고온증기에 의해 세척된 도체의 품질을 평가 한다.
(최적의 고온증기 온도, 분무량, 분무시간, 분무방식을 구명한다)
- 나. 최적품질을 생산할 수 있는 세척수의 종류와 배합조건을 설정한다.
(각각의 유기산에 따른 품질을 평가하여 최적의 품질을 생산할 수 있는 세척수를 개발한다)
- 다. 돼지도체 세척방식에 따른 도체의 품질을 평가한다.
(복강세척, Acetic, Lactic acid, Electrolyed Oxidizing Water 및 오존수의 도체 살균 조건 구명)
- 라. 효과적인 세척수의 처리 기술 및 기기를 개발한다.
(세척수의 침지 또는 분무, 처리량, 처리시간 등을 구명한다)
- 마. 부위별 세척효과 구명
(세척수별, 농도별에 따른 세척부위별의 미생물 수준을 구명한다)

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 고온증기세척 기술의 개발

도축의 마무리 단계인 도체세척에 있어 상업적인 도축장에서 행해지고 있는 세척수(지하수)와 달리 미생물 오염도를 줄일 수 있는 고온증기세척 기술의 개발을 위한 3가지 처리 방식별(증기온도, 증기처리 방식 및 증기처리 방식별 처리시간) 최적의 조건을 구명함과 아울러 3가지 방식을 동시에 접목시킬 수 있는 최상의 조건 설정하였다.

1) 증기온도가 표면 총균수 변화에 미치는 효과

증기온도별 세척 형태에 따른 모든 처리에서 총균수가 감소하는 것을 알 수 있었으며, 특히 증기온도가 증가할수록 총균수가 감소하는 것으로 보아 온도가 미생물에 중요한 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있었다. 증기온도가 80℃와 90℃ 사이에는 큰 변화가 없는 것으로 미루어볼 때, 80℃이상의 온도는 큰 의미가 없는 것으로 사료된다.

2) 증기처리 방식이 표면 총균수에 미치는 영향

80℃ 증기온도의 분무식과 봉합식 처리방식에 따른 총균수 변화를 살펴 본 결과, 증기처리 방식에 따른 큰 차이가 나타나지 않았다. 그러나 분무식에 비해 봉합식이 다소 적은 총균수를 나타내었다. 하지만 증기처

리 방식에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않은 것을 감안할 때, 봉합식에 비하여 이용이 간편한 분무식의 이용이 효과적이라 판단되었다.

3) 증기처리 시간이 표면 총균수에 미치는 효과

증기처리 시간이 표면 총균수에 미치는 효과를 살펴보면, 처리방식 보다 처리시간에 의해 더욱 크게 영향을 받았는데, 처리시간이 증가할수록 총균수는 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 30초 처리와 60초의 처리의 표면 총균수가 유의적인 차이를 보이지 않은 것으로 나타나 30초 증기처리가 효과적인 것으로 사료되었다.

4) 미생물오염도를 최소화할 수 있는 최적의 조건 설정

증기온도와 처리방식 및 처리시간을 종합하면, 세척수의 온도는 80℃를 유지하여 분무식으로 30초간 분무한다면 기존의 세척수에 비하여 돼지도체의 초기미생물수를 효과적으로 감소시킴으로써 국내산 돈육의 유통기간 연장에 큰 효과가 있을 것으로 사료되었다.

나. 고온증기 세척에 의한 최적 품질 조건 설정

제 1 세부과제에서 도출된 고온증기세척의 최적 조건을 기초로 하여 돈육질 향상을 위한 최적의 조건을 재검토하고 증기세척이 수출부위(등심, 뒷다리)의 유통기간 연장에 미치는 효과를 구명하였다.

1) 증기온도가 돈육질에 미치는 효과

증기온도가 돈육질에 미치는 효과를 구명하기 위한 육질 평가에서 육색 중 명도를 나타내는 L*값은 80℃까지는 큰 차이를 보이지 않았지만, 80℃ 이상의 온도에서 등심과 뒷다리 모두 높은 L*값을 나타내었다. 또한, 근육의 pH와 보수력은 온도가 증가할수록 감소하며, 특히 pH와 근장단백질 용해성은 80℃이상의 온도에서 유의적인 차이를 나타내어 70℃의 증기처리가 돈육질을 위해서는 80℃ 증기처리보다 적당할 것으로 사료되었다.

2) 증기처리 방식이 돈육질에 미치는 효과

증기처리 방식이 돈육질에 미치는 효과 구명 실험에서 70℃ 증기온도를 사용할 경우, 봉합식 보다 분무식 처리가 짙은 육색 및 높은 pH를 나타낸 결과, 유의적으로 높은 보수력을 보여 분무식이 돈육질에 효과적인 것으로 사료되었다.

3) 증기처리 시간이 돈육질에 미치는 효과

처리시간에 따른 육색의 변화에서 등심과 뒷다리 모두 처리시간이 증가할수록 L*값은 증가하는 경향을 보였는데, 30초의 증기처리 이후 명도와 적색도에서 유의적인 차이가 나타났으며, 빠른 pH 감소의 원인을 제공하고, 이로 인해 돈육의 보수력이 나빠지는 것으로 나타났다. 따라서 20초의 증기분무처리가 돈육질 향상을 위해서 적당할 것으로 사료되었다.

4) 증기세척이 수출부위의 유통기간연장에 미치는 효과 구명

상기 연구에서 고온증기의 분무세척에 따른 표면 미생물오염도의 감

소와 돈육질에 미치는 효과에 따른 최적의 조건(70℃, 분무식, 20s)이 설정되었다. 이 조건에서 세척된 도체는 초기미생물 수가 낮은 부분육을 생산하였고, 이 부분육을 진공포장하면 냉장육으로서 유통기한이 연장될 수 있는 가능성이 확인되었다.

다. 최적의 효과를 얻을 수 있는 유기산 세척수 개발

본 연구를 통해 도축과정이나 해체과정 중 돼지도체의 표면과 정육에서 발견되는 다양한 미생물들은 그 초기 미생물의 오염 정도가 돼지고기의 저장성에 결정적인 영향을 미치며, 특히 병원성 미생물의 경우 인체에 치명적인 식중독의 원인이 된다는 사실이 재삼 확인되었다. 이 같은 연구 결과로 도축공정을 마친 돼지도체를 예비냉각 직전에 초기 미생물수를 최소화할 수 있는 세척수 개발의 중요성이 한층 부각되었다.

1) 세척수 종류(acetic acid, lactic acid 및 EO water)별 미생물 억제효과

일반 세척수로 세척한 대조구에 비해 EO-water나 유기산 용액으로 세척한 처리구에서 유의적인 미생물 감소가 나타났다. 처리구간의 비교에서 유기산 용액으로 세척시 처리구간에 차이를 보이지 않았으나, EO-water의 사용은 유기산 처리에 비해 돼지도체의 표면 미생물수를 유의적으로 감소시키는 것으로 나타났다.

2) 세척수 종류별 최상의 미생물 억제 농도 및 세척온도

유기산 및 EO-water 세척수 처리가 효과적으로 표면 미생물 수를 감소시켰으며, 유기산의 농도가 증가할수록 미생물 감소에 효과가 높아지는 것으로 나타났다. 초기미생물 수를 최소화 할 수 있는 세척수 내 최적의 유기산 농도는 1.5%였다. 유기산 세척수의 온도가 상승함에 따라 미생물 수는 유의적으로 감소하였는데, 유기산 세척수 온도 65℃와 75℃ 사이에는 약 1 log 정도의 미생물 수 감소가 있었다. 초기 미생물 수를 최소화 할 수 있는 세척수의 최적 온도는 75℃로 사료되었다.

3) 세척수 종류별, 농도별, 처리부위별 최적의 처리량

75℃, 1.5% 유기산 세척수의 처리량에 따른 돼지도체 표면의 총미생물 수의 변화 결과, 모든 처리구에서 세척수의 처리량이 증가할수록 총미생물 수는 유의적으로 감소하였다. 특히, 1 Liter나 2 Liter의 처리량에 비하여 3 Liter의 처리량이 효과적으로 초기 미생물 수를 감소시킨 것으로 나타났다.

4) 최적의 혼합세척수

세척수의 온도가 15℃일 경우, 유기산 세척수가 일반 세척수에 비해 효과적으로 미생물 수를 감소시켰지만, 온도를 75℃로 증가시킬 경우 일반 세척수와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 acetic acid와 lactic acid의 혼합용액은 단일용액에 비해 미생물 감소효과가 인정되지 않았으며, 따라서 굳이 혼합액을 사용할 필요가 없다고 사료되었다.

5) 유기산 세척수의 최적도체 처리조건

도체 표면 미생물 검사 결과, 모든 도체부위에서 유기산 세척수의 사

용이 일반 세척수와 비교하여 효과적으로 미생물 수를 감소시키는 것으로 나타났다. 특히, 도체세척시 세척수가 고일 수 있는 복강 쪽에 있어 유기산 세척수의 사용이 일반 세척수에 비해 2 log 정도 미생물 수를 감소시키는 것으로 나타났다.

6) 병원성 미생물에 대한 세척수의 효과

80℃의 일반세척수도 30초간 도체에 분무처리하면 E-coli, salmonella 및 Listeria 가 사멸된다는 것이 확인되었으며, 80℃의 유기산 처리시에는 20초간 분무에도 모든 병원성 미생물이 사멸되었다. Acetic acid와 lactic acid 간의 병원성 미생물의 사멸 효과차이는 인정되지 않았으며, 유기산 세척수는 70℃, 30초간 분무가 도체의 병원성 미생물의 제거하는 최적의 조건으로 사료되었다.

라. 유기산세척수의 분무가 돈육 품질에 미치는 효과 구명

고온으로 처리되는 세척수가 육질을 결정하는 항목인 육색과 보수력에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 고려 때문에 본 연구에서는 육질에 영향을 미치지 않는 세척수의 세척조건을 구명하였다.

1) 세척수의 종류별, 농도별, 처리부위별에 돈육품질에 미치는 효과

등심과 뒷다리 부위의 육색(명도), 보수력(육즙감량) 및 pH 측정 결과, 15℃의 유기산 세척수는 유기산의 종류 및 농도에 관계없이 육색과, 보수력 및 pH에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 따라서 15℃ 유기산 세척수를 사용한다면 어떤 농도를 사용하여도 육질에는 부정적인 영향

을 미치지 않을 것으로 사료되었다.

2) 세척수의 종류별, 온도별, 처리부위별 돈육품질에 미치는 효과

세척수의 종류에 따른 유의적인 육질의 차이는 없었지만, 세척수의 온도가 증가할수록 명도와 육즙감량은 유의적으로 증가했으며, pH도 감소하는 경향을 보였다. 또한 세척수의 온도가 증가할수록 총단백질의 용해성은 유의적으로 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 근장단백질의 용해성이 감소한 것에 기인하는 것으로 나타났다. 유기산 세척에 따라 TBARS가 저장 3일까지는 유의적인 변화를 나타내지 않았으나, 저장 7일째에 유의적인 차이를 보였다.

3) 돈육의 품질에 영향을 미치지 않는 최적의 세척수 조건 구명

돈육의 육색과 보수력 및 사후대사속도는 세척수의 종류에 관계없이 온도와 처리량에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다. 75℃ 세척수의 처리량이 증가할수록 명도와 육즙감량은 유의적으로 높아졌으며, pH는 유의적으로 감소하였다. 75℃의 세척수를 3 Liter 이상의 처리하면 육질에 부정적인 영향을 미치며, 특히 85℃ 유기산 세척수는 지방산화를 촉진시켰다. 세척수의 온도가 증가하면 육색과 전체적인 기호성이 유의적으로 감소하였으며, 특히 85℃의 경우에 관능적 기호도가 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다.

4) 세척수의 분무에 따른 병원성 미생물 억제와 돈육질에 미치는 영향

유기산 세척수의 온도 70℃, 30초의 세척으로 돈육의 육색과 보수력에 부정적인 영향을 미치지 않으면서 도체표면의 병원성 미생물을 사멸시

키는 효과가 있는 것으로 나타났다.

마. 오존수의 돼지도체세척 효과 구명

최근 미생물의 살균효과가 우수하다고 보고되고 있는 오존수를 돼지도체 세척수로 이용하고자 오존수가 돼지도체표면의 총균수 및 병원성 미생물의 살균에 미치는 효과를 조사하였고, 또 세척조건에 따른 돈육의 등심과 뒷다리 부위의 육질관련 항목을 조사하였다.

1) 오존수 세척이 돼지도체의 표면 총균수 감소에 미치는 효과

오존세척수의 오존농도가 증가할수록 도체표면 미생물 수가 감소하였으며, 표면미생물을 효과적으로 감소시킬 수 있는 최적의 오존농도는 1 ppm이었다. 오존세척수의 분무량이 증가할수록 표면미생물의 수가 유의적으로($p < 0.05$) 감소하였으며, 오존농도 1 ppm의 오존수는 약 2 liter의 정도의 분무량이 효과적으로 표면 미생물의 수를 감소시켰다.

2) 돼지도체의 오존수 세척이 돈육질에 미치는 효과

오존세척수의 분무량이 증가할수록 돈육의 명도 값이 감소하였으며, 3 liter 이상을 돼지도체에 분무하면 돈육의 육색에 부정적인 영향을 미쳤다. 오존세척수의 세척방식에 따른 비교에서는 봉합식의 경우 분무식에 비해 pH 감소에 더욱 영향을 미친 것으로 나타났다. 오존세척수의 분무량이 증가할수록 육즙감량이 유의적으로 높아졌으며, 분무식에 비해 봉합식에서 육즙감량이 증가하였다. 오존세척수 처리량이 증가할수록 돈육의 가열감량이 증가했으며, 3 liter 이

상 분무시 전단가도 증가되었다. 온존세척수 처리에 따른 TBARS와 단백질 용해성의 변화는 일반 세척수와 유의적인 차이가 인정되지 않았다.

3) 오존세척수가 병원성 미생물 사멸에 미치는 효과

돼지도체 표면에 *S. tyhimurium*, *E. coli* 및 *L. monocytogenes*을 도포한 후 오존수로 세척한 결과, 3종류의 병원성 미생물 모두 3 liter로 세척할 경우 모두 제거되었다.

특히 오존수는 *L. monocytogenes*의 사멸에 비교적 효과가 높아 봉합식의 2 liter의 세척에도 사멸되는 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 앞선 연구에서 지방산패를 유발하여 세척수로 사용하기 부적합한 EO-water를 대체하여 돼지도체의 세척수로 사용가능할 것으로 사료되었다.

2. 활용에 대한 건의

국내 돈육가공산업에서 문제가 되어온 돼지도체의 초기미생물 수를 감소시킬 수 있는 고온증기, 유기산 및 오존수를 이용한 세척조건이 구명되었다. 연구된 돼지도체세척법은 돈육의 품질, 특히 수출부위인 등심과 뒷다리 부위의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않는 조건을 만족하고 있다. 따라서 본 연구에서 개발된 돼지도체세척법이 국내 도축장에 적용된다면 국내산 돈육의 안전성이 확보될 뿐만 아니라 향후 대일 돈육수출에서도 한국산 돈육의 가치를 증가시키는데 크게 기여할 것으로 사료된다. 따라서 향후 본 연구의 결과를 연구논문으로 발표할 뿐만 아니라 돈육가공산업체에 적극 홍보하고 기술을 이전하고, 정부도 국내 도

축장의 HACCP 시행에 이용한다면 국내 돈육산업과 양돈산업이 지속적으로 발전이 이루어질 것으로 기대된다.

SUMMARY

I. Title

Development of washing method of pork carcass for exportation of high quality pork

II. Objectives and Rationales

1. Objectives of the study

The objective of this study was to develop washing methods of pork carcass for exportation of high quality fresh pork. Exportation of domestic pork to Japan is one of the most important goals of pig and pork industry in Korea. Because most Korean prefer to have belly or shoulder cuts of pork, the other cuts including ham, loin and tenderloin are not easily consumed and stored in cold store. Therefore these cuts should be exported to other countries for payability of domestic pig and pork industry. Korea exported 80,000 ton of pork to Japan in 1999. At that time, however, Korea had to export pork as frozen meat which was cheaper compared with fresh pork from competed countries. Since there was no washing method of carcass

to ensure sanitary for fresh pork, they had to freeze pork for exportation. Therefore it is necessary to develop washing methods of pork carcasses to ensure sanitary of fresh pork.

2. The necessity of the project

In Korea, slaughter and packing industry has been shunned in related to investment of research due to recognition of Beakjeong that was a job of the most contemptible people under Confucian ideas. Therefore Korea meat industry had to produce a poor quality pork under inferior slaughter condition and the pork from Korea has been traded with cheaper price in international meat market. Specially Korean pork did not have a satisfactory sanitary as fresh meat because of inferior slaughter of pigs. Moreover it is inappropriate to adapt a new technique of slaughtering that was developed in an advanced nation because of different characteristics of domestic slaughter circumstance. Thus there is need for development of unique technique to improve pork quality in relation to sanitary under domestic slaughter condition.

Since, in general, the quality of fresh pork should be evaluated by two ways of sanitary and meat quality, development of technique has to consider with these two factors concurrently. Domestic fresh pork for exportation to Japan had a short shelf-life because of un-sanitary slaughter of pig. The high level of initial microbial numbers on pork carcasses is a main factor of the short shelf-life. Therefore it is necessary to develop a washing technique of pork carcasses to reduce the initial microbial numbers without any negative effects on

meat quality under inferior slaughter condition in Korea.

III. The contents and scope of the study

1. Development of washing methods of pork carcasses to secure microbiological safety

- A. Research on high temperature steam treatment to pork carcasses in related to domestic slaughter plant.
 - Investigate an optimal spray condition (temperature, amount and mode) of high temperature steam

- B. Search on washing instrument of high temperature steam
 - Search an easy, portable and economical instrument for domestic meat plant

- C. Research on washing water using an effective chemicals for sterilization
 - Investigate an optimal using condition of acetic acid, lactic acid, Electrolyed Oxidizing water and Ozonazed water to sterilize microbial.

- D. Research on treatment technique and instrument of chemical washing waters
 - Investigate an optimal condition of spray temperature, amount

and a mode of chemical washing water

- E. Research on the effects of chemical washing water on microbial of pork cuts
 - Investigate the effects of spray of chemical washing water onto surface of pork carcasses on reduction of microbial in loin and ham cuts

2. Study on effects of washing methods of carcasses on meat quality of pork cuts for exportation

- A. Evaluation of quality of carcass washed with high temperature steam
 - Investigate an optimal condition of carcass by spray temperature, amount and a mode
- B. Establish an optimal condition of washing waters to produce a high quality pork
 - Evaluate each organic acids, Electrolyed Oxidizing water and Ozonated water in related to pork quality
- C. Evaluation a pork quality by a spray mode of washing waters
 - Investigate effects of spray mode of washing waters on meat quality characteristics of pork cuts

- D. Search on effective treatment techniques and instruments of washing waters
 - Investigate an optimal condition of spray temperature, amount and a mode of chemical washing water for high quality pork

- E. Evaluation effectiveness of washing waters on meat quality of pork cuts
 - Investigate effects of concentration and kinds of washing waters on meat quality characteristics of loin and ham cuts

IV. Results and recommendation for application

1. Results

A. Development of washing technique using a high temperature steam

- 1) Effect of treatment temperature of steam on total plate counts on the surface of pork carcasses

Total plate counts on the surface of pork carcasses were reduced by all washing treatments of high temperature steam. As increasing temperature of steam, total plate counts were significantly decreased. Result implied that temperature of steam was the most important factor to reduce microbial on the surface of pork carcasses. However

there was no significant difference in total plate counts between 80°C and 90°C of steam treatments. Therefore it was suggested that using of steam temperature over 80°C would not be necessary for effective sterilization of microbial on the surface of pork carcasses.

2) Effect of treatment mode of steam on total plate counts on the surface of pork carcasses

When pork carcasses were treated with 80°C of steam, there was no significant difference in total plate counts between spray and sealing types of steam treatments. Although total plate counts were slightly decreased with sealing type, spray type was recommended to use under circumstance of domestic slaughter house because of it's convenience of using.

3) Effect of treatment time of high temperature steam on total plate counts on the surface of pork carcasses

Total plate counts on the surface of pork carcasses were reduced by treatment time of steam compared to treatment types. With increasing time of steam treatment the total plate counts were significantly decreased. However there was no significant difference in total plate counts between 30 seconds and 60 seconds of treatment of steam. Result suggested that 30 seconds treatment of 80°C steam

would be the most effective to reduce microbial on the surface of pork carcasses.

- 4) Establish an optimal condition of steam treatment to minimize contamination of pork carcasses

Results showed that all conditions of high temperature steam reduced the microbial numbers on the surface of pork carcasses effectively. Especially it was suggested that steam temperature at 80°C, spray type and 30 seconds treatment would be a desirable condition for minimizing of contamination of pork carcasses in related to inferior domestic slaughter plants.

B. Establish an optimal washing condition of high temperature steam for production of a high quality pork.

- 1) Effect of steam temperature on pork quality

As increasing of steam temperature over 80°C, measurements of pork color was significantly changed, and lightness (CIE L*) value was significantly increased in both loin and ham cuts. Also ultimate pH of muscle and water-holding capacity were decreased with increasing of steam temperature. There was a significant difference in

sarcoplasmic protein solubility between 70°C and 80°C steam treatments. Results implied that the increasing of lightness and decreasing of ultimate pH and water-holding capacity of pork might be due to denaturation of sarcoplasmic protein with increasing steam temperature over 70°C to 80°C. Therefore it was concluded that 70°C of steam treatment would be better for production of a high quality pork.

2) Effect of treatment mode of steam on pork quality

Measurements of pork quality were affected by treatment type of steam washing. When 70°C of steam was treated on the surface of pork carcasses by spray or sealing type, pork treated by spray type showed dark color, higher ultimate pH and better water-holding capacity. Results suggested that spray treatment of steam would produce a better quality pork compared to sealing treatment of steam.

3) Effect of treatment time of steam on pork quality

Lightness of pork was increased with increasing of treatment time of steam on the surface of pork carcasses. Over 30 seconds treatment of 70°C steam, the lightness of pork was significantly increased. Also ultimate pH and water-holding capacity of muscle were significantly decreased over 30 seconds treatment of steam. Results suggested that

a desirable pork quality would be achieved with washing of 70°C steam for 20 seconds of pork carcasses.

- 4) Establish an optimal condition of steam washing to produce a high quality pork for exportation

Results showed that washing of pork carcasses with high temperature steam could affect on pork quality negatively. In this study, it was suggested that temperature at 70°C, spray washing type and washing for 20 seconds might be the best to produce a better pork in related to sanitary of fresh pork for exportation. Also results showed that vacuum packaging of pork treated with steam would be effective to prolong the shelf-life of fresh pork during cold storage.

C. Development of organic washing water to produce a sanitary pork carcass

- 1) Effects of a kind of organic washing waters on reduction of microbial on the surface of pork carcasses

Washing pork carcasses with organic washing waters including acetic acid, lactic acid and EO water reduced microbial significantly compared to normal water. There were no significant differences in

total plate counts between acetic and lactic acid washing waters, but EO water reduced more microbial compared to acetic or lactic acid washing water.

- 2) Effects of concentration and temperature of organic washing waters on microbial numbers on the surface of pork carcasses

Total plate counts on the surface of pork carcasses was effectively reduced with washing of organic waters and EO water. The microbial number was significantly reduced with increasing of organic concentration in washing waters. Results suggested that the optimal concentration of organic might be 1.5% to minimize microbial number on the surface of pork carcasses. With increasing of temperature of organic washing waters from 65°C to 75°C, about 1 log of total plate counts was reduced. Result implied that the optimal temperature of organic washing water might be 75°C to minimize the initial microbial number on the surface of pork carcasses.

- 3) Establish of optimal condition of organic washing water for sanitary pork carcasses

When pork carcasses were washed with organic washing water of 75°C temperature and 1.5% concentration, total plate counts was significantly decreased with increasing amount of washing waters.

Especially 3 liter of washing water treatment reduced microbial number more effectively compared to 1 liter or 2 liter of washing water treatments.

4) Effect of mixed organic washing water on reduction of microbial number

When the temperature of washing waters was 15°C, organic washing water reduced microbial number significantly compared to normal washing water. However there was no significant difference in total plate counts between organic and normal washing waters if the temperature of washing water increased to 75°C. Moreover mixed organics water with acetic and lactic acid showed no significantly effectiveness to reduce total plate counts. Results suggested that it might be not necessary to use a mixed organic washing water to reduce microbial number of pork carcasses.

5) Effects of organic washing water for sanitary pork carcasses compared to normal washing water

All pork cuts showed significant reduction of microbial number with washing of organic waters compared to normal washing water. Especially total plate counts on the surface of abdominal cavity where is the point of washing water leaved easily reduced about 2 log with organic washing waters compared to normal washing water.

- 6) Effects of organic washing water on sterilization of E-coli, salmonella and Listeria

Sterilization of E-coli, salmonella and Listeria was observed if pork carcasses were washed for 30 seconds with 80°C of normal washing water. However these three microbial were sterilized with washing for 20 seconds of 80°C organic washing water. There was no significant difference in sterilization effect between acetic and lactic acid washing waters. Results suggested that washing of pork carcasses for 30 seconds with 70°C of organic washing water might be the best to sterilization of E-coli, salmonella and Listeria.

D. Study on effects of organic washing water on pork quality

- 1) Effects of treatment conditions of organic washing waters on pork quality

Washing pork carcasses with 15°C of organic waters did not change in meat color(lightness), water-holding capacity and muscle pH of loin and ham cuts. There were no significant differences in lightness value, drip loss % and ultimate pH of both lion and ham cuts among treatments by kinds and concentration of organics. Results suggested that concentration of organics in washing water

did not affect on pork quality negatively.

2) Effect of treatment temperature of organic washing waters on pork quality

Although there were no significant differences in pork quality parameters among kinds of organics, lightness and drip loss % were significantly increased with increasing temperature of organic washing waters. Also total protein solubility was significantly decreased due to decreasing of sarcoplasmic protein solubility as increased temperature of washing waters. Lipid oxidation of pork was not occur for 3 days of cold storage by washing of organic waters, but TBARS of pork from carcasses of organic washing water was significantly increased at 7 days of storage.

3) Establish an optimal treatment condition of organic washing water for a high quality pork

Meat color and water-holding capacity and postmortem glycolysis were affected by treatment temperature and amount of organic washing water to pork carcasses. As increasing treatment amount of organic washing water at 15°C, lightness value and drip loss % of pork was increased and ultimate pH of muscle was decreased significantly. Result showed that pork quality was changed negatively

with washing of pork carcasses over 3 liter of 15°C organic washing waters. Especially washing of pork carcasses with 85°C organic water increased lipid oxidation in pork cuts. As increasing of temperature of organic washing waters, acceptability and meat color score of panel were significantly decreased. Especially, the temperature 85°C of organic washing water affected all scores of panel test negatively.

- 4) Effects of organic washing water on sterilization of pathogens in related to pork quality

Number of pathogens including E-coli, salmonella and Listeria on the surface of pork carcasses was decreased by washing of organic water. Results suggested that treatment temperature 70°C for 30 seconds to pork carcasses could sterilized all pathogens without any defects on pork quality.

E. Study on effects of pork carcasses washing by Ozonated water

- 1) Effect of Ozonated water washing on total plate counts on the surface of pork carcasses

As increasing concentration of Ozone in washing water total plate

counts on the surface of pork carcasses was decreased. Result suggested that the optimal Ozone concentration might be 1 ppm in washing water to minimize microbial on the surface of carcasses. Also the microbial number was significantly decreased as increased spray amount of Ozonated water, and the optimal amount of 1 ppm Ozonated water might be 2 liter for reduction of total plate count.

2) Effect of Ozonated water washing on pork quality

Lightness value of pork was decreased as increasing of spray amount of Ozonated water onto pork carcasses. Spray Ozonated water over 3 liters affected on pork color negatively, and the ultimate pH of muscle affected by sealing type compared with spray type. Also drip loss % of pork was significantly increased with increasing spray amount of Ozonated water to pork carcasses. Furthermore cooking loss % and shear force value of pork were also increased as increasing amount of spray Ozonated water. However TBARS of pork was not significantly differ compared with washing of normal water during sold storage.

3) Effect of Ozonated water washing on sterilization of pathogens

All pathogens including *S. tyhimurium*, *E. coli* and *L. monocytogenes* that were sprayed onto the surface of pork carcasses

was sterilized by washing of Ozonated water. Ozonated water showed a strong effect on sterilization of *L. monocytogenes*, and the listeria on the surface of carcasses was excluded by sealing type washing of 2 liters Ozonated water. These results suggested that Ozonated water might be useful to sterilization of pathogens on the surface of pork carcasses in stead of EO water that was excepted for washing water because of it's lipid oxidation effect.

2. The Proposed Applications for Results

In this research project, optimal conditions of washing waters such as high temperature steam, organic water and Ozonated water to minimize the intial microbial number on the surface of pork carcasses were established. These washing methods of pork carcass does not change the pork quality parameters such as meat color, water-holding capacity and postmortem glycolysis in loin and ham cuts which are representative pork cuts for exportation to Japan. Therefore it is expected that safety and value of domestic pork could be increased if these research results would be applied by pig slaughter industry in Korea. The results of this research project will be published in scientific journals and knowledge and technique will be introduced to pork industry to advance HACCP system of Korean packing plants.

CONTENTS

I . Outlines of the Project	36
1. Objectives of the Project	36
2. Necessities of the Project	36
3. Scopes of the Project	41
II. R & D Status in Domestic and Overseas	47
1. Relation of status technological	48
2. The question at issue	49
III. Contents of the Project and Its Results	50
1. Development of hot-water washing technology and establishment of quality condition of best suited	50
2. Development of water washing of pork carcass and establishment of quality condition of best suited	78
3. Effects of carcass washing type of organic acid and ozonated water on extinction of pathogenic microorganism and quality of pork meat	115
IV. Goal Accomplishment and Subsequent Contribution ..	150

V. Application Plan of the Results	153
VI. Expectancy of consequence	154
VII. Reference	157

제 6 장 기대효과 154

제 7 장 참고문헌 157

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

우리나라 양돈업계와 돈육가공업계에 있어 대일 돈육수출은 매우 중요한 의미를 가지고 있는데, 그 이유는 국내 돈육소비가 주로 삼겹살과 목살 위주로 이루어지고 있고, 따라서 소위 비인기 부위로 분류되는 뒷다리, 등심 및 안심 부위 등은 수출로 해결하는 것이 채산성을 위해서 가장 바람직하기 때문이다. 1999년도 대일 돈육 수출량은 약 8만톤으로 금액으로는 3억 3천만불에 이르렀었다. 하지만 당시에는 냉장육보다는 주로 냉동육 위주로 수출이 이루어졌었는데, 그 이유는 국내산 냉장돈육의 미생물학적 안전성을 확보하지 못했기 때문이었으며, 그 결과 경쟁국의 냉장육에 비해 낮은 가격에 거래될 수밖에 없었다. 따라서 현재 국내의 돈열병 때문에 중단된 대일 돈육수출이 조만간 재개될 것을 예상하면, 국내 돈육산업계는 고품질 냉장돈육을 생산하여 수출할 수 있는 기술의 개발이 필수적으로 요구된다. 특히, 냉장돈육의 품질과 유통기한에 결정적인 영향을 미치는 초기미생물 수를 줄일 수 있는 돼지도체의 세척방법이 필요하다. 이러한 이유로 본 연구는 국내산 냉장돈육의 미생물학적 안전성을 확보하기 위해 초기미생물 수를 최소화할 수 있는 돼지도체세척법을 개발하고자 하였다.

제 2 절 연구개발의 필요성

- 우리나라의 돈육가공산업계는 대일 돈육수출에 사활을 걸고 있음
 - 비인기 부위의 적체를 수출로 해결해야 하기 때문
 - 국내 돈육소비가 삼겹살과 목살 부위 위주로 이루어지는 것이 원인
 - 적체되는 비인기부위는 상대적으로 높은 가격으로 일본에 수출해야 함

- 구제역 발생으로 중단된 대일 돈육수출이 조만간 재개될 것으로 전망

- 1999년도 대일 돈육 수출량은 약 8만톤, 금액으로는 3억 3천만불
 - 냉장육 27%, 냉동육 73% (수출가격: 냉장육 4.9달러/kg, 냉동육 3.8달러/kg)
 - ☞ 냉동육 위주의 수출에서 냉장육 위주의 수출로 전환해야함

- 우리나라는 지리적으로 일본과 근접하기 때문에 냉장돈육 수출경쟁에서 유리함
 - 그러나 위생적인 냉장돈육의 가공생산기술 부족으로 장점을 살리지 못함
 - 한국산 돈육은 저품질로 인식되어 낮은 가격에 유통되고 있는 실정
 - 경쟁국(미국, 캐나다, 덴마크 등)에 비해 약 1달러/kg 정도 저가로 유통

- 고품질 냉장돈육을 생산, 수출하기 위해서는 도축가공기술의 확보가 필수

- ☞ 초기 미생물 수를 최소화할 수 있는 위생적인 도축가공기술개발 필요
- ☞ 고품질 수출돈육부위 생산을 위한 독자적인 돼지도체세척 기술개발 필요

1. 기술적 측면

- 냉장돈육의 품질: 위생적인 면(sanitary)과 품질적인 면(quality)으로 구분
 - 돈육가공기술개발에 있어 이 두 가지 요인을 고려하는 것이 필수적
- 수출냉장돈육의 짧은 유통기한: 비위생적인 도축가공이 결정적인 원인
 - 국내의 영세한 돼지 도축장의 열악한 가공라인의 현실 때문
 - 국내 돼지도체의 순간고온증기세척기술 및 기기 개발 필요
 - 초기 미생물 수를 최소화할 수 있는 도체세척수의 개발 필요
- ☞ 국내의 영세하고 열악한 돼지도축가공의 현장에 적용 가능한 경제적이고 위생적인 도축가공기술의 개발이 시급함
- 위생적인 돼지도체세척기술 확보
 - 한국산 냉장돈육의 안전성을 한층 높일 수 있는 기술로 기대
- 이동식 고온증기세척기 제작기술 확립
 - 국내 돈육가공업 관련 기자재 제작 수준을 향상시킬 수 있는 기술로 기대
- 효과적인 돼지도체 세척수 생산기술 확립
 - 국내 도축가공 기술수준을 세계에 새롭게 인식시킬 수 있는 기술로 기대

2. 경제·산업적 측면

- 우리나라는 연간 약 1,500만두의 돼지를 도축, 가공
 - 국내에서 소비되는 부위는 삼겹살과 목살 부위에 집중
 - 등심, 안심, 앞다리, 뒷다리 부위의 소비부족으로 적체 심각
 - 국내 양돈산업 및 돈육가공산업계의 취약점으로 작용
- 비인기 부위의 대일 수출: 국내 돈육산업이 생존할 수 있는 최선의 방안
 - 그 동안 냉동육 위주의 수출을 통해 적체된 돈육부위를 해소하는 데는 성공
 - 그러나 품질적인 면에서 한국산 돈육은 저급이라는 인식을 갖게 함
- 우리나라는 일본과 근접하여 냉장돈육 수출에 더없이 좋은 여건을 갖춤
 - 국내 돈육가공기술이 경쟁국에 비해 낙후하여 냉동육 위주의 수출 지속
- 현행 냉동돈육 수출 위주에서 냉장돈육의 수출로 그 방식을 전환하여야 함
 - 국내 돈육가공산업계에 적합한 냉장돈육의 가공생산기술 개발이 요구됨
- 국내 도축가공산업의 기술적, 장치적 선진화가 필요함
 - 국제 시장에서 한국산 돈육의 저품질 인식을 전환시키기 위해 필요
 - 냉동육과 냉장육, 일반육과 고급육의 가격 차이는 갈수록 커지고 있음
 - 대일돈육수출에서 경제적으로 더 많은 이득을 취하기 위해 필요
 - 궁극적으로 국내 양돈산업 및 돈육가공산업의 안정적 발전을 위해 필요

- ☞ 국내 양돈산업 및 돈육가공산업계가 대일돈육수출을 통해 산업적으로 활로를 모색하고 고품질 냉장돈육의 수출로 경제적인 부가가치를 창출하기 위해서는 국내 돈육가공기술의 개발이 필수적으로 요구됨

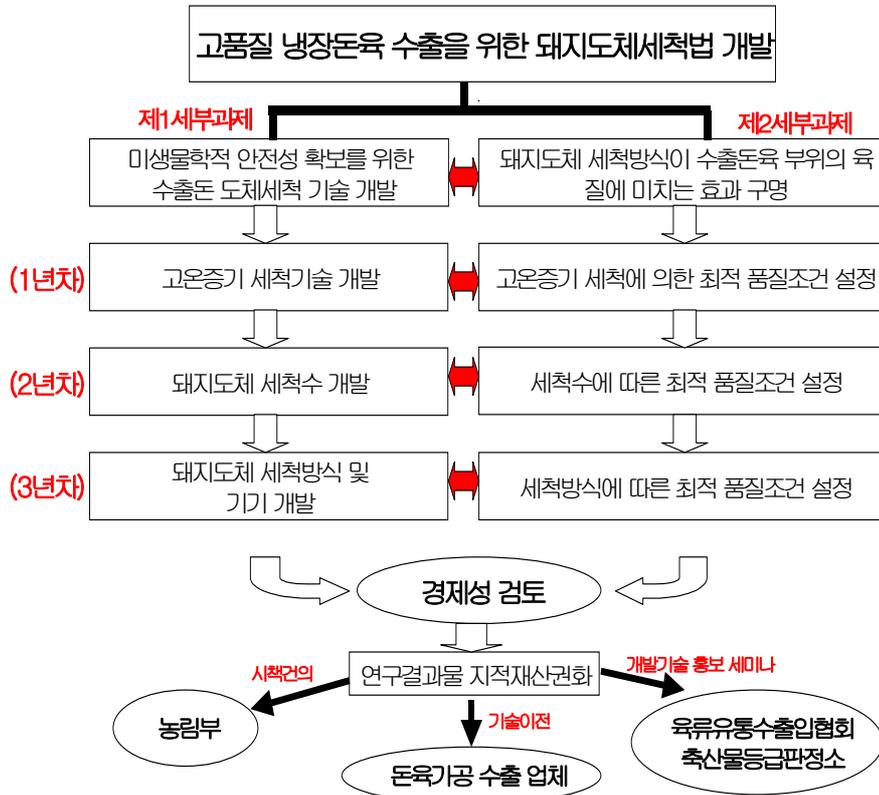
3. 사회·문화적 측면

- 유교적인 사고방식이 지배하고 있는 우리나라의 도축가공산업
 - 소위 [백정의 직업]이라는 가장 천시 받는 직업으로 인식되어 왔음
 - 산업적 투자와 기술적 연구 대상에서 소외되어 왔음
 - 따라서 영세하고 열악한 도축가공 수준이 지속되고 있음
- 95년부터 정부는 [축산물종합처리장] 사업을 추진
 - 국내 식육산업계가 발전하기 위해 도축가공산업의 혁신이 필요하다고 인식
 - 그러나 IMF 등의 여파로 [축산물종합처리장] 사업 지지부진
- 국내산 식육의 안전성 및 품질에 대한 불신이 지속되고 있음
 - 국제 돈육시장에서도 한국산 돈육의 품질경쟁력 약화를 초래
- 사회·문화적으로 도축가공산업이 하나의 과학적 산업으로 대우받아야 함
 - 국민의 건강을 책임지는 동물성단백질을 공급하는 중요한 산업이기 때문
 - 따라서 도축가공산업에 대한 기술적 연구와 투자가 필요
 - 국제사회에서 대한민국의 문화적 수준을 높이기 위해서도 필요
- 선진국의 경우, 도축가공에 대한 지속적인 연구개발이 이루어지고 있음
 - 도축가공수준이 국제사회에서 그 나라의 문화수준으로까지 인식되

기 때문

- ☞ 우리나라도 더 이상 유교적인 사고방식에 얽매어 가축을 도축하여 가공하는 산업에 무관심하기보다는 과학적인 도축가공기술을 개발해야함

제 3 절 연구의 범위



1. 제 1 차년도

가. 고온증기세척기술 개발

- 증기온도가 표면 총균수 변화에 미치는 영향
- 증기처리 방식(분무식, 봉합식)이 총균수에 미치는 영향 구명
- 증기처리 방식별 처리시간이 총균수에 미치는 영향 구명
- 최상의 미생물 오염예방을 위한 최적의 증기온도, 처리방식 및 처리시간 설정
- 미생물 오염을 최소화할 수 있는 최적의 증기온도, 처리시간 및 처리방식이 설정되면 3가지 방식을 동시에 접목시켜 미생물오염을 최소화할 수 있는 조건을 설정한다.

나. 고온증기세척에 의한 최적 품질조건 설정

- 증기온도가 돈육질에 미치는 영향
 - 부위 : 등심, 뒷다리
 - 실험항목 : 육색, pH 및 보수력
- 증기처리 방식이 돈육질에 미치는 영향
 - 처리방식 : 분무식, 봉합식
 - 실험항목 : 육색, pH 및 보수력
- 증기처리 방식별 처리시간이 돈육질 미치는 영향
 - 실험항목 : 육색, pH 및 보수력
- 최상의 돈육질을 위한 최적의 증기온도, 처리방식 및 처리시간을 설정

- 증기세척이 수불부위(등심, 뒷다리부위 등)의 유통기간 연장에 미치는 효과 구명

2. 제 2 차년도

가. 돼지도체 세척수 개발

- 같은 농도의 세척수 종류(acetic acid, lactic acid 및 EO water)별 미생물 억제 효과 구명
- 세척수 종류별 최상의 미생물 억제 농도 및 세척온도 구명
- 세척수 종류별, 농도별, 처리 부위별 최적의 처리량 구명
- 최적의 혼합 세척수 개발 (세척수 종류별, 농도별 미생물 살균 효과 구명)
- 혼합 세척수의 최적 도체 처리조건 구명
- 미생물오염을 최소화할 수 있는 혼합 세척수 개발이 끝나면, 최적의 효과를 얻을 수 있는 조건 설정을 위하여 도체부위별, 복강쪽과 체외 지방쪽의 분사량에 따른 최적 분사량 조건을 구명한다.

나. 세척수에 따른 최적 품질 조건 설정

- 같은 농도의 세척수 종류(acetic acid, lactic acid 및 EO water등)별 돈육품질에 미치는 효과 구명
 - 실험항목 : 육색, pH 및 보수력, TBARS 및 단백질 용해성

- 세척수 종류별, 농도별, 처리 부위별에 따른 돈육품질에 미치는 효과 구명
 - 실험항목 : 육색, pH 및 보수력, TBARS 및 단백질 용해성
- 최적의 혼합 세척수 개발
 - 세척수 종류별, 농도별 돈육품질 특성 구명

3. 제 3 차년도

가. 돼지도체 세척방식 및 기기 개발

- 효과적인 고온증기 발생장치의 탐색 및 도체처리 방식 구명
 - 분무식과 봉합식의 장치를 제작하여 그 효과를 검증
- 효과적인 세척수의 분무량 및 분무방식 구명
 - 복강쪽과 체외지방쪽의 분무량 및 분무방향에 따른 미생물 수 변화 조사
- 경제적이고 조작성이 간편한 이동식 고온증기세척기 및 세척수분무기 시제품 제작
 - 국내 돈육가공라인에 적합한 이동식 세척기의 시제품 제작
- 돼지도체 세척기의 자동화 방안 모색

나. 세척방식에 따른 최적 품질 조건 설정

- 세척수의 분무량이 돈육품질에 미치는 영향 구명
 - 실험항목 : 육색, pH 및 보수력, TBARS 및 단백질 용해성

- 세척수의 분무방식이 돈육품질에 미치는 영향 구명
 - 실험항목 : 육색, pH 및 보수력, TBARS 및 단백질 용해성
- 분무량 및 분무방식에 따른 도체 품질평가
 - 실험항목 : 육색, pH 및 보수력, TBARS 및 단백질 용해성
- 제1세부과제에서 제작된 시제품을 이용하여 돈육품질에 미치는 영향 구명
 - 실험항목 : 육색, pH 및 보수력, TBARS 및 단백질 용해성
- 시제품을 이용하여 구명된 품질특성에 대한 자료를 제1세부과제와 상호 협동하여 최상의 돼지도체세척 자동화기술 방안 모색

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 관련 기술현황

- 도체의 고온증기처리 기술
 - 도축 후 미생물 오염을 극소화할 수 있는 물리적, 화학적 방법 제시됨(Woolthuis와 Smulders, 1985)
 - 90℃ 정도의 증기를 사용하여 도체를 살균(pasteurization)하는 기술이 개발됨(Meat Processing, 1996)
 - 미국 USDA는 도체의 [증기살균법]의 사용을 허가하고 있음
 - 도축공정에서 털, 내장적출시 진공온수와 증기를 이용하면 미생물의 성장을 억제시키는 효과가 있음 (Gill과 Bryant, 1997)
 - 도체에 진공증기를 처리하면 병원성 미생물의 수를 감소시키는 효과가 있음(Dorsa 등, 1997; Kochevar 등, 1997)
 - 돼지도체를 증기를 이용하여 오염을 제거하고, 표면에 0.2 M 젖산을 스프레이 처리 후 진공포장을 실시하면 병원성 미생물을 줄일 수 있어 HACCP 시스템에 유용하게 사용할 수 있음 (Nissen 등, 2000)
 - 고온압력 저온살균에 의해 식육의 병원성 미생물과 총균의 감소시킬 수 있음(Moerman 등, 2000)
 - 도체를 온수와 젖산으로 처리하면 E. Coli, 대장균 및 호기성 미생물을 감소시킴(Stivarius 등, 2002)

- 도체의 세척수 개발

- 다양한 항균물질을 이용하여 도체표면의 미생물 수를 감소시키기 위하여 연구가 수행됨 (Shelef, 1994; Siragusa, 1995)
- 도체표면에 온수와 유기산을 처리하면 박테리아 수를 감소시킬 수 있음(Dorsa 등, 1997; Reagan 등, 1996).
- 도체나 진공포장 전 부분육을 acetic acid 용액으로 세척하면 효과적임(Biemuller 등, 1973; Cacciarelli 등, 1983; Mendonca 등, 1989; Eustace 등, 1980)
- Acetic acid로 도체를 세척할 때, 3%용액이 1.5% 용액보다 효과적이고, 55℃용액이 25℃ 용액보다 효과적임 (Bala 등, 1989)
- Lactic acid 용액을 온도체 세척에 이용하면 육색의 변화 없이 표면 호기성미생물의 성장을 억제시킬 수 있음 (Ockerman 등, 1974; Snijdders 등, 1985)
- Lactic acid 용액으로 도체를 세척할 경우, 세척용액의 농도보다는 용액의 온도가 더 중요함 (Woolthuis와 Smulders, 1985; Anderson과 Marshall, 1990).
- 95℃의 온수와 2%의 젖산을 강직전 도체에 처리시 육색에 영향을 미치지 않음(Ellebracht 등, 1999).
- Electrolyzed Oxidizing Water (EO water)는 식육의 병원성 미생물 성장 억제에 효과적임 (Kumar 등, 1999)
- EO-water로 식육을 세척하면 육색의 변화 없이 표면 미생물 수를 줄일 수 있음(Joo 등, 2001)
- 오존수는 식품의 세척분만 아니라 기기 및 공장 내부 세척수로 많이 사용 함
- 오존에 의한 살균 메카니즘은 세균의 세포내 DNA(deoxyribonucleic acid)에 약간의 손상을 줌에 따라 변이, 사멸을 초래함. 또한 오존은 세균의 세포막을 통과하여 흡수계 효소를 손상시키어 세포의 동화작용을 정지시켜 살균하는 염소계 약제에 비해 살균 속도가 매우

빠름 (Choi, 1999. 숙명여자대학교 석사학위논문).

- 오존은 식품원료의 잔류농약분해, 제조공정 중 미생물 제어와 유통과정 중 신선도 유지를 목적으로 이용되고 있으며, 식품제조 용수 중에 중금속의 산화, 유기물의 분해에도 적용되고 있음. 오존은 기체 상태로 가공실, 냉장고 내에서 세균을 불활성화하는데 이용하며, 물에 용해시켜 식품, 조리기 등을 소독, 세정하거나 오존수를 얼음으로 만들어 저온 보관용에 사용함 (Kowalski 등, 1998).
- 분쇄우유에 오존수의 처리시 미생물 수를 줄일 수 있음 (Pohlman 등, 2003)
- 천연케이싱에 오존수의 분무시 살균 효과뿐만 아니라 케이싱 강도가 강해짐(Hakan 등, 2005)
- 소도체의 세척 후 오존수를 이용한 최종 세척시 미생물수는 감소하나 육색의 변색을 초래 함 (Jiangning와 Huu, 2005)

제 2 절 문제점

도축가공기술의 개발에 대한 인식 부족이 주요 원인으로 국내 도체가공에 관련된 기술에 대한 연구가 절대적으로 부족한 결과, 국내 도축가공 현실에 부합하는 기술이 부족하다. 기존의 연구들은 외국의 규모화 선진화된 도축설비 및 공정에 맞게 기술이 개발되었기 때문에 국내 돼지 도축가공의 설비 및 공정이 외국과 비교해 다른 점이 많다. 따라서 각 연구의 결과들 간에 상이한 부분이 아직 많아 더 많은 연구와 함께 국내 돈육가공공장에 적합한 가공기술 및 기기의 개발이 필요하다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 고온증기세척기술 개발 및 세척에 따른 최적의 품질 조건 설정

1. 실험 설계

연구는 경상대학교 동물자원과학부 식육과학연구실 식육처리가공장과 부경양돈농협 육가공공장 두 곳에서 이루어졌다. 제 1세부과제를 위한 예비실험은 경상대학교에서 이루어 졌으며, 경상대학교 부속농장에서 사육된 돼지를 10두씩 2차에 걸쳐 간이도축한 후, 준비된 증기세척기로(자체제작) 이분체 중 좌도체는 세척하였고 우도체는 세척하지 않고 대조구로 이용하였다.



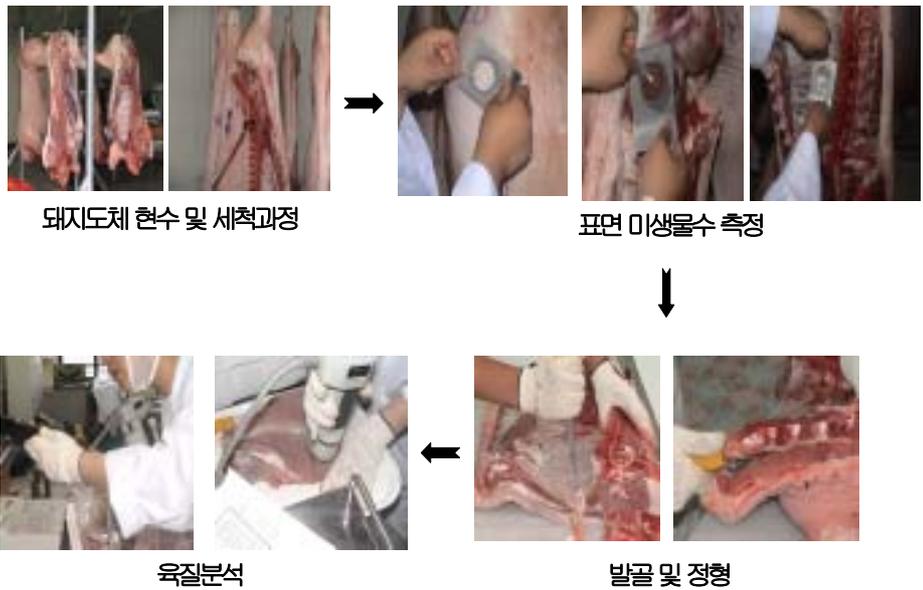
고온증기 세척기(분무식)



복합식 세척기의 분무 모습

예비실험을 통해 습득된 결과와 경험을 바탕으로 본 실험은 부경양돈농협 육가공공장에서 상업적으로 도축된 돼지도체들을 대상으로 예냉실

입고 전에 50두씩 좌우도체를 대상으로 4회에 걸쳐 실험하였다. 또한, 제 2 세부과제의 수행을 위해 냉도체를 발골 후, 등심과 뒷다리 부위를 시료로 채취하여 실험실로 운반한 후 돈육질 관련 항목들을 조사하였다.



가. 미생물 오염을 최소화 할 수 있는 최적의 조건 설정

고온증기세척을 위해 고압세척기와 분무기를 응용하여 증기분무기를 자체제작 하였다. 처리방식 비교를 위해 봉합식은 두꺼운 철사와 비닐로 돼지도체를 감쌀 수 있는 봉합기를 제작하여 사용하였다. 고온증기세척 기술 개발을 위한 처리시간, 처리방식 및 증기온도별 총균수의 측정으로

최적의 조건을 구명하였고, 3가지 방식을 동시에 접목시킴으로써 미생물 오염도를 최소화할 수 있는 조건을 설정하였다.

나. 고온증기세척수의 분무가 돈육질에 미치는 효과 구명

고온증기세척에 의한 돈육의 최적 품질조건 설정을 위해 외관적(육색 및 육즙삼출)으로 정상육이라 판명되는 돼지 50두의 수출부위인 등심과 뒷다리부위를 실험에 공시하여 각 처리 방식(증기온도, 처리시간 및 증기처리 방식)에 따른 육색, 보수력, 단백질용해성 및 최종 pH를 측정함으로써 증기세척에 따른 돈육질의 변화를 조사하였다.

다. 증기세척수의 분무가 수출부위의 유통기간 연장에 미치는 효과 구명

고온증기세척 후, 냉장저장 기간 동안 수출부위인 등심과 뒷다리 부위의 미생물 수 증가 패턴을 비교하였으며, 아울러 합기포장과 진공포장 따른 미생물 수의 차이를 확인함으로써 포장방법에 따른 저장성의 차이를 구명하였다.

2. 재료 및 방법

고온증기세척기술 개발을 위하여 참여기업인 부경양돈농협 육가공공

장에서 일일 생산되는 도체 중 50두씩 공시하여 증기온도(60℃, 70℃, 80℃, 90℃)에 따른 도체표면 미생물(총세균수)의 변화를 조사하였다. 실험은 계절을 달리하여 4회에 걸쳐 동일방법으로 실시하였다. 미생물 오염도를 최소화할 수 있는 증기온도를 설정한 후, 증기세척 방식(분무식, 봉합식)에 따른 도체표면 미생물의 수를 조사하였다. 각 방식에 대해 최소의 시간으로 최적의 미생물 오염도를 감소시킬 수 있는 적정시간을 설정하기 위하여 처리시간별(10초, 20초, 30초, 60초)로 미생물 오염도를 측정하였다. 미생물 오염도를 최소화할 수 있는 최적의 증기온도, 처리시간 및 처리방식을 고려하여 3가지 방식을 동시에 접목시켜 미생물 오염도를 최소화할 수 있는 조건을 설정하였다.

고온증기세척에 의한 최적 품질조건 설정을 위하여 외관적인 평가(육색, 육즙삼출)에 기초하여 도축 직후 정상육이라 판정되는 돼지 50두를 선발하여 각각 5두씩 20두는 증기온도(60℃, 70℃, 80℃, 90℃)에 따라 분무 후 미생물오염도를 측정한 다음, 4℃ 예냉실에서 24시간 냉각 후 수출부위인 등심과 뒷다리 부위를 분리하여 돈육질 분석(최종 pH, 육색, 보수력 및 단백질용해성)을 실시하였다. 또한, 5두씩 10두는 증기세척 방식(분무식, 봉합식)으로 5두씩 20두는 처리시간(10초, 20초, 30초, 60초)에 따라 최상의 돈육질을 위한 최적의 증기온도, 처리방법 및 처리시간을 설정 및 포장방법을 달리하여 저장기간 동안 미생물 수를 측정함으로써 증기세척이 수출부위의 유통기간 연장에 미치는 효과를 구명하였다.

3. 실험항목

가. 도체표면 총균수

도체표면 총균수는 반도체의 체외부에서 3곳(어깨부위, 등심부위, 뒷다리부위)과 복강부에서 4곳을 측정하였다. 미생물 채취는 swab법을 이용하여 10cm²의 template를 대고 멸균시킨 면봉으로 일정한 횟수와 방향(가로, 세로 각 10회)으로 문지른 후 멸균 회석수에 넣고 적절한 비율로 희석하였으며, 총세균수는 회석액을 aerobic petrifilm에 1ml를 접종하여 2일간 배양한 후 균락수를 계수하였다.

나. 육색

육색은 Minolta Chromameter(Model CR-210, Minolta Co. LTD. Japan)를 사용하여 동일한 시료를 5회 반복 측정하였으며, 이때 표준색 판은 $L^*=89.2$, $a^*=0.921$, $b^*=0.783$ 으로 하였다.

다. 수소이온농도(pH)

시료를 적당한 크기(3×3×3cm)로 절단하고 3mm 플레이트로 chopping한 후 50ml 튜브에 시료 3g과 증류수 27ml(1:9)를 함께 넣어 Polytron homogenizer(IKAT25basic, MALASIA)로 14,000rpm에서 10초간 균질하여 pH-meter(MP230, Mettler, Switzerland)로 측정하였다.

라. 보수력(육즙감량)

직경 50mm 코어를 이용하여 시료를 채취 후 무게를 측정하고, 뚜껑이 있는 플라스틱 상자(18×15×10cm)에 매달아 48시간 냉장저장(4℃)에서 저장하면서 저장 후 육즙의 감량을 백분율로 산출하였다.

$$\text{육즙감량(\%)} = (A-B)/A \times 100$$

(A: 저장전 육의 중량, B: 저장후 육의 중량)

마. 단백질용해성

단백질용해성은 총단백질과 근장단백질 용해성을 측정하였다. 근장단백질은 근육 1g을 0.025M potassium phosphate buffer(pH7.2) 10ml에 넣고 균질하여 4℃에서 24시간 흔들여 준 후, 1500g에서 20분간 원심분리를 실시한 다음, 현탁액의 단백질 농도를 뷰렛반응에 의해 측정하였다. 총단백질은 시료 1g에 0.1M sodium phosphate buffer(pH7.2)에 1.1M potassium iodide를 혼합한 20ml을 사용하여 균질하여 4℃에서 24시간 보관 후, 1,500g에서 20분간 원심분리를 실시하고, 현탁액 속의 농도를 뷰렛반응에 의해 측정하였다. 근원섬유단백질 농도는 총단백질과 근장단백질 용해도 차이에 의해 계산하였다.

바. 통계 분석

이상의 실험에서 얻어진 성적을 SAS/PC+ (SAS, 1996) system을 이용하여 분산분석 및 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

4. 결과 및 고찰

가. 돼지도체의 고온증기세척이 도체표면의 총균수 감소에 미치는 효과

돼지도체 표면에 분무처리한 증기의 온도가 표면의 총균수에 미치는 효과는 Table 1에 나타난 바와 같다. 모든 처리구에서 분무 전에 비하여 분무 후 총균수가 현격히 감소하였으며, 증기온도가 증가할수록 총균수가 유의적으로($p < 0.05$) 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 80°C와 90°C 사이에서는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나($p > 0.05$), 80°C 이상의 온도로 세척하는 것은 큰 의미가 없을 것으로 사료된다.

한편, 60°C의 물로 세척한 경우 도체표면의 미생물 수는 약 1log 정도 감소한 반면, 70°C의 물은 약 2log, 80°C의 물은 약 3log 정도 감소하여, 80°C의 고온의 증기로 30초간 돼지도체를 세척하면 매우 위생적인 도체를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 하지만 전 세계적으로 돼지도축장에서 목표로 삼고 있는 도체표면 미생물 수가 3log CFU/cm² 이하라는 점을 감안하면 70°C의 증기로 30초간 세척하는 것도 효과적인 것으로 사료된다.

Table 1. Effect of temperatures of washing water on total plate count (log CFU/cm²) of pork carcass surfaces

Temperate of washing water ¹⁾	Total plate count (log CFU/cm ²)	
	Before washing	After washing
60℃	4.27±0.56	3.46±0.13 ^A
70℃	4.34±0.71	2.57±0.25 ^B
80℃	4.41±0.64	1.49±0.32^C
90℃	4.55±0.27	1.33±0.27 ^C

^{A,B,C} : Means±S.D. with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

¹⁾ : Washing was applied for 30 seconds

돼지 도체 표면에 분무한 증기세척방식에 따른 총균수의 변화는 Table 2에 나타난 바와 같다. 30초 동안 분무식과 봉합식으로 처리하여 세척한 결과, 두 처리구 모두 세척 후 표면미생물 수가 약 3log 정도 감소하였으며, 두 처리 방식에 따른 유의적인(p>0.05) 차이는 나타나지 않았다. 실험 전에 고온증기의 온도효과가 높을 것으로 예상된 봉합식이 분무식과 비교하여 표면미생물 감소효과에서 차이를 보이지 않은 것은 예상보다 80℃ 고온증기세척의 살균효과가 컸기 때문으로 사료된다. 즉, 비록 분무식에 비해 봉합식의 표면미생물 수가 더 적은 경향을 보였지만, 80℃의 고온증기의 살균효과가 큰 것에 기인하여 분무식과 봉합식 간의 유의적인 미생물 감소효과 차이가 인정되지 않은 것으로 생각된다.

따라서 80℃ 이하의 온도에서 실험하는 것이 추가적으로 필요할 것으로 판단되었다.

돼지 도체 표면에 처리한 고온증기의 분무 방식별 처리시간이 총균수에 미치는 효과는 Table 3에 나타낸 바와 같다. 모든 처리구에서 세척 후 미생물 수가 감소하였으며, 분무시간이 증가할수록 유의적으로 ($p<0.05$) 낮은 표면미생물 수를 나타내었다. 그러나 분무식과 봉합식의 두 처리구 모두 80℃ 고온증기로 10초 세척할 경우 표면미생물 수는 약 1log 정도 감소하여 큰 효과가 없는 것으로 생각되며, 최소한 20초 이상 세척하여야 2~3log 미생물 수를 감소시키는 고온증기세척의 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 분무식과 봉합식 모두 30초와 60초 세척처리구간에 표면미생물 수의 유의적인 차이가 인정되지 않아, 약 30초 정도의 고온증기처리가 적합할 것으로 사료된다. 또한, 분무식과 봉합식 등 고온증기 처리방식에 따라 표면미생물 수는 차이가 나타나지 않는 것을 고려해 볼 때, 증기처리 방식에 비하여 처리시간이 표면미생물 수에 더욱 중요한 요인으로 작용하는 것으로 사료된다.

Table 2. Effect of carcass washing type on total plate count (log CFU/cm²) of pork carcass surfaces

Carcass washing type ¹⁾	Total plate count (log CFU/cm ²)	
	Before washing	After washing
Spray type	4.21±0.33	1.29±0.16
Sealing type	4.47±0.28	1.22±0.25

· Means±S.D.

¹⁾ : Washing types were applied at temperature of 80°C

Table 3. Effects of carcass washing time and type on total plate count (log CFU/cm²) of pork carcass surfaces

Treatments ¹⁾	Total plate count (log CFU/cm ²)		
	Before washing	After washing	
Spray type	10s	4.24±0.62	3.03±0.25 ^A
	20s	4.34±0.27	1.97±0.34 ^B
	30s	4.09±0.33	1.44±0.18^C
	60s	4.21±0.48	1.30±0.29 ^C
Sealing type	10s	4.21±0.34	2.97±0.25 ^A
	20s	4.30±0.24	1.66±0.21 ^B
	30s	4.19±0.36	1.38±0.17^B
	60s	4.47±0.47	1.24±0.21 ^B

^{A,B,C} : Means±S.D. with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

¹⁾ : Washing types were applied at a temperature of 80°C

나. 돼지도체의 고온증기 세척온도가 돈육질에 미치는 영향

돼지도체의 고온증기세척이 돈육의 육색에 미치는 영향은 Table 4에 나타난 바와 같다. 일반적으로 도축 후 돼지도체의 온도가 상승하면 근육의 사후대사속도가 높은 온도에 의해 가속되는 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, 그 결과 육단백질의 변성에 기인하여 육색이 창백해지고 조직이 단단하지 못하고 육즙삼출이 많아지는 것으로 보고되고 있다. 따라서 돼지를 도축 후 도체를 고온증기로 세척하면 도체의 온도가 상승될 것으로 예상되는 바, 돈육의 육색도 창백해질 것으로 추정된다.

본 실험 결과, 등심과 뒷다리 부위 모두에서 고온증기세척수의 온도가 증가할수록 명도(L*)값이 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 90℃의 증기로 30초간 세척할 경우에는 명도가 유의적으로($p < 0.05$) 높아졌다. 돈육의 육색측정치 중 L*값은 PSE육을 판정할 때 가장 중요하게 고려하는 항목임을 고려할 때, 90℃의 증기세척이 등심과 뒷다리 부위 모두에서 유의적으로 높은 L*값을 보인 것은 이 조건이 PSE육을 발생시킬 가능성이 매우 높다는 것을 의미한다. 따라서 돼지도체를 증기세척 할 경우 세척수의 온도가 90℃ 이상을 넘어가는 것은 필히 피해야 할 것으로 사료된다.

Table 4. Effect of washing water temperatures on color (CIE L* a* b*) of pork

Treatments	CIE value			
	L*	a*	b*	
Loin	60℃	49.33±0.56 ^B	11.25±2.00 ^A	6.51±1.75
	70℃	49.85±0.48^B	9.64±0.96^{AB}	6.79±0.73
	80℃	50.19±0.94 ^B	9.09±0.53 ^B	6.40±1.10
	90℃	52.87±1.02 ^A	9.11±0.58 ^B	5.39±0.66
Ham	60℃	47.66±0.21 ^B	15.36±1.43 ^A	6.01±1.38
	70℃	47.89±0.46^B	15.46±1.48^A	5.94±1.58
	80℃	48.29±0.79 ^{AB}	13.31±1.73 ^B	5.67±1.71
	90℃	49.69±1.26 ^A	12.79±2.53 ^B	4.92±1.18

^{AB} : Means±S.D. with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

한편, 표면미생물 수의 감소에 가장 적합한 것으로 구명된 증기세척수 온도 80℃의 경우, 비록 L*값은 60℃ 또는 70℃와 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 적색도인 a*값이 등심과 뒷다리 부위 모두에서 유의적으로(p<0.05) 감소하는 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 증기세척수의 온도가 80℃일 경우 돼지도체의 표면미생물 수의 감소에는 효과가 높더라

도 돈육의 육색에는 부정적으로 영향을 미친다는 것을 의미한다. 따라서 육색만을 고려한다면 고온증기세척수의 온도는 80℃ 보다 70℃가 더 적합할 것으로 사료된다.

황색도를 나타내는 b* 값은 모든 처리구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

Table 5. Effects of washing water temperatures on ultimate muscle pH and drip loss (%) of pork

Treatments	pH	Drip loss	
Loin	60℃	5.73±0.04 ^A	3.60±1.08
	70℃	5.70±0.06^A	3.59±1.17
	80℃	5.66±0.03 ^{AB}	4.02±2.36
	90℃	5.62±0.04 ^B	4.07±1.84
Ham	60℃	5.72±0.16 ^A	2.13±0.97
	70℃	5.71±0.06^A	2.39±1.49
	80℃	5.63±0.04 ^B	2.84±0.46
	90℃	5.64±0.08 ^B	3.01±0.58

^{A,B} : Means±S.D. with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

Table 5는 돼지도체를 고온증기로 세척하는 것이 돈육의 최종 pH와 보수력에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 증기세척수의 온도가 60℃에서 90℃까지 증가할수록 근육의 최종 pH는 감소하는 경향을 나타냈는데, 특히 등심은 90℃ 처리구가 유의적으로($p<0.05$) 낮은 pH를 나타냈으며, 뒷다리 부위는 80℃ 처리구가 60℃와 70℃ 처리구보다 유의적으로 ($p<0.05$) 낮은 pH를 나타내었다. 이 같은 결과는 백색근섬유의 비율이 다른 근육들보다 높은 등심과 뒷다리 부위 경우 세척수의 온도에 민감하게 사후 근육의 대사속도가 영향을 받았다는 것을 증명한다. 특히 80℃ 이상의 고온증기로 도체를 세척할 경우, 등심보다 뒷다리 부위가 더욱 사후 해당작용이 빠르게 일어난 것으로 추정되는데, 그 이유는 등심에 비해 뒷다리 부위가 근육이 크고 많아 심부온도가 더욱 높은 것에 기인한 것으로 사료된다. 따라서 주요 수출부위인 뒷다리 부위의 육질만을 고려한다면, 또 돈육의 최종 pH가 상대적으로 높은 것이 육가공 원료육으로서 선호되는 것을 감안한다면, 돼지도체의 고온증기세척수의 온도는 80℃ 보다는 70℃가 더욱 적합할 것으로 사료된다.

한편, 보수력의 경우, 모든 처리구에서 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 온도가 증가할수록 육즙감량이 감소하는 경향을 보여 80℃ 이상의 증기처리가 육단백질의 상태에 부정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

Table 6. Effects of washing water temperatures on protein solubility of pork

Treatments	Total protein solubility	Sarcoplasmic protein solubility	Myofibrillar protein solubility	
Loin	60 °C	196.24±1.25 ^A	58.88±3.43 ^A	137.36±2.38
	70 °C	193.21±2.53^{AB}	53.44±1.85^B	139.77±3.06
	80 °C	190.65±2.47 ^B	51.26±2.08 ^B	139.36±2.44
	90 °C	187.89±2.06 ^C	44.63±2.74 ^C	143.26±3.97
Ham	60 °C	196.08±2.07 ^A	59.26±2.96 ^A	136.82±3.04
	70 °C	195.32±2.92^{AB}	56.41±2.12^{AB}	138.91±1.88
	80 °C	192.87±1.23 ^B	52.30±2.31 ^B	140.57±1.65
	90 °C	189.34±1.15 ^B	47.86±1.26 ^C	141.48±4.01

^{A,B,C} : Means±S.D. with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

돼지도체를 고온증기로 세척할 때, 세척수의 온도가 돈육의 단백질 용해성에 미치는 영향은 Table 6에 나타난 바와 같다. 등심에 있어 세척수의 온도에 따라 근원섬유단백질 용해성은 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 근장단백질의 경우, 세척수의 온도가 증가함에 따라 단백질의 용해성이 유의적으로($p < 0.05$) 감소하였다. 등심에서 나타난 이 같은 결

과는 뒷다리 부위에서도 동일하게 확인되었는데, 뒷다리 부위는 80℃의 세척수로 처리한 것이 60℃로 처리한 것에 비해 근장단백질의 용해성이 유의적으로 감소한 것으로 나타났다. 근장단백질의 용해성은 뒷다리 부위에 비해 등심 부위가 세척수의 온도에 더욱 민감한 것으로 관찰되었는데, 세척수의 온도 60℃와 70℃ 처리구 사이에도 유의적인($p < 0.05$) 근장단백질 용해성의 차이가 나타났다.

일반적으로 육단백질의 용해성은 단백질의 변성이 이루어지면 감소하기 때문에, 본 실험에서 얻은 이 같은 결과는 돼지도체를 고온의 증기로 세척하면 돈육단백질의 변성이 이루어질 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 이러한 단백질의 변성이 유발되는 것에 기인하여 앞의 육색과 보수력이 영향을 받은 것으로 사료된다. 결론적으로 돈육은 고온증기세척수의 온도가 증가할수록 근장단백질의 변성 정도가 증가하며, 고온증기세척수의 온도가 70℃ 이상이 되는 것은 돈육질에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 피하는 것이 권장된다.

다. 돼지도체의 고온증기 세척방식이 돈육질에 미치는 영향

돼지도체를 고온증기로 세척할 때, 세척방식이 돈육의 육색에 미치는 영향은 Table 7에 나타낸 바와 같다. 앞선 연구에서 얻은 결과로부터 세척은 70℃의 고온증기로 30초가 실시하였는데, 80℃의 고온증기로 세척하였던 결과와 유사하게 세척방식 간에서 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만 봉합식에 비하여 분무식이 돼지등심의 육색에서 낮은 명도와 높은 적색도를 나타내는 경향을 보여, 분무식이 봉합식에 비해 육색에 다소 바람직할 것으로 사료된다.

한편, 고온증기 세척방식이 등심의 pH와 보수력에 미치는 영향은 Table 8에 나타낸 바와 같다. 예상한 바처럼 분무식에 비해 열처리가 다소 높은 봉합식으로 세척한 경우 등심의 최종 pH는 낮은 경향을 보였으나 통계적인 유의성은 확인되지 않았다, 하지만 분무식으로 세척한 도체에서 얻은 등심이 봉합식 세척에 비해 유의적으로($p < 0.05$) 낮은 육즙감량을 나타내었다. 이 같은 결과는 세척방식에 따라 도체 내부의 근육이 받는 열의 정도가 차이가 있다는 것을 의미하며, 그 결과 사후근육의 대사속도와 육단백질과 관련된 보수력이 영향을 받을 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 본 실험 결과, 바람직한 등심의 pH와 보수력을 위해서는 봉합식보다 분무식의 고온증기 세척방식이 좋을 것으로 사료된다.

돼지도체의 고온증기 세척방식이 등심의 단백질 용해성에 미치는 영향은 Table 9에 나타낸 바와 같다. 근장단백질 용해성의 경우, 분무식에 비하여 봉합식에서 유의적으로($p < 0.05$) 낮은 값을 나타내었다. 분무식에 비하여 봉합식의 분무 온도가 오래 유지되는 것이 원인으로 작용한 결과로 사료되며, 이러한 결과로 인하여 총단백질의 용해성도 봉합식에서 유의적으로($p < 0.05$) 낮은 값을 나타낸 것으로 사료된다.

Table 7. Effect of carcass washing type on color (CIE L* a* b*) of pork loin

Treatments ¹⁾	CIE value		
	L*	a*	b*
Spray type	50.48±0.46	7.44±0.25	5.08±1.04
Sealing type	51.09±1.07	6.89±0.54	5.37±0.56

· Means±S.D.

¹⁾ : Washing types were applied at a temperature of 70°C for 30s

Table 8. Effect of carcass washing type on pH and drip loss (%) of pork loin

Treatments ¹⁾	pH	Drip loss
Spray type	5.69±0.07	3.24±0.25^B
Sealing type	5.63±0.10	3.87±0.13 ^A

^{A,B} : Means±S.D. with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

¹⁾ : Washing types were applied at a temperature of 70°C for 30s

Table 9. Effect of carcass washing type on protein solubility of pork loin

Treatments ¹⁾	Total protein solubility	Sarcoplasmic protein solubility	Myofibrillar protein solubility
Spray type	191.87±2.36^A	54.23±1.34^A	137.64±1.44
Sealing type	186.39±2.42 ^B	49.94±2.05 ^B	136.45±1.21

^{A,B} : Means±S.D. with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾ : Washing types were applied at a temperature of 70°C for 30s

라. 돼지도체의 고온증기 세척시간이 돈육질에 미치는 영향

돼지도체의 고온증기 세척시간이 육색에 미치는 영향은 Table 10에 나타낸 바와 같다. 70°C의 세척수를 이용하여 분무식으로 돼지도체를 세척하였을 경우, 등심의 명도는 세척시간이 길어질수록 증가하여 20초와 30초 처리구 사이의 유의적인($p < 0.05$) L*값의 차이가 나타났다. 이 같은 경향은 뒷다리 부위에서도 유사하게 나타났는데, 이는 70°C의 세척수를 이용하여 돼지도체를 세척할 경우 20초 이상이 경과되면 돈육의 육색이 부정적으로 변화할 수 있다는 것을 의미한다. 특히 돼지 등심의 경우 L*값의 변화와 같은 경향으로 적색도인 a*값이 감소하여 20초와 30초 처리

구 사이에 유의적인($p < 0.05$) 차이가 인정되었다. 뿐만 아니라 앞선 실험에서는 고온증기 세척이 육색측정치 중 황색도인 b^* 값에는 영향을 미치지 않은 것으로 나타난 결과와 달리, 본 실험에서는 황색도도 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 70°C의 세척수를 이용하여 돼지도체를 세척하더라도 세척시간이 길어지는 것은 필히 피하는 것이 권장되며 가급적 20초 정도의 세척을 하는 것이 바람직한 육색을 위해 필요할 것으로 사료된다.

Table 10. Effect of carcass washing time on meat color (CIE L^* a^* b^*) of pork

Treatments ¹⁾	CIE values			
	L^*	a^*	b^*	
Loin	10s	50.39±0.66 ^B	10.05±1.63 ^A	5.54±1.71 ^{AB}
	20s	50.85±0.34^B	8.97±0.76^{AB}	6.39±1.28^A
	30s	51.13±0.74 ^A	8.06±0.93 ^B	5.90±1.17 ^{AB}
	60s	52.98±0.92 ^A	7.99±0.88 ^B	4.99±0.86 ^B
Ham	10s	50.29±0.76 ^B	8.83±1.42	5.48±2.38
	20s	51.87±0.44^B	8.19±1.06	6.23±1.48
	30s	52.08±0.49 ^{AB}	7.64±0.93	6.37±1.79
	60s	53.01±1.31 ^A	7.09±2.46	5.82±1.13

^{A,B} : Means±S.D. with different superscript in the same column are significantly different($p<0.05$).

^D : Washing was applied at a temperature of 70°C by spray type.

돼지도체를 70°C의 고온증기로 세척시간을 달리하여 세척할 경우 사후 해당작용의 속도와 양을 추정할 수 있는 돈육의 최종 pH와 보수력에 미치는 영향은 Table 11에 나타난 바와 같다. 뒷다리 부위의 경우 처리 시간에 따른 최종 pH는 유의적인 차이가 인정되지 않았지만, 등심 부위의 경우는 세척시간에 보다 민감하게 반응하여 60초 처리구의 최종 pH가 다른 처리구들에 비해 유의적으로($p<0.05$) 낮은 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 70°C의 고온증기를 이용한 세척시간이 길어지면 사후 도체의 등심근육의 온도가 상승하는 것에 기인하여 사후 해당작용 속도와 양이 영향을 받을 수 있으며, 그 결과 최종 pH가 낮아진다는 것을 의미한다.

일반적으로 돈육의 pH는 보수력과 밀접한 상관관계를 가지고 있다고 알려져 있는데 육의 pH가 육을 구성하고 있는 육단백질들의 등전점인 pH 5.0 부근에 가까워질수록 육의 보수력은 나빠지게 된다. 본 실험에서 비록 뒷다리 부위가 70°C의 고온증기를 이용한 세척시간이 60초까지 길어져도 육의 pH는 영향을 받지 않는 것으로 나타났지만 육즙감량은 유의적으로($p<0.05$) 증가하는 것으로 나타났다. 뒷다리 부위의 60초 세척시간 처리구가 유의적으로 많은 육즙감량을 나타낸 결과는 육의 낮은 최종 pH에 기인한 것보다 70°C의 고온증기로 세척시간이 길어지면서 육단백질의 상태가 영향을 받은 결과로 추정된다. 등심 부위의 경우는 세척시간이 길어지면서 육즙감량이 확연히 증가하였는데, 앞의 pH의 결과와 마찬가지로 70°C의 고온증기로 약 20초가 세척할 경우 가장 적은 육

즙감량을 나타내는 등심 부위를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 결론적으로 돼지도체를 70℃의 고온증기로 세척할 경우, 돈육의 사후해당 속도를 가속화 시키지 않고, 바람직한 보수력의 돈육을 생산하기 위해서는 약 20초의 세척시간이 좋을 것으로 사료된다.

Table 11. Effects of carcass washing time on muscle pH and drip loss (%) of pork

Treatments ¹⁾	pH	Drip loss	
Loin	10s	5.69±0.04 ^{AB}	3.71±0.09 ^B
	20s	5.71±0.05 ^{AB}	3.88±0.34^B
	30s	5.73±0.03^A	4.00±0.13 ^B
	60s	5.64±0.02 ^B	4.54±0.09 ^A
Ham	10s	5.72±0.07	3.86±0.37 ^B
	20s	5.67±0.04	3.37±0.21^C
	30s	5.73±0.06	3.83±0.37 ^B
	60s	5.66±0.08	4.19±0.21 ^A

^{A,B,C} : Means±S.D. with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

¹⁾ : Washing was applied at a temperature of 70℃ by spray type.

돼지도체의 70℃ 고온증기 세척시간이 등심과 뒷다리 부위의 단백질 용해성에 미치는 영향은 Table 12에 나타낸 바와 같다. 두 부위 모두 근원섬유단백질 용해성은 세척시간이 증가하여도 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 근장단백질 용해성은 세척시간이 증가할수록 유의적으로($p < 0.05$) 낮아졌다. 이 같은 결과는 근원섬유단백질 보다 근장단백질이 열에 더욱 민감하다는 것을 의미하는데, 등심은 20초 세척시, 뒷다리 부위는 30초 세척시 근장단백질의 용해성이 유의적으로($p < 0.05$) 감소하는 것으로 나타났다. 세척시간에 따른 근장단백질 용해성의 차이는 총단백질 용해성의 유의적인 차이의 원인으로 작용한 것으로 사료된다.

Table 12. Effect of carcass washing time on protein solubility of pork

Treatments ¹⁾	Total protein solubility	Sarcoplasmic protein solubility	Myofibrillar protein solubility	
Lion	10s	198.07±1.21 ^A	59.81±1.36 ^A	138.26±2.44
	20s	196.42±0.64^B	54.32±2.11^B	142.10±1.73
	30s	190.63±2.04 ^C	51.37±2.56 ^{BC}	139.26±2.36
	60s	188.59±1.87 ^C	48.76±2.23 ^C	139.80±2.09
Ham	10s	199.30±1.03 ^A	59.32±2.54 ^A	139.89±2.01
	20s	196.16±0.85^B	57.84±1.28^{AB}	142.32±3.08
	30s	193.32±1.36 ^C	53.39±3.05 ^B	139.93±2.12
	60s	191.35±1.74 ^C	49.97±0.79 ^C	141.38±1.67

^{A,B,C} : Means±S.D. with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

¹⁾ : Washing was applied at a temperature of 70°C by spray type.

세척시간에 따른 단백질 용해성의 감소는 상기 연구결과의 바람직하지 못한 육색과 보수력의 원인으로 작용한 것으로 사료된다. 따라서 대일 수출돈육의 경우 PSE육의 발생이 국내산 돈육의 가치저하 평가의 직접적인 원인으로 지적되었던 것을 감안하면, 미생물학적 안전성을 증가시키기 위해 고온증기를 이용하여 돼지를 세척하더라도 가급적 도체

가 장시간 열에 노출되지 않는 것이 좋을 것으로 사료된다. 본 연구결과를 종합하면, 70℃ 고온증기로 약 20초간 세척하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

마. 돼지도체의 고온증기 세척이 돈육의 저장성에 미치는 영향

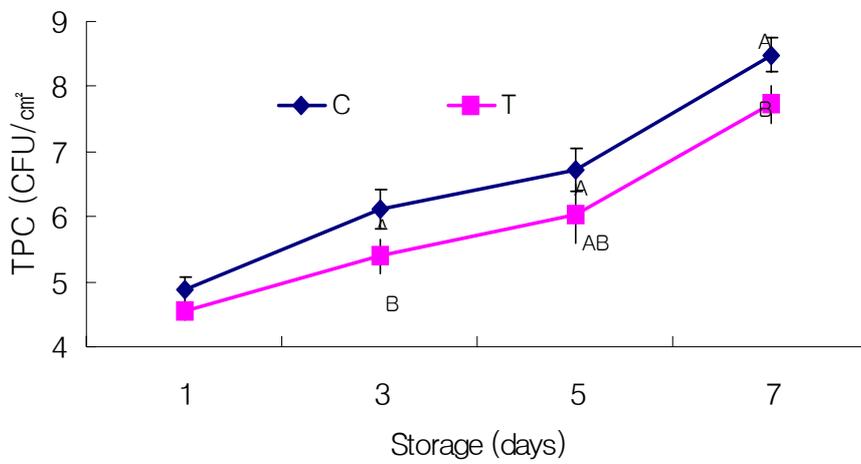


Figure 1. Effect of hot water spray washing on total plate count (log CFU/cm²) of pork loin during cold storage at 4℃

C: Control, T: Hot water spray washing (70℃, 20s)

돼지도체를 70℃ 고온증기로 20초간 세척한 후, 24시간 냉장하고 발골

하여 취한 등심부위를 냉장저장 하면서 조사한 미생물 수의 변화는 Figure 1에 나타낸 바와 같다. 냉장저장기간 동안 대조구와 처리구 모두 미생물 수는 증가하였으나, 대조구에 비해 처리구가 유의적으로($p < 0.05$) 낮은 미생물 수의 증가패턴을 보였다. 이는 도체의 증기세척에 따른 초기 미생물 수가 낮은 것에 기인한 것으로 사료된다.

일반적으로 냉장육의 유통기한은 초기미생물의 수에 의해 결정적으로 영향을 받는 것으로 알려지고 있다. 따라서 부분육의 초기미생물 수를 최소화 하는 것은 유통기한의 연장을 위해 매우 중요한데, 본 실험결과 70℃ 고온증기로 20초간 돼지도체를 세척하면 도체표면의 초기미생물 수를 유의적으로 감소시킬 뿐만 아니라, 그것에 기인하여 도체를 냉각하고 발골하여 부분육으로 작업하여도 부분육의 초기미생물 수를 감소시키는 것으로 사료된다.

돼지 등심에서 나타난 이 같은 결과는 뒷다리 부위에서도 같은 경향으로 나타났는데, 70℃ 고온증기로 20초간 돼지도체를 세척한 후 냉각, 발골한 뒷다리 부위의 냉장저장 중 미생물 수의 변화는 Figure 2에 나타난 바와 같다. 등심 부위와 마찬가지로 저장기간이 경과할수록 미생물의 수는 증가하는 것으로 나타났으나, 3일째부터는 대조구에 비해 처리구에서 유의적으로($p < 0.05$) 낮은 미생물 수를 나타내었다.

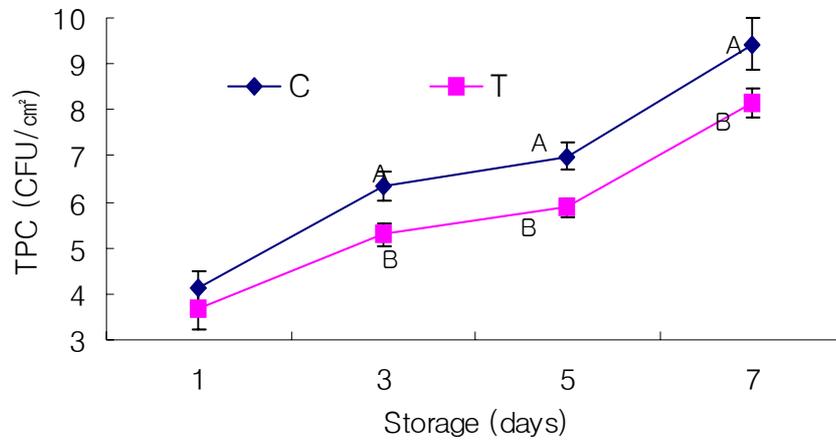


Figure 2. Effect of hot water spray washing on total plate count (log CFU/cm²) of pork ham during cold storage at 4°C

C: Control, T: Hot water spray washing (70°C, 20s)

이 같은 결과는 등심에서 확인된 도축 후 도체의 고온증기 세척 효과에 따른 낮은 초기미생물 수에 기인한 것으로 사료된다. 한편, 등심에 비해 뒷다리 부위의 미생물 수가 높은 것은 등심에 비해 발골·정형 과정이 뒷다리 부위는 상대적으로 복잡한 것에 기인하여 미생물 오염도가 높아졌기 때문인 것으로 사료된다.

실험 결과, 도체표면의 초기미생물의 감소는 부분육의 초기미생물 수의 감소에 영향을 미치며, 그 결과 냉장육의 유통기한을 연장할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 70°C 고온증기로 20초간 돼지도체를 세척하면

도체표면의 초기미생물 수를 유의적으로 감소시켜 수출부위인 등심과 뒷다리 부위의 냉장육 유통기간을 연장시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Table 13. Effect of vacuum package on total plate count (log CFU/cm²) of hot water washed pork during cold storage

Treatments	Storage (days)			
	1	3	5	7
Air	3.7±0.4	4.5±0.6	6.2±0.5 ^A	8.0±0.3 ^A
Vacuum	3.5±0.4	3.9±0.3	4.6±0.4 ^B	5.7±0.1 ^B

^{A,B} : Means±S.D. with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

한편, 고온증기로 세척한 도체에서 생산된 등심 부위를 합기포장과 진공포장하여 냉장저장하면서 조사한 미생물 수의 변화는 Table 13에 나타난 바와 같은데, 진공포장된 시료가 냉장저장 기간 동안 합기포장에 비해 미생물 수가 느리게 증가하는 것으로 나타났다. 그 결과, 저장 5일째부터 합기포장에 비하여 진공포장이 유의적으로(p<0.05) 미생물 수가 낮은 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 돼지도체의 고온증기 세척이 부분육 작업 후 진공포장으로 연속적으로 이루어진다면 냉장돈육의 유통기한을 보다 효과적으로 연장할 수 있다는 것을 의미한다.

제 2 절 돼지도체 세척수 개발 및 세척수에 따른 최적 품질조건 설정

1. 연구수행 방법

본 연구는 경상대학교 농업생명과학대학 동물자원과학부 식육과학 연구실 식육처리가공장과 부경양돈농협 육가공공장 두 곳에서 이루어졌다. 제 1 세부과제 수행을 위한 예비실험은 경상대학교 부속농장에서 사육된 돼지를 3차에 걸쳐 간이 도축한 후, 자체 제작한 돼지도체 세척기로 이분도체 중 좌도체는 세척수 처리를 하였고 우도체는 대조구로 이용하여 실험을 하였다. 예비실험을 통해 습득된 결과를 바탕으로 부경양돈농협 육가공장에서 상업적으로 도축된 돼지도체들 중 임의로 선정한 도체를 대상으로 예냉실 입고 전에 세척기를 이용하여 좌도체를 대상으로 세척수를 분무하여 처리구로 사용하였다. 제 2 세부과제 수행을 위해 세척이 완료된 도체들은 24시간 냉장 후, 표면 총균수, 육질관련 항목 또는 병원성미생물 수를 측정하여 처리구별로 비교분석하였다.

실험은 모두 7회에 걸쳐 실시되었으며, 실험에 따라 예비실험과 반복 실험을 실시하였고, 시료의 수는 처리구당 최소한 3도체가 될 수 설계하였다. 제 1, 제 2 세부과제를 종합하여 실시된 실험은 다음과 같다.

<실험 1> 세척수 종류별 미생물 억제 효과 구명

돼지 9두를 간이 도축하여 이분제한 직후, Electrolyzed Oxidizing(EO) water와 1%로 조정된 acetic acid 및 lactic acid water 3 Liter로 좌도체를 세척하였고, 24시간 냉각 후 표면 총균수를 측정하여 세척수 종류별 미생물의 억제 효과를 비교 검토하였다.

<실험 2> 세척수 종류별 미생물 억제 최적 농도, 온도 및 처리량 구명

도축이 완료된 27마리의 돼지도체를 임의 선정한 후, 좌도체를 0.5%, 1%, 1.5% 및 2%로 조정된 acetic acid와 lactic acid 3 Liter로 세척한 다음, 24시간 냉각 후 표면 총균수를 비교 검토하였다.

세척수의 온도가 미생물 억제에 미치는 효과를 알아보하고자, 36두의 돼지도체를 1.5% acetic 및 lactic acid의 온도를 45℃, 65℃, 75℃ 및 85℃로 조정하여 세척한 다음, 24시간 냉각후 표면 총균수를 비교하였다.

세척수의 처리량에 따른 미생물 억제 효과를 알아보하고자, 30두의 돼지도체를 임의로 선정하여 75℃의 acetic acid와 lactic acid를 각각 1, 2, 3, 및 6 Liter로 세척한 다음, 24시간 냉각후 표면 총균수를 비교하였다.

<실험 3> 표면 총균수를 억제하는 최적 혼합세척수 조건 구명

일반 세척수(수도물), acetic acid, lactic acid 및 1.5% acetic acid + 1.5% lactic acid (1:1)를 각각 15℃와 75℃로 구분하여 돼지도체 40두를

세척한 다음, 24시간 냉각하여 표면 총균수를 비교하였다.

<실험 4> 세척수 종류가 돈육품질에 미치는 효과 구명

Electrolyzed Oxidizing(EO) water와 1%로 조정된 acetic acid 및 lactic acid water 3 Liter로 좌도체를 세척하였고, 24시간 냉각후 등심근의 pH, 육색, 보수력, TBARS, 단백질용해성, 가열감량, 전단가 및 관능검사를 조사하여 비교 검토하였다.

<실험 5> 세척수 온도가 돈육품질에 미치는 효과 구명

임의로 선정된 36두의 돼지도체의 좌도체를 1.5% acetic 및 lactic acid의 온도를 45℃, 65℃, 75℃ 및 85℃로 조정하여 세척한 다음, 24시간 냉각후 발골 정형한 등심부위와 뒷다리 부위의 육질항목을 조사하여 비교하였다.

<실험 6> 육질에 영향을 주지 않는 최적 혼합세척수 조건 구명

수도물, acetic acid, lactic acid 및 acetic acid + lactic acid (1:1)를 각각 처리농도(0.5, 1, 1.5 및 2%)와 온도 45℃, 65℃, 75℃ 및 85℃로 구분하여 돼지도체를 세척한 다음, 24시간 냉각하여 발골 분할 한 등심과 뒷

다리부위의 육질(pH, 육색, 보수력, 단백질용해성, 가열감량, 전단가, TBARS 및 관능검사)을 비교하였다.

<실험 7> 유기산 세척이 병원성 미생물 살균에 미치는 효과 구명

간이 도축한 돼지도체에 Salmonella, E-Coli, 및 Listeria를 혼합하여 만든 각테일을 분무하고, 다시 이를 세척수의 종류별, 온도별, 처리량별로 세척하여 24시간 냉장시킨 후 살균정도를 비교하였다.

2. 재료 및 방법

돼지도체 세척수 개발을 위하여 1차 실험은 경상대학교 식육처리가공장에서 간이 도축한 돼지도체를 이용하여 실시하였고, 현장적용 실험을 위해 참여기업인 부경양돈농협 육가공공장에서 상업적 방법으로 도축된 도체를 임의 공시하여 세척수의 종류별, 온도별, 처리량에 따른 도체표면 미생물(총세균수)의 변화를 조사하였다. 실험은 계절을 달리하여 반복 실험을 실시하였다. 미생물오염도를 최소화할 수 있는 세척수의 조건을 구명하여 최적의 혼합세척수를 설정하였고, 이의 처리량 및 처리 부위에 따른 도체표면미생물 수를 2차로 조사하였다. 처리량은 1차에서는 Liter 단위로 실시하였고, 현장적용을 위해 2차로 처리시간별(10초, 20초, 30초 및 60초)로 미생물오염도를 측정하였다. 미생물오염도를 최소화할

수 있는 최적의 온도, 처리시간, 농도를 고려하여 3가지 방식을 동시에 접목시켜 미생물오염도를 최소화할 수 있는 조건을 설정하였다. 또한, 최적의 효과를 얻을 수 있는 조건 설정을 위하여 도체부위별, 복강 쪽과 체외지방 쪽의 미생물 수를 측정함으로써 상업적 도축장에서 이용되는 세척 방식의 문제점인 오염원의 잔류가능성에 대하여 돼지도체 세척수의 효과를 측정하였다.

세척수 종류, 온도, 농도 및 처리시간에 따른 최적 품질조건 설정을 위하여 외관적인 평가(육색, 육즙삼출)에 기초하여 도축 직후 정상육이라 판명되는 돼지도체 60두를 선발하여 좌도체는 세척수 종류에 따른 온도, 처리시간 및 농도별로 처리하였으며, 각각의 우도체는 대조구로 설정하여 처리하였다. 각각의 처리조건하에서 세척수 분무 후 미생물오염도를 측정한 다음, 4℃ 예냉실에서 24시간 예냉 후 수출부위인 등심과 뒷다리 부위를 분리하여 돈육질 분석(최종 pH, 육색, 보수력, 가열감량, 전단가, 단백질용해성 및 관능검사)을 실시하였다. 세척수의 개발을 통한 수출부위의 유통기간 연장에 미치는 효과를 구명하기 위하여 저장기간 별(1, 3, 7일) 지방산패도(TBARS)를 측정하였다.

세척수로 사용된 용액은 acetic acid와 lactic acid는 시약용을 구입하여 희석비율로 제조하여 사용하였으며, EO-water는 ROX-20TA EO water generator (Hoshizaki Electric Co. Ltd., Japan)를 이용하여 제조하였다.



세척수 및 유기산 배출구



Lactic acid 분무 모습



Acetic acid 분무 모습

3. 실험항목

가. 도체표면 총균수

도체표면 총균수는 반도체의 체외부에서 3곳(어깨부위, 등심부위, 뒷다리부위)과 복강부에서 4곳(복강쪽, 불살, 체외지방 및 목살)을 측정하였다. 미생물 채취는 swab법을 이용하여 10cm²의 template를 대고 멸균시킨 면봉으로 일정한 횟수와 방향(가로, 세로 각 10회)으로 문지른 후 멸균 희석수에 넣고 적절한 비율로 희석하여 총세균수는 희석액을 aerobic petrifilm에 1ml를 접종하여 2일간 배양한 후 균락수를 계수하였다.

나. 육색

육색은 Minolta Chromameter(Model CR-210, Minolta Co. LTD. Japan)를 사용하여 동일한 시료를 5회 반복 측정하였으며, 이때 표준색관은 L*=89.2, a*=0.921, b*=0.783으로 하였다.

다. 수소이온농도(pH)

시료를 적당한 크기(3×3×3cm)로 절단하고 3mm 플레이트로 chopping 한 후 50ml 튜브에 시료 3g과 증류수 27ml(1:9)를 함께 넣어 Polytron homogenizer(IKAT25basic, MALASIA)로 14,000rpm에서 10초간 균질하여 pH-meter(MP230, Mettler, Switzerland)로 측정하였다.

라. 보수력(육즙감량)

직경 50mm 코어를 이용하여 시료를 채취 후 무게를 측정하고, 뚜껑이 있는 플라스틱 상자(18×15×10cm)에 매달아 48시간 냉장저장(4℃)에서 저장하면서 저장 후 육즙의 감량을 백분율로 산출하였다.

$$\text{육즙감량(\%)} = (A-B)/A \times 100$$

(A: 저장전 육의 중량, B: 저장후 육의 중량)

마. 단백질용해성

단백질용해성은 총단백질과 근장단백질 용해성을 측정하였다. 근장단백질은 근육 1g에 0.025M potassium phosphate buffer(pH7.2) 10ml을 사용하여 균질화시키고, 4℃에서 24시간 흔들여 준 후, 1500g에서 20분간 원심분리시켜 현탁액 속의 농도를 뷰렛반응에 의해 측정하였다. 총단백질은 시료 1g에 0.1M sodium phosphate buffer(pH7.2)에 1.1M

potassium iodide를 혼합한 20ml을 사용하여 균질화시켜 4℃에서 24시간 보관 후, 1,500g에서 20분간 원심분리시켜 현탁액 속의 농도를 뷰렛반응에 의해 측정하였다. 근원섬유단백질 농도는 총단백질과 근장단백질 용해도 차이에 의해 계산하였다.

바. 가열감량

직경 50mm 코어를 이용하여 시료를 채취 후 무게를 측정하고, 지퍼팩을 이용하여 샘플을 담은 후 70℃ 중심온도에서 30분간 가열 후 육즙의 감량을 백분율로 산출하였다.

$$\text{가열감량(\%)} = (A-B)/A \times 100$$

(A: 가열전 육의 중량, B: 가열후 육의 중량)

사. TBARS

신선육의 산화정도는 시료 5g에 butylated hydroxyanisole(BHA) 50 μl 와 증류수 15ml를 가해 polytorn homogenizer(MSE, U. S. A)로 14,000rpm에서 30초간 균질화시킨 후 균질액 1ml를 시험관에 넣고 여기에 2ml thiobarbituric acid(TBA)/trichloroacetic acid(TCA) 혼합용액을 넣어 완전히 혼합한 다음, 90℃의 항온수조에서 15분간 열처리한 후 냉각시켜 3,000rpm에서 10분간 원심분리시켰다. 원심분리한 sample의 상층을 회수하여 spectrophotometer 531nm에서 흡광도를 측정했다.

$$TBARS = \text{흡광도 수치} \times 5.88$$

아. 전단가

전단력은 INSTRON을 이용하여 표준화 후 시료가 완전히 절단될 때 최고의 수치를 측정하였다. INSTRON의 범위는 다음과 같다.

- * Range: 10kg
- * Load : 50kg
- * Chart speed : 100/min
- * Cross head speed : 100/min

자. 관능평가

관능검사는 잘 훈련된 관능검사요원 5명을 선발하여 각 시험구 별로 9점 척도법으로 관능검사를 실시하였다.

1) 신선육

신선육의 경우, 향(1-3 : 약함, 4-6 : 보통, 7-9 : 강함), 육색(1-3 : 창백함, 4-6 : 보통, 7-9 : 어두움), 불쾌취(1-3 : 약함, 4-6 : 보통, 7-9 : 강함), 육즙삼출(1-3 : 적음, 4-6 : 보통, 7-9 : 많음), 기호성(1-3 : 좋지않음, 4-6 : 보통, 7-9 : 좋음)으로 판별하였다.

2) 가열육

가열육의 경우, 향(1-3 : 약함, 4-6 : 보통, 7-9 : 강함), 냄새(1-3 : 약함, 4-6 : 보통, 7-9 : 강함), 불쾌취(1-3 : 약함, 4-6 : 보통, 7-9 : 강함), 연도(1-3 : 질김, 4-6 : 보통, 7-9 : 연함), 다즙성(1-3 : 적다, 4-6 : 보통, 7-9 : 많다), 기호성(1-3 : 좋지않음, 4-6 : 보통, 7-9 : 좋음)으로 실시하였다.

차. 통계 분석

이상의 실험에서 얻어진 성적을 SAS/PC+ (SAS, 1996) system을 이용하여 분산분석 및 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

4. 결과 및 고찰

가. 유기산 세척수 및 EO-water의 도체세척이 도체표면의 총균수 감소에 미치는 효과

돼지도체 세척수의 사용에 따른 돼지도체 표면의 총미생물수 변화를 Table 14에 나타내었다. 일반물로 세척한 대조구에 비해 EO-water나 유기산 용액으로 세척한 처리구에서 유의적인 미생물의 감소가 나타났다. 처리구간 비교에서 유기산 용액의 처리구간에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, EO-water의 사용은 유기산 용액과 비교해 볼 때, 돼지도체의 표면 미생물수를 유의적으로 감소시키는 것으로 나타났다.

이 같은 결과는 돼지의 도축공정에서 초기 미생물수를 줄이기 위해서 세척이 얼마나 중요한 지를 명확히 보여주었으며, 특히 예냉실 입고 전

에 일반수도물로 한번 더 세척하는 것만으로도 초기 미생물수를 10배 이상 감소시킬 수 있다는 것을 보여주었다.

Table 14. Effect of washing waters on total plate count (log CFU/cm²) of pork carcass surfaces

Washing waters*	Total plate count (log CFU/cm ²)	
	Before washing	After washing
Water	4.68	3.12 ^A
EO-water	4.81	0.55 ^C
1% Acetic acid	5.02	1.78 ^B
1% Lactic acid	4.99	1.69 ^B

^{A,B,C} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

* : Carcasses were washed with 3 Liters of washing waters.

예상한 바처럼 유기산 용액을 세척수에 1% 희석하는 것은 도체표면의 초기 미생물수를 획기적으로 줄이는 것으로 나타났다. 본 실험은 경상대학교 식육처리가공장에서 간이 도축한 돼지도체를 대상으로 실시되었는데, 이 같은 초기 미생물수는 우리나라 영세 도축장의 수준과 비슷한 것으로, 향후 이러한 도축장들에서 도축되는 돼지들의 초기미생물수를 감

소시켜 돈육의 안전성을 확보하기 위해서 유기산 세척수의 사용이 적극 권장되었다.

pH 2.2 정도의 Electrolyzed Oxidizing water는 강한 산성에 기인하여 돼지도체 표면의 미생물수를 유기산 세척수에 비해 월등히 감소시키는 것으로 나타났다. 그러나 3 Liter의 EO-water로 세척한 도체가 24시간 냉각이 끝나고 난 후, 도체표면의 갈색화가 상당히 심하게 발생하는 결과를 보였다. 이 같은 EO-water의 특성은 아무리 미생물의 수를 감소시키는 효과가 탁월하다고 할지라도 등지방의 산패와 육색소의 산화를 유발시키는 정도가 너무 심해 도체의 품질에 치명적인 영향을 미치는 바, 세척수로서의 사용에는 부적합하다는 결론을 내릴 수밖에 없었다. 따라서 이후 실험에서는 EO-water의 사용을 제외시켰다. 따라서 본 연구팀은 3년차 연구에서는 EO-water 대신하여 최근 미생물 억제 능력이 탁월하다고 알려지고 있는 오존수(Ozonated water)를 이용하여 실험을 실시하였다.

나. 세척수의 유기산 농도가 도체표면의 총균수 감소에 미치는 효과

유기산 세척수의 농도를 달리 하였을 때 돼지도체 표면의 총미생물수의 변화를 Table 15에서 나타내었다. 앞의 실험과 마찬가지로(Table 14) 세척수 처리가 효과적으로 표면 미생물 수를 감소시키는 것으로 나타났으며, 유기산의 농도가 증가할수록 미생물 감소에 효과가 유의적으로 ($p < 0.05$) 높아졌다.

Acetic acid의 경우 농도가 0.5% 정도여도 대조구인 일반물에 비해 미

생물 제거효과가 약 10배 정도(약 1log) 향상되는 것으로 나타났으며, 그 농도가 1%가 되면 0.5%에 비해 다시 약 10배 정도 미생물 제거효과가 상승하는 것으로 나타났다. Acetic acid의 이러한 미생물 제거효과는 농도를 1.5%로 증가해도 지속적으로 향상되어, 1% 처리구와 1.5% 처리구 사이에 총균수는 유의적인($p < 0.05$) 차이가 나타났다. 하지만 acetic acid의 농도가 2%인 경우에는 비록 미생물의 제거효과가 상승되었지만 1.5% 처리구와 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 따라서 acetic acid를 이용하여 돼지도체를 세척할 경우 최적의 미생물 제거효과를 얻기 위해서는 1.5% 농도를 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료되었다.

한편, lactic acid의 경우도 acetic acid와 매우 유사한 결과를 보였는데, 농도가 0.5%에서 1.5%까지 증가하면 미생물의 제거효과도 약 10배씩 상승하는 것으로 나타났다. 또한 acetic acid와 마찬가지로 1.5% 처리구와 2.0% 처리구 사이에 미생물 제거 효과는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 따라서 lactic acid를 이용하여 돼지도체를 세척할 경우에도 1.5%의 농도를 사용하는 것이 최적의 미생물 제거효과를 얻기 위해 바람직할 것으로 사료되었다.

Table 15. Effect of organic acid concentration in washing water on total plate count (log CFU/cm²) of pork carcass surfaces

Washing waters*		Total plate count (log CFU/cm ²)	
		Before washing	After washing
water	-	3.94	3.29
	0.5%	3.87	2.75 ^A
Acetic acid	1%	3.61	1.89 ^B
	1.5%	3.42	1.12 ^C
	2%	3.63	0.93 ^C
Lactic acid	0.5%	3.56	2.96 ^A
	1%	3.48	1.78 ^B
	1.5%	3.09	1.29 ^C
	2%	3.29	0.98 ^C

^{A,B,C} : Means with different superscript in the same column are significantly different (p < 0.05).

* : Carcasses were washed with 3 Liters of washing waters.

다. 유기산 세척수의 온도가 도체표면의 총균수 감소에 미치는 효과

유기산 농도 1.5% 세척수의 온도에 따른 돼지도체 표면의 총미생물수의 변화를 Table 16에서 나타내었다. 모든 처리구에서 세척수의 온도가 상승함에 따라 미생물 수는 유의적으로($p < 0.05$) 감소하였다. 특히 일반수도물도 온도를 75°C로 올리면 효과적으로 초기 미생물수를 감소시킬 수 있는 것으로 나타났으며, 이는 유기산의 사용과 큰 차이가 없는 효과로 인정되었다. 이 같이 일반수도물을 돼지도체에 고온으로 처리하면 표면 미생물의 수가 유의적으로 감소하는 결과는 1차년도 고온증기 세척의 결과를 확인하는 것이다.

한편, 유기산의 경우도 65°C와 75°C 사이에는 약 1 log 정도의 미생물수 감소효과가 있었으나, 75°C와 85°C 사이에는 미생물수의 유의적인 감소가 나타나지 않았다. 따라서 돼지도체 표면의 초기 미생물수를 효과적으로 감소시킬 수 있는 최적의 세척수 온도는 세척수 종류에 상관없이 75°C가 적당할 것으로 사료되었다.

Table 16. Effects of temperature of washing water on total plate count (log CFU/cm²) of pork carcass surfaces

Washing waters*		Total plate count (log CFU/cm ²)	
		Before washing	After washing
water	45 °C	4.27	3.59 ^A
	75 °C	4.36	1.59 ^B
	85 °C	4.42	1.39 ^B
Acetic acid	45 °C	3.98	2.57 ^A
	65 °C	3.92	1.87 ^{AB}
	75 °C	4.06	1.33 ^B
	85 °C	3.92	0.93 ^B
Lactic acid	45 °C	5.08 ^A	3.74 ^A
	65 °C	4.21 ^B	2.42 ^A
	75 °C	4.02 ^B	1.31 ^B
	85 °C	3.97 ^B	1.10 ^B

^{A, B} : Means with different superscript in the same column are significantly different (p < 0.05).

* : Carcasses were washed with 3 Liters of 1.5% organic acid washing waters.

라. 유기산 세척수의 분무량이 도체표면의 총균수 감소에 미치는 효과

75℃, 1.5% 유기산 세척수의 처리량에 따른 돼지도체 표면의 총미생물 수의 변화를 Table 17에서 나타내었다. 모든 처리구에서 세척수의 처리량이 증가할수록 총미생물 수는 유의적으로 감소하였다. 앞선 실험결과와 유사하게 acetic acid와 lactic acid는 매우 유사한 미생물 수의 감소 효과를 나타내었으며, 두 유기산 처리구 공히 1 Liter나 2 Liter의 처리량에 비하여 3 Liter의 처리량이 유의적으로($p < 0.05$) 초기 미생물 수를 감소시킨 것으로 나타났다. 하지만 처리량 3 Liter와 6 Liter 사이에는 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 따라서 75℃, 1.5% 유기산으로 돼지도체를 세척할 경우 약 3 Liter 정도를 사용하는 것이 효과적인 미생물 제거를 위해 바람직 할 것으로 사료되었다.

Table 17. Effects of amount of washing water on total plate count (log CFU/cm²) of pork carcass surfaces

Washing waters*	Total plate count (log CFU/cm ²)		
	Before washing	After washing	
water	3 Liters	4.25	1.45
	6 Liters	4.21	1.21
Acetic acid	1 Liters	4.24	2.90 ^A
	2 Liters	4.31	2.27 ^B
	3 Liters	4.07	1.65 ^C
	6 Liters	4.11	1.30 ^C
Lactic acid	1 Liters	4.21	2.97 ^A
	2 Liters	4.30	2.38 ^{AB}
	3 Liters	3.99	1.33 ^B
	6 Liters	4.08	0.97 ^B

^{A,B,C} : Means with different superscript in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

* : Carcasses were washed with 75°C, 1.5% organic acid washing waters.

마. 혼합유기산 세척수 사용이 도체표면의 총균수 감소에 미치는 효과

돼지 도체의 초기 미생물 수를 최소화하기 위한 세척수의 최적 조건을 설정하기 위해 혼합세척수를 조제하여 실험한 결과를 Table 18에 나타내었다. 모든 결과는 앞선 실험에서 얻은 결과와 유사하여 세척수의 온도가 15℃일 경우, 유기산 세척수가 효과적으로 미생물 수를 감소시킨 것으로 나타났으나 온도를 75℃로 증가시킬 경우 일반수도물과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 acetic acid와 lactic acid를 혼합할 경우 미생물 감소에 더욱 효과적일 것으로 예상되었으나 결과는 그렇지 않은 것으로 나타났다. 비록 수치상으로는 혼합액을 사용할 경우 미생물 수가 약간 감소한 것으로 나타났으나 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 따라서 굳이 혼합액을 사용하지 않고 acetic acid나 lactic acid를 단독으로 사용하여도 무방할 것으로 사료되었다.

Table 18. Effects of mixed organic acid and temperature of washing water on total plate count (log CFU/cm²) of pork carcass surfaces

Washing waters*	Total plate count (log CFU/cm ²)		
	Before washing	After washing	
15°C	W	4.31	3.42 ^A
	A	4.42	1.87 ^B
	L	4.28	1.75 ^B
	A + L	4.45	1.48 ^B
75°C	W	4.39	1.67
	A	4.54	1.38
	L	3.98	1.33
	A + L	4.34	1.28

^{A,B} : Means with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

* W; water, A: 1.5% acetic acid, L: 1.5% lactic acid.
Carcasses were washed with 3 Liter of washing waters.

바. 유기산 세척수가 도체의 부위별 총균수 감소에 미치는 효과

Table 19. Differences in total plate count (log CFU/cm²) on different point of carcass surface after washing with organic acid washing water

Washing water*	Carcass surface	Total plate count (log CFU/cm ²)	
		Before washing	After washing
Water	Ham	4.12	2.48 ^B
	Belly	3.89	2.87 ^{AB}
	Boston butt	4.29	2.71 ^{AB}
	Picnic	4.26	2.43 ^B
	Abdominal cavity	5.46	3.39 ^A
	Jowl	5.28	3.21 ^{AB}
Acetic acid	Ham	3.98	1.76 ^B
	Belly	3.93	1.86 ^{AB}
	Boston butt	4.56	2.30 ^{AB}
	Picnic	4.19	2.19 ^{AB}
	Abdominal cavity	5.69	1.76 ^B
	Jowl	5.76	2.49 ^A
Lactic acid	Ham	4.06	1.49 ^{AB}
	Belly	4.00	1.95 ^{AB}
	Boston butt	4.27	2.16 ^{AB}
	Picnic	4.33	2.36 ^{AB}
	Abdominal cavity	5.58	1.77 ^B
	Jowl	5.28	2.48 ^A

^{A,B} : Means with different superscript in the same column are significantly

different($p < 0.05$).

* : Carcasses were washed with 3 Liter of 1.5% organic acid washing waters.

농도 1.5%의 유기산 세척수를 3 Liter를 사용하여 돼지 도체를 세척하였을 때 돼지도체의 부위별 총미생물수 감소변화를 Table 19에 나타내었다. 도체 표면 미생물 검사 결과, 모든 도체부위에서 유기산 세척수의 사용이 일반수도물과 비교하여 효과적으로 미생물 수를 감소시키는 것으로 나타났다. 특히, 도체세척시 물이 고일 수 있는 복강 쪽에 있어 유기산 세척수의 사용이 일반수도물에 비해 2 log 정도 미생물 수를 감소시키는 것으로 나타났다.

사. 돼지도체의 유기산 세척수 사용이 돈육의 pH, 육색 및 보수력에 미치는 영향

돼지도체를 유기산 세척수로 세척하였을 때, 등심과 뒷다리 부위의 육색(명도), 보수력(육즙감량) 및 pH의 변화를 Table 20에 나타내었다. 일반물과 같은 온도인 15°C의 유기산 세척수는 유기산의 종류 및 농도에 관계없이 육색과, 보수력 및 pH에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 따라서 사후 근육의 온도에 지대한 영향을 받는 육색, 보수력, pH 등은 15°C 유기산 세척수를 사용한다면 어떤 농도를 사용하여도 육질에는 부정적인 영향을 미치지 않을 것으로 사료되었다.

한편, 유기산 세척수의 미생물 살균효과를 높이기 위해 온도를 증가시키면 고온증기 세척과 마찬가지로 돈육질에 부정적인 영향을 미칠 것으

로 예상되는바, 유기산 세척수의 온도가 돈육 등심과 뒷다리의 육색, 육즙감량 및 pH에 미치는 영향을 Table 21에 나타내었다. 예상한 바대로 세척수의 온도가 증가할수록 명도와 육즙감량은 유의적으로($p < 0.05$) 증가했으며, pH도 감소하는 경향을 보였다. 특히, 세척수의 온도를 85°C로 증가시키면 L*값이 유의적으로($p < 0.05$) 증가하는 것으로 나타났으며, 육즙감량도 유의적으로($p < 0.05$) 증가하여 육질에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 같은 경향은 등심 부위와 뒷다리 부위 모두에서 확인되었으며, 따라서 세척수의 온도는 75°C 이상 증가시키는 것은 부적절하다고 사료되었다.

다른 한편, 75°C의 1.5% 농도의 유기산 세척수를 돼지도체에 분무량을 달리하여 처리하였을 때, 돼지 등심과 뒷다리부위의 육색, 육즙감량 및 pH의 변화를 Table 22에 나타내었다. 세척수의 온도를 증가시키면 육질에 부정적인 영향을 미치는 것과 마찬가지로, 75°C의 세척수의 처리량이 증가할수록 명도와 육즙감량은 유의적으로($p < 0.05$) 높아졌으며, pH는 유의적으로($p < 0.05$) 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터 75°C의 세척수를 사용할 경우, 최소한 3 Liter 이상의 처리는 육질에 부정적인 영향을 미치는 것으로 사료되었다. 세척수의 종류별로는 유의적인 육질의 차이를 나타내지 않았다. 따라서 이상의 결과를 종합해 보면, 육색과 보수력 및 사후대사속도는 세척수의 종류에 관계없이 온도와 처리량에 따라 결정적인 영향을 받는 것으로 사료되었다.

Table 20. Effect of organic acid concentration in washing water on pH, color (CIE L*) and drip loss of pork loin and ham

Washing waters ¹⁾		CIE L*	Drip loss %	pH	
Loin	Water	46.62	3.44	5.62	
	Acetic acid	0.5%	46.83	4.58	5.57
		1%	45.46	3.97	5.82
		1.5%	47.34	4.87	5.67
		2%	47.58	3.58	5.49
		Lactic acid	0.5%	44.35	3.98
	1%		47.63	4.64	5.72
	1.5%		45.52	4.04	5.75
	2%		46.56	3.69	5.68
	Ham	Water	44.43	3.68	5.62
Acetic acid		0.5%	46.57	4.29	5.65
		1%	44.85	4.32	5.67
		1.5%	47.42	3.73	5.59
		2%	43.73	4.06	5.55
		Lactic acid	0.5%	46.76	4.32
1%			45.53	3.74	5.69
1.5%			47.66	3.42	5.56
2%			45.75	4.26	5.57

¹⁾ : Carcasses were washed with 3 Liters of washing waters at 15°C.

Table 21. Effect of temperature of washing water on pH, color (CIE L*) and drip loss of pork loin and ham

Washing waters ¹⁾		CIE L*	Drip loss %	pH
Water	45 °C	47.47 ^B	3.52 ^B	5.62
	65 °C	49.36 ^{AB}	4.32 ^B	5.64
	75 °C	48.54 ^B	4.82 ^B	5.55
	85 °C	52.48 ^A	6.48 ^A	5.54
Loin	Acetic acid	45 °C	47.41 ^C	5.67 ^B
		65 °C	46.68 ^C	4.35 ^B
		75 °C	49.54 ^B	5.42 ^{AB}
		85 °C	54.72 ^A	6.38 ^A
Loin	Lactic acid	45 °C	48.45 ^B	5.64 ^{AB}
		65 °C	47.63 ^B	4.44 ^B
		75 °C	48.52 ^B	4.63 ^B
		85 °C	52.76 ^A	6.54 ^A
Water	45 °C	48.43 ^B	3.68 ^B	5.82
	65 °C	49.46 ^B	4.03 ^B	5.78
	75 °C	50.32 ^B	4.87 ^{AB}	5.67
	85 °C	55.32 ^A	5.82 ^A	5.53
Ham	Acetic acid	45 °C	48.57 ^B	5.65
		65 °C	51.85 ^{AB}	4.52 ^B
		75 °C	50.53 ^B	4.54 ^B
		85 °C	54.43 ^A	5.79 ^A
Ham	Lactic acid	45 °C	47.76 ^B	5.65 ^{AB}
		65 °C	47.75 ^B	4.74 ^B
		75 °C	49.52 ^B	4.42 ^B
		85 °C	53.64 ^A	6.67 ^A

^{A,B,C} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

^D : Carcasses were washed with 3 Liters of washing waters at 15°C.

Table 22. Effect of amount of washing water on pH, color (CIE L*) and drip loss of pork loin and ham

Washing waters ¹⁾		CIE L*	Drip loss %	pH	
Water	1 Liters	44.52 ^B	2.84 ^C	5.72 ^B	
	2 Liters	46.54 ^B	3.55 ^{BC}	5.84 ^B	
	3 Liters	49.27 ^{AB}	4.68 ^B	5.55 ^{AB}	
	6 Liters	54.28 ^A	7.53 ^A	5.46 ^A	
Loin	Acetic acid	1 Liters	43.55 ^C	3.32 ^C	5.87 ^B
		2 Liters	45.25 ^C	3.38 ^C	5.62 ^B
		3 Liters	48.84 ^B	4.88 ^B	5.71 ^B
		6 Liters	53.86 ^A	6.46 ^A	5.49 ^A
Loin	Lactic acid	1 Liters	45.73 ^C	3.83 ^B	5.74 ^B
		2 Liters	46.88 ^C	3.44 ^B	5.82 ^B
		3 Liters	49.21 ^B	5.72 ^A	5.58 ^{AB}
		6 Liters	53.56 ^A	6.21 ^A	5.48 ^A
Water	1 Liters	47.72 ^B	4.24 ^B	5.84 ^B	
	2 Liters	48.48 ^B	4.68 ^B	5.76 ^B	
	3 Liters	49.63 ^B	4.54 ^B	5.66 ^B	
	6 Liters	54.58 ^A	7.58 ^A	5.48 ^A	
Ham	Acetic acid	1 Liters	46.38 ^B	4.84 ^B	5.85 ^B
		2 Liters	46.54 ^B	4.67 ^B	5.73 ^B
		3 Liters	48.63 ^B	5.44 ^B	5.54 ^{AB}
		6 Liters	55.45 ^A	8.49 ^A	5.42 ^A
Ham	Lactic acid	1 Liters	45.55 ^C	3.45 ^C	5.82 ^B
		2 Liters	47.82 ^B	4.84 ^B	5.74 ^B
		3 Liters	48.94 ^B	4.53 ^B	5.55 ^{AB}
		6 Liters	54.57 ^A	6.35 ^A	5.48 ^A

A,B,C : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾ : Carcasses were washed with 75°C, 1.5% organic acid washing waters.

아. 돼지도체의 유기산 세척수 사용이 돈육의 단백질 용해성, 조리감량, 전단가 및 지방산화에 미치는 영향

세척수의 온도가 돼지 등심과 뒷다리 부위의 단백질 용해성에 미치는 영향을 Table 23에 나타내었다. 세척수의 온도가 증가할수록 총단백질의 용해성은 유의적으로($p < 0.05$) 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 근장단백질의 용해성이 감소한 것에 기인하는 것으로 나타났다. 근원섬유단백질의 용해성은 온도처리에 따른 영향을 크게 받지 않은 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 제 1차년도 고온증기를 이용한 돼지도체의 세척 결과와 매우 유사한 것으로 유기산 세척수도 온도를 증가시키면 육단백질의 변성을 유발할 수 있다는 것을 의미한다. 또한 앞선 실험의 결과와 마찬가지로 75°C 이상의 유기산 세척수의 사용은 처리량과 비례하여 근장단백질의 변성이 유발될 수 있을 것으로 사료된다. 결과적으로 돈육 단백질의 용해성은 세척수의 종류에 관계없이 온도나 처리량에 많은 영향을 받는 것으로 사료되었다.

한편, 세척수의 온도가 등심과 뒷다리 부위의 가열감량과 전단가에 미치는 영향은 Table 24에 나타낸 바와 같은데, 세척수의 온도나 처리량에 영향을 받은 보수력과는 달리 가열감량은 크게 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 이미 정육상태에서 육즙감량에 차이를 보인 결과에 기인하여 조리시 감량되는 수분의 양이 큰 차이를 나타내지

않은 것으로 사료되었다. 그러나 전단력의 경우는 세척수의 온도가 증가함에 따라 유의적으로($p < 0.05$) 증가하는 것으로 나타났는데, 이 또한 정육내 수분의 감소가 전단력 증가에 영향을 미쳤기 때문으로 사료되었다. 전단력의 차이는 세척수의 종류보다는 등심과 뒷다리의 부위 간의 차이가 더욱 큰 경향을 보였다.

다른 한편, 유기산 세척수의 사용이 돈육 등심과 뒷다리 부위의 냉장 중 지방산화에 미치는 영향을 Table 25에 나타내었다. 전 처리구에서 저장 3일까지는 유의적인 TBARS 값의 변화를 나타내지 않았으나, acetic acid 처리구의 등심과 lactic acid 처리구의 뒷다리 부위에서 저장 7일째에 유의적인($p < 0.05$) TBARS 값의 차이를 나타내었다. 이 같은 결과는 유기산 처리의 온도가 높아질수록 지방산화가 촉진된다는 것을 의미하는데, 이는 유기산의 특성과 고온의 조건에 기인한 결과로 사료되었다. 특히 유기산 세척수의 온도가 85℃일 경우에 지방산화가 더욱 촉진되는 것으로 나타나 세척수의 온도를 75℃ 이상으로 증가시키는 것은 돈육의 산패를 억제하기 위해 필히 피해야 할 것으로 사료되었다.

Table 23. Effects of temperature of washing water on protein solubilities of pork

Washing waters*		Total protein solubility	Sarcoplasmic protein solubility	Myofibrillar proteinsolubility	
Loin	Water	45°C	192.21 ^A	58.53 ^A	133.68
		65°C	186.32 ^{AB}	54.38 ^{AB}	131.94
		75°C	181.82 ^B	51.84 ^B	129.98
		85°C	172.32 ^C	42.45 ^C	129.87
	Acetic acid	45°C	195.45 ^A	58.45 ^A	137.00
		65°C	185.48 ^B	55.45 ^A	130.03
		75°C	178.55 ^{BC}	47.45 ^{AB}	131.10
		85°C	171.92 ^C	43.58 ^B	128.34
Lactic acid	45°C	198.32 ^A	62.23 ^A	136.09	
	65°C	187.63 ^B	56.46 ^{AB}	131.17	
	75°C	178.56 ^{BC}	54.21 ^B	124.35	
	85°C	172.75 ^C	42.55 ^C	130.20	
Ham	Water	45°C	198.42 ^A	58.64 ^A	139.78
		65°C	189.52 ^B	54.43 ^{AB}	135.09
		75°C	174.68 ^C	48.82 ^B	125.86
		85°C	172.38 ^C	42.84 ^B	129.54
	Acetic acid	45°C	196.52 ^A	61.44 ^A	135.08
		65°C	192.38 ^{AB}	58.22 ^A	134.16
		75°C	185.63 ^B	49.52 ^B	136.11
		85°C	174.46 ^C	43.89 ^C	130.57
	Lactic acid	45°C	194.72 ^A	59.82 ^A	134.90
		65°C	188.44 ^{AB}	54.76 ^{AB}	133.68
		75°C	182.48 ^B	48.43 ^B	134.05
		85°C	173.62 ^C	42.69 ^C	130.93

^{A,B,C} : Means with different superscript in the same column are significantly

different($p < 0.05$).

* : Carcasses were washed with 3 Liters of washing waters.

Table 24. Effects of temperature of washing water on cooking loss % and shear force of pork loin and ham cuts

Washing waters*		Cooking loss (%)	Shear force (kg/cm ²)	
Loin	Water	45°C	28.32	3.27 ^B
		65°C	27.41	4.32 ^{AB}
		75°C	29.45	4.86 ^{AB}
		85°C	31.22	6.42 ^A
Loin	Acetic acid	45°C	28.42	4.45 ^B
		65°C	26.38	4.85 ^B
		75°C	26.85	5.15 ^{AB}
		85°C	29.94	6.38 ^A
Loin	Lactic acid	45°C	28.34	3.28 ^C
		65°C	27.69	4.57 ^B
		75°C	28.54	5.11 ^{AB}
		85°C	27.73	5.82 ^A
Ham	Water	45°C	29.41	4.64 ^C
		65°C	28.36	4.63 ^C
		75°C	24.64	5.52 ^B
		85°C	27.34	6.85 ^A
Ham	Acetic acid	45°C	26.56	4.45 ^C
		65°C	29.33	4.22 ^C
		75°C	25.66	5.83 ^B
		85°C	27.47	6.89 ^A
Ham	Lactic acid	45°C	29.73	4.32 ^C
		65°C	28.48	5.36 ^B
		75°C	28.42	6.22 ^{AB}
		85°C	27.63	6.69 ^A

^{A,B,C} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

* : Carcasses were washed with 3 Liters of washing waters.

Table 25. Effect of temperature of washing water on lipid oxidation (TBARS) of pork loin and ham during cold storage

Washing waters*		TBARS (mg/kg)			
		Day 1	Day 3	Day 7	
Loin	Water	45°C	0.19	0.20	0.24
		65°C	0.18	0.23	0.24
		75°C	0.17	0.24	0.26
		85°C	0.19	0.24	0.26
	Acetic acid	45°C	0.16	0.22	0.25 ^B
		65°C	0.19	0.24	0.26 ^B
		75°C	0.20	0.24	0.28 ^{AB}
		85°C	0.17	0.24	0.31 ^A
	Lactic acid	45°C	0.18	0.21	0.26
		65°C	0.16	0.23	0.28
		75°C	0.19	0.23	0.30
		85°C	0.19	0.24	0.29
Ham	Water	45°C	0.19	0.21	0.24
		65°C	0.18	0.23	0.25
		75°C	0.16	0.23	0.25
		85°C	0.18	0.24	0.26
	Acetic acid	45°C	0.17	0.20	0.25 ^B
		65°C	0.17	0.23	0.28 ^A
		75°C	0.18	0.23	0.29 ^A
		85°C	0.20	0.23	0.31 ^A
	Lactic acid	45°C	0.18	0.21	0.24 ^B
		65°C	0.16	0.22	0.26 ^B
		75°C	0.17	0.23	0.29 ^A
		85°C	0.19	0.23	0.29 ^A

^{A,B} : Means with different superscript in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

* : Carcasses were washed with 3 Liters of washing waters at 15°C.

Table 26. Effect of temperature of washing water on penal test scores of fresh pork loin and ham

Washing waters*		Color	Aroma	Off-flavor	Drip	Acceptability	
Loin	Water	45°C	6.9 ^A	5.2 ^A	1.1	1.9	6.6 ^A
		65°C	6.4 ^B	4.3 ^{AB}	1.0	2.0	5.8 ^{BC}
		75°C	6.2 ^B	3.6 ^B	1.3	2.3	5.7 ^{BC}
		85°C	5.3 ^C	3.2 ^B	1.9	2.8	4.5 ^B
	Acetic acid	45°C	6.4 ^A	2.8	2.4	3.1	6.4 ^A
		65°C	6.2 ^A	3.6	1.3	2.3	6.7 ^A
		75°C	5.8 ^{AB}	3.2	2.9	2.8	5.5 ^{BC}
		85°C	5.0 ^B	2.8	4.4	3.1	4.4 ^C
	Lactic acid	45°C	7.2 ^A	3.5	2.5	2.4	6.9 ^A
		65°C	5.9 ^B	3.9	2.3	2.9	5.4 ^B
		75°C	5.6 ^B	4.0	3.2	3.1	5.8 ^B
		85°C	5.1 ^C	2.4	4.3	3.3	4.5 ^C
Ham	Water	45°C	7.4 ^A	5.6 ^A	2.1	1.6	6.6
		65°C	6.6 ^B	5.4 ^A	1.7	2.2	5.8
		75°C	6.2 ^C	3.7 ^B	2.8	2.8	5.2
		85°C	5.3 ^D	3.2 ^B	3.1	3.4	4.8
	Acetic acid	45°C	7.0 ^A	4.5 ^A	2.6	2.4	6.5 ^A
		65°C	6.9 ^A	4.5 ^A	2.8	2.9	6.2 ^A
		75°C	6.5 ^B	3.4 ^B	2.4	3.9	5.9 ^A
		85°C	5.2 ^C	3.2 ^B	3.1	3.6	4.0 ^B
	Lactic acid	45°C	7.2 ^A	4.5	1.8	2.6	6.6 ^A
		65°C	6.9 ^A	4.2	2.0	2.4	6.5 ^A
		75°C	6.6 ^B	3.5	2.8	2.9	6.1 ^A
		85°C	5.3 ^C	3.1	3.2	3.4	3.6 ^B

^{A,B,C} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

* : Carcasses were washed with 3 Liters of washing waters at 15°C.

Color (1-3: pale, 4-6: normal, 7-9: dark), Aroma (1-3: weak, 4-6: moderate, 7-9: strong), Off-flavor (1-3: weak, 4-6: moderate, 7-9: strong), Drip (1-3: small, 4-6: moderate, 7-9: large), Acceptability (1-3: dislike, 4-6: moderate, 7-9: like).

Table 27. Effect of temperature of washing water on penal test scores of cooked pork loin and ham

Washing waters*		Color	Flavor	Tenderness	Juiciness	Acceptability	
Loin	Water	45°C	5.2	3.5	6.2	4.7	5.5
		65°C	5.6	3.9	5.6	4.6	5.4
		75°C	5.2	4.2	5.5	4.0	5.2
		85°C	4.8	3.6	5.3	4.4	5.0
	Acetic acid	45°C	5.1	3.8	6.1	4.8	5.6
		65°C	5.7	3.9	5.8	4.4	5.4
		75°C	5.5	3.8	5.5	4.3	5.2
		85°C	4.9	3.3	5.2	4.2	5.1
	Lactic acid	45°C	5.6	3.4	5.8	5.2	5.2
		65°C	5.3	4.1	5.9	4.8	5.3
		75°C	5.4	4.0	5.4	4.5	5.4
		85°C	5.2	3.9	5.5	4.2	4.8
Ham	Water	45°C	5.4	4.3	6.4	5.4	5.8
		65°C	5.5	3.9	5.8	5.1	5.4
		75°C	5.2	3.8	5.6	5.4	5.2
		85°C	5.2	3.6	5.2	4.6	4.5
	Acetic acid	45°C	5.4	4.6	5.8	4.8	5.6
		65°C	5.5	4.3	5.8	4.6	5.4
		75°C	5.2	4.5	5.8	4.2	5.4
		85°C	5.1	4.2	5.4	4.2	5.2
	Lactic acid	45°C	5.5	4.3	6.2	5.2	5.4
		65°C	5.3	4.5	6.0	4.6	5.6
		75°C	5.3	4.4	5.9	4.5	5.4
		85°C	4.8	4.3	5.4	4.2	5.1

^{A,B,C} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

* : Carcasses were washed with 3 Liters of washing waters at 15°C.

Color (1-3: pale, 4-6: normal, 7-9: dark), Flavor (1-3: weak, 4-6: moderate, 7-9: strong), Tenderness (1-3: tough, 4-6: moderate, 7-9: tender), Juiciness (1-3: small, 4-6: moderate, 7-9: large), Acceptability (1-3: dislike, 4-6: moderate, 7-9: like).

자. 돼지도체의 유기산 세척수 사용이 돈육의 관능적 특성에 미치는 영향

유기산 세척수의 온도가 신선돈육과 가열돈육의 관능적 특성에 미치는 영향을 각각 Table 26과 27에 나타내었다. 일반세척수의 경우에도 온도가 증가하면 육색과 전체적인 기호성이 유의적으로($p < 0.05$) 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 85°C의 경우에 관능적 기호도가 유의적으로($p < 0.05$) 감소하는 것으로 나타났다. 이 같은 경향은 유기산 세척수의 경우에도 같은 경향으로 나타나, 세척수의 온도 증가에 따른 육색과 전체적인 기호도가 감소하였다. 부위별의 차이에서는 뒷다리 부위가 등심에 비해 온도에 따른 향미가 유의적으로($p < 0.05$) 감소하는 것으로 나타났다. 하지만 가열육의 경우에는 전반적인 경향은 신선육과 유사하였지만 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

제 3 절 돼지도체의 유기산 및 오존세척수 세척 방식이 병원성미생물 사멸과 돈육의 품 질에 미치는 효과

1. 연구수행방법

본 연구의 제 3차년도 실험은 유기산 세척수가 병원성미생물의 사멸에 미치는 효과를 집중적으로 탐구하였으며, 아울러 제 2차년도 실험결과 제외된 EO-water 대신 최근 미생물 사멸효과가 높다고 보고되고 있는 오존수(Ozonated water)를 대상으로 돼지도체세척수로서 그 사용가능성에 대하여 탐구하였다.

유기산 세척수의 연구는 분무식을 채택하여 실시하였으며, 병원성 미생물 중 대표적인 대장균, 살모넬라, 리스테리아를 이용하여 그 살균효과를 알아보았고, 최적의 세척방식을 구명하였다. 오존세척수는 2차년도의 유기산 세척수와 마찬가지로 효과적인 분무방식, 시간 등을 구명하였으며 최적의 품질조건도 설정하였다. 모든 실험에 사용된 시료는 제 1세 부과제에서 처리된 도체에 대해 외국으로 수출하는 부위인 등심과 뒷다리를 이용하였으며, 반복수는 외관적인 평가(육색과 육즙삼출)에 기초하여 정상육으로 판단되는 돼지 36두씩을 각 실험별로 선별하여 실험 재료로 이용하였다.

본 실험에 사용된 오존수 제조기기는 경기도 시흥시 소재 AST(Advanced Scientific Technology)에서 제공 받아 오존수의 처리농도별, 처리시간별, 분무량에 따른 미생물 사멸효과와 오존세척수의 분무

에 따른 돈육품질을 측정하였다.



오존수 생성기기



오존농도 측정

가. 유기산 세척수의 분무가 돼지도체 표면의 총균수 감소에 미치는 효과

도축이 완료된 36두의 돼지도체를 1.5% acetic 및 lactic acid의 온도를 45℃, 70℃ 및 80℃로 조정하여 10초, 20초 및 30초 동안 세척한 다음, 24시간 냉각 후 표면 총균수를 비교하였다.

나. 유기산 세척수의 분무가 병원성 미생물의 사멸에 미치는 효과

유기산 세척수가 도체표면의 병원성 미생물의 사멸에 미치는 효과를 알아보고자, 각각의 *S. typhimurium*, *E. coli* 및 *L. monocytogenes*을 도체표면에 $10^5/100\text{ml}$ 씩 분무도포한 후, 1.5% acetic 및 lactic acid의 온도를 45℃, 70℃ 및 80℃로 조정하여 10초, 20초 및 30초 동안 세척한 다음, 24시간 냉각 후 표면에 존재하는 각각의 병원성 미생물 수를 조사하

였다.

다. 유기산 세척수의 사용이 육색과 보수력에 미치는 영향

도축이 완료된 36두의 돼지도체를 1.5% acetic 및 lactic acid의 온도를 45℃, 70℃ 및 80℃로 조정하여 10초, 20초 및 30초 동안 세척한 다음, 24시간 냉장 후 발골하여 등심 부위를 시료로 채취한 후, 육색(CIE L*a*b*)과 보수력(육즙감량)을 측정하였다.

라. 오존수 세척이 돼지도체의 표면 총균수 감소에 미치는 효과

도축이 완료된 36두의 돼지도체를 임의 선정 후, 좌도체를 0.5ppm, 1ppm, 2ppm 및 3ppm으로 조정된 오존수 3 Liter로 세척한 다음, 24시간 냉장 후 표면 총균수를 비교 검토하였다. 오존수의 처리량에 따른 미생물 억제 효과를 알아보기로, 36두의 돼지도체를 임의로 선정하여 1ppm의 오존수를 1, 2, 3 및 6 Liter로 세척한 다음, 24시간 냉장 후 표면 총균수를 비교하였다. 오존수의 세척시간에 따른 미생물 억제에 미치는 효과를 알아보기로, 36두의 돼지도체를 1ppm의 오존수로 10초, 20초, 30초 및 60초 동안 세척한 다음, 24시간 냉장 후 표면 총균수를 비교하였다.

마. 돼지도체의 오존수 세척이 돈육질에 미치는 효과

오존수의 도체세척이 돈육품질에 미치는 영향을 알아보기로, 오존수의

세척방식과 세척량에 따른 등심과 뒷다리 부위의 pH, 육색, 보수력, 가열 감량, 전단가, TBARS 및 단백질 용해성 등의 변화를 조사하였다.

바. 오존세척수가 병원성 미생물 사멸에 미치는 효과

오존세척수의 분무가 병원성 미생물 수에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 각각의 *S. typhimurium*, *E. coli* 및 *L. monocytogenes*을 도체표면에 $10^6/1,000\text{ml}$ 씩 분무도포한 후, 오존수의 세척방식과 세척량에 따른 각 병원성 미생물의 수를 측정하였다.

2. 재료 및 방법

참여기업인 부경양돈농협에서 생산되는 돼지도체를 각 실험별로 36두씩 임의로 선발하여 경상대학교 식육처리가공장으로 운송한 후 실험에 이용하였다. 대표적인 병원성 미생물인 *Escherichia Coli* (ATCC #25922), *Salmonella typhimurium* (ATCC #14028) 및 *Listeria monocytogenes* (KCTC #3569)에 유기산 세척이 어떠한 효과를 가지는지 알아보려고, 각 병원성미생물이 포함된 1,000ml 각테일을 제조하여 돼지도체에 각각 분무한 후 세척수의 조건별로 세척한 후 각 미생물의 생존수를 조사하였다. 제 1 세부과제 수행을 위해 세척에 사용된 기기는 자체 제작하였으며, 세척수 분무는 분무시간별로 처리를 달리하였다. 제 2 세부과제 수행을 위해 병원성미생물의 조사 후 돈육질에 미치는 영향을 알아보려고 등심과 뒷다리 부위를 분할, 발골, 정형하여 육색 및 보

수력을 측정하였다.

오존세척수 개발을 위하여 정상육이라 판명되는 돼지 36두를 참여기업인 부경양돈농협으로부터 제공받아 경상대학교 식육과학연구실로 이송한 후, 오존세척수의 분무가 미생물수의 변화에 미치는 영향 및 돈육 품질에 미치는 영향을 구명하였다. 먼저, 오존이 포함된 세척수 분무량(1, 2, 3 및 6 Liters), 분무시간(10, 20, 3 및 60초), 처리농도(0.5, 1, 2 및 3ppm)로 나누어 분무식 및 봉합식의 각기 다른 분무방식에 따라 오존세척수를 분무함으로써 돼지도체 복강쪽 및 체외지방쪽의 표면 총균수를 조사하였다. 또한 위와 동일한 분무량, 분무시간 및 처리농도에 따른 총균수, *S. typhimurium*, *E. coli* 및 *L. monocytogenes* 측정함으로써, 오존세척수의 분무량 및 분무방식이 병원성 미생물수에 미치는 영향을 조사하였다. 아울러 오존세척수의 분무가 돈육품질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 분무량 및 분무방식을 달리하여 pH, 육색, 보수력, 가열감량, 전단가, TBARS 및 단백질 용해성 등의 품질평가를 실시하였다.

3. 실험 항목

가. 도체표면 총균수

도체표면 총균수는 반도체의 체외부에서 3곳(어깨부위, 등심부위, 뒷다리부위)과 복강부에서 4곳(복강쪽, 불살, 체외지방 및 목살)을 측정하였다. 미생물 채취는 swab법을 이용하여 10cm²의 template를 대고 멸균시킨 면봉으로 일정한 횟수와 방향(가로, 세로 각 10회)으로 문지른 후 멸

균 희석수에 넣고 적절한 비율로 희석하여 총세균수는 희석액을 aerobic petrifilm에 1ml를 접종하여 2일간 배양한 후 균락수를 계수하였다.

나. 병원성미생물

식중독을 유발시키는 대표적인 미생물인 *Escherichia Coli* (ATCC #25922), *Salmonella typhimurium* (ATCC #14028) 및 *Listeria monocytogenes* (KCTC #3569)을 구입하여 해동시킨 후 37℃ incubator에서 16시간 동안 배양시켜 1,000ml cocktail(각 병원성미생물은 10⁶CFU/ml를 포함) 제조하여 도체에 분무하였다. 분무 후 24시간 배양 후 균락수를 계수하였다.

Escherichia Coli (ATCC #25922)



Listeria monocytogenes (KCTC #3569)



Salmonella typhimurium (ATCC #14028)

<병원성 미생물의 균락 형성 모습>

다. 육색

육색은 Minolta Chromameter(Model CR-210, Minolta Co. LTD.

Japan)를 사용하여 동일한 시료를 5회 반복 측정하였으며, 이때 표준색 판은 $L^*=89.2$, $a^*=0.921$, $b^*=0.783$ 으로 하였다.

라. 수소이온농도(pH)

시료를 적당한 크기(3×3×3cm)로 절단하고 3mm 플레이트로 chopping 한 후 50ml 튜브에 시료 3g과 증류수 27ml(1:9)를 함께 넣어 Polytron homogenizer(IKAT25basic, MALASIA)로 14,000rpm에서 10초간 균질하여 pH-meter(MP230, Mettler, Switzerland)로 측정하였다.

마. 보수력(육즙감량)

직경 50mm 코어를 이용하여 시료를 채취 후 무게를 측정하고, 뚜껑이 있는 플라스틱 상자(18×15×10cm)에 매달아 48시간 냉장저장(4℃)에서 저장하면서 저장 후 육즙의 감량을 백분율로 산출하였다.

$$\text{육즙감량(\%)} = (A-B)/A \times 100$$

(A: 저장전 육의 중량, B: 저장후 육의 중량)

바. 단백질용해성

단백질용해성은 총단백질과 근장단백질 용해성을 측정하였다. 근장단백질은 근육 1g을 0.025M potassium phosphate buffer(pH7.2) 10ml에 넣고 균질하여 4℃에서 24시간 흔들어 준 후, 1500g에서 20분간 원심분리를 실시한 다음, 현탁액의 단백질 농도를 뷰렛반응에 의해 측정하였다.

총단백질은 시료 1g에 0.1M sodium phosphate buffer(pH7.2)에 1.1M potassium iodide를 혼합한 20ml을 사용하여 균질하여 4℃에서 24시간 보관 후, 1,500g에서 20분간 원심분리를 실시하고, 현탁액 속의 농도를 뷰렛반응에 의해 측정하였다. 근원섬유단백질 농도는 총단백질과 근장단백질 용해도 차이에 의해 계산하였다.

사. 가열감량

직경 50mm 코어를 이용하여 시료를 채취 후 무게를 측정하고, 지퍼팩을 이용하여 샘플을 담은 후 70℃ 중심온도에서 30분간 가열 후 육즙의 감량을 백분율로 산출하였다.

$$\text{가열감량(\%)} = (A-B)/A \times 100$$

(A: 가열전 육의 중량, B: 가열후 육의 중량)

아. 전단가

전단력은 INSTRON을 이용하여 0.00을 맞춘 다음 시료가 완전히 절단될 때 수치를 측정하였다. INSTRON의 범위는 다음과 같다.

- * Range: 10kg
- * Load : 50kg
- * Chart speed : 100/min
- * Cross head speed : 100/min

자. TBARS(지방산패도)

지방산패도 정도는(TBARS)는 Burge와 Aust(1978)의 방법을 이용하여 시료 5g에 BHA(Butylated Hydroxytoluence) 50 μ l와 증류수 15ml를 넣고 13,000rpm에서 10초간 균질화(IKA model T-25Basic, Malaysia)시켰다. 균질액 2ml에 TBA/TCA 혼합용액 4ml를 넣고 교반기에서 10초간 혼합 후 90 $^{\circ}$ C water bath에서 15분간 가열 반응시켰다. 냉각수로 식힌 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리(Hanil model Union 5kr, Korea)시킨 후 상층을 회수하여 Spectrophotometer(Spectronic model Genesys 5, U.S.A.) 531nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같은 계산식에 의해서 나타내었다.

$$\text{TBARS} = \text{Absorbance} \times 5.88$$

3. 결과 및 고찰

가. 유기산 세척수의 분무가 돼지도체 표면의 총균수 감소에 미치는 효과

유기산 세척수의 종류 및 분무시간이 돼지도체 표면의 총미생물 수에 미치는 효과를 Table 28에서 나타내었다. 고온의 일반수도물의 경우, 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 분무시간이 증가할수록 미생물 수는

감소하는 경향을 나타내었다. 유기산세척수의 경우, 세척온도와 시간이 증가할수록 총균수는 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 70-80℃에서 30 초 이상의 분무시에는 미생물이 전혀 검출되지 않은 것으로 나타났다. 따라서 세척수의 분무시 온도 및 시간은 미생물 수에 직접적인 영향을 미치며, 유기산 처리시 고온의 일반수도물로 세척하는 것에 비하여 높은 미생물 사멸 효과를 가질 것으로 사료된다.

Table 28. Effect of spray washing with organic acid on reducing of total plate count (log CFU/cm²) on the surface of pork carcasses

Treatments ¹⁾	Spray washing times (seconds)			
	10	20	30	
water	15℃		3.49	
	80℃	2.57	1.97	0.70
Acetic acid	45℃	2.96	2.26	1.98
	70℃	2.28	1.06	0
	80℃	2.08	0.30	0
Lactic acid	45℃	2.04	1.81	1.23
	70℃	1.24	0.78	0
	80℃	0.99	0	0

¹⁾ : Washing was applied on concentration of 1.5% of organic acid.

나. 유기산 세척수의 분무가 병원성 미생물의 사멸에 미치는 효과

유기산 세척수의 종류 및 조건에 따른 병원성미생물인 E-coli 수, salmonella 수 및 Listeria 수의 변화를 각각 Table 29, 30 및 31에 나타내었다. 모든 처리구에서 세척수의 분무시간과 온도가 증가할수록 E-coli의 수는 감소하는 것으로 나타났다. 특히 80℃ 고온의 일반수도물로 30초간 분무세척을 실시한 경우 E-coli는 검출되지 않는 것으로 나타났다. 특히, 80℃ 유기산 처리시, 20초의 분무에도 E-coli가 사멸하는 것으로 나타났다. 하지만 앞선 연구에서 80℃의 세척수 사용이 미생물학적 안전성에는 매우 효과가 높았지만 돈육질에는 부정적인 효과를 유발한 것을 고려한다면, 세척수의 온도는 70℃를 유지하는 것이 바람직할 것이며, 이 경우에는 최소한 20초 이상의 처리 시간을 두어야 E-coli가 사멸될 것으로 사료된다. 즉, acetic acid와 lactic acid 모두 70℃에서 30초의 세척시간에 E-coli가 모두 사멸된 것으로 나타났다. 따라서 유기산 세척수는 일반수도물의 세척에 비하여 온도를 낮추어도 E-coli를 사멸하는 효과가 있을 것으로 생각된다.

Table 29. Effect of spray washing with organic acid on reducing of *E. coli* (log CFU/cm²) on the surface of pork carcasses

Treatments ¹⁾	Spray washing times (seconds)			
		10	20	30
water	15°C	-	-	2.32
	80°C	1.99	0.43	0
Acetic acid	45°C	2.15	1.88	1.21
	70°C	1.22	0.41	0
	80°C	0.79	0	0
Lactic acid	45°C	2.04	1.81	1.23
	70°C	1.24	0.78	0
	80°C	0.99	0	0

¹⁾ : Washing was applied on concentration of 1.5%.

각각의 병원성 미생물을 대상으로 한 실험에서 대장균에서 나타난 결과는 salmonella 수와 Listeria 수에도 같은 경향으로 나타났다. 즉, 세척수의 온도와 분무 시간이 병원성미생물인 salmonella의 수를 감소시킬 뿐만 아니라 특정 조건하에서는 사멸시키는 것으로 나타났다. Table 30에 나타난 바와 같이 80°C의 일반수도물로 돼지도체를 30초간 세척하면 도체표면에 존재할 수 있는 salmonella를 모두 제거할 수 있는 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 앞의 E-coli를 대상으로 한 실험의 결과와 같은 것이며, Table 31에 나타난 Listeria의 결과와도 동일한 것이다. 유기

산 세척수의 경우, 70℃에서 30초간 세척을 하면 salmonella를 모두 제거할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 acetic acid나 lactic acid를 이용한 돼지도체를 세척할 경우, 도체표면에 존재할 수 있는 salmonella를 완전히 제거하기 위해서는 70℃에서 30초간 처리하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

Table 30. Effect of spray washing with organic acid on reducing of *S. typhimurium* (log CFU/cm²) on the surface of pork carcasses

Treatments ¹⁾	Spray washing times (seconds)			
	10	20	30	
water	15℃	-	-	2.69
	80℃	2.04	1.40	0
Acetic acid	45℃	2.56	1.86	1.32
	70℃	1.44	0.71	0
	80℃	1.18	0	0
Lactic acid	45℃	2.22	1.79	1.20
	70℃	1.24	0.78	0
	80℃	1.04	0	0

¹⁾ : Washing was applied on concentration of 1.5%.

유기산 세척수가 E-coli나 salmonella의 제거에 미치는 효과는 Listeria에도 거의 유사하게 나타났다(Table 31). Listeria 역시 세척수의

온도가 증가할수록 감소나 사멸효과가 높아졌으며, 일반수도물로도 80℃에서 30초간 세척을 하면 *Listeria*를 제거할 수 있는 것으로 나타났다. 하지만 유기산 세척수의 경우에는 70℃에서 30초간 세척하면 *Listeria*를 제거할 수 있는 것으로 나타났다. 유기산 종류 사이에 병원성 미생물의 살균효과에 대한 차이는 없는 것으로 나타났으며, acetic acid와 lactic acid 모두 70℃에서 20초 세척을 할 경우 실험에 이용된 모든 병원성 미생물들을 완전히 제거할 수 없는 것으로 나타났다. 결론적으로 유기산 세척수는 병원성 미생물의 제거를 고려한다면 최소한 70℃에서 30초 이상 세척하여야 할 것으로 사료된다.

Table 31. Effect of spray washing with organic acid on reducing of *L. monocytogenes* (log CFU/cm²) on the surface of pork carcasses

Treatments ¹⁾	Spray washing times (seconds)			
	10	20	30	
water	15℃	-	-	2.36
	80℃	1.92	0.23	0
Acetic acid	45℃	2.36	1.66	1.08
	70℃	1.29	0.47	0
	80℃	1.01	0	0
Lactic acid	45℃	2.40	1.78	0.97
	70℃	1.31	0.39	0
	80℃	0.97	0	0

¹⁾ : Washing was applied on concentration of 1.5%.

Acetic acid와 lactic acid의 혼합용액 사용이 병원성 미생물의 살균효과를 Table 32에 나타내었다. 유기산 세척수의 온도가 15℃일 경우에 acetic acid와 lactic acid의 혼합용액을 제조하여 세척을 하면 병원성 미생물을 제거하는 효과가 배가될 것으로 예상하였으나, 실험결과 혼합용액의 사용이 단일용액의 사용과 비교하여 그 효과가 상승된다고는 할 수 없었다. 또한 세척수의 온도가 80℃일 경우에는 단일용액과 혼합용액 모두 20초의 세척으로 모든 병원성 미생물을 사멸시키는 효과가 있는 것으로 나타났는데, 향후 혼합용액의 온도가 70℃일 경우 단일용액에 비해 살균효과가 상승할 것인지에 대해 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다. 본 연구 결과만을 토대로 할 경우, 15℃의 조건이라면 혼합용액의 사용은 실험에 사용된 모든 병원성 미생물의 제거를 위해 큰 의미가 없을 것으로 생각된다.

Table 32. Effects of mixed organic acid and temperature of washing water on pathogens (log CFU/cm²) of pork carcass surfaces

Washing waters ¹⁾	Pathogens			
	E-coli	Salmonella	Listeria	
15°C	W	2.67	2.31	2.54
	A	0.75	1.32	0.85
	L	0.34	0.78	0.83
	A + L	0.41	0.45	0.64
80°C	W	0.42	1.28	0.23
	A	0	0	0
	L	0	0	0
	A + L	0	0	0

¹⁾ W: water, A: 1.5% acetic acid, L: 1.5% lactic acid.

Carcasses were washed for 20 seconds with washing waters.

다. 유기산 세척수의 사용이 육색과 보수력에 미치는 영향

유기산 세척수의 종류와 분무조건이 돈육질 특성인 육색, 특히 명도에 미치는 영향을 Table 33에 나타내었다. 1.5%농도의 유기산 세척수의 분무시간이 10초에서 30초로 증가할수록 명도가 높아지는 경향을 나타냈으며, 세척수의 온도가 증가할수록 명도가 유의적(p<0.05)으로 높아졌다.

이처럼 돈육의 명도가 세척수의 온도에 민감한 것은 앞선 실험의 결과와 같은 것으로, 비록 유기산 세척수의 온도 80℃가 모든 병원성 미생물의 살균에 효과적일지라도 육질을 고려한다면 그 사용에 제한을 받을 수밖에 없다는 것을 의미한다. 또한 유기산 세척수의 온도 70℃의 경우에도 세척시간이 30초가 되면 명도가 유의적으로($p < 0.05$) 낮아지는 것으로 나타나, 70℃의 유기산 세척수의 세척시간은 20초 정도가 바람직할 것으로 사료되었다.

Table 33. Effect of spray washing with organic acid on color (CIE L*) of pork loin

Treatments ¹⁾	Spray washing times (seconds)			
	10	20	30	
water	15℃	-	-	45.41 ^B
	80℃	46.45 ^c	50.97 ^{Ab}	54.85 ^{ABa}
Acetic acid	45℃	44.09	45.18 ^B	46.21 ^B
	70℃	45.22 ^b	48.03 ^{ABab}	54.36 ^{ABa}
	80℃	45.29 ^b	48.00 ^{ABb}	55.18 ^{ABa}
Lactic acid	45℃	44.39	45.38 ^B	45.42 ^B
	70℃	44.98 ^b	47.06 ^{ABab}	53.44 ^{ABa}
	80℃	45.61 ^b	48.18 ^{ABab}	56.92 ^{Aa}

^{A,B} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

^{a,b} : Means with different superscript in the same raw are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾ : Washing was applied on concentration of 1.5%.

유기산 세척수의 온도와 세척시간이 육색에 미치는 효과는 육즙감량에도 유사하게 나타났는데(Table 34), 유기산 세척수의 온도와 분무시간이 증가할수록 육즙감량이 유의적으로($p < 0.05$) 증가하였다. 특히, 유기산 세척수의 온도가 70-80℃일 경우, 30초의 세척이 이루어지면 보수력에 매우 바람직하지 못한 결과를 초래하였다. 따라서 앞의 유기산 세척수의 병원성 미생물의 제거조건을 함께 고려할 때, acetic acid 또는 lactic acid를 이용한 세척수는 농도 1.5%, 온도 70℃의 조건에서 약 20초 정도 세척하는 것이 병원성 미생물 제거뿐만 아니라 육색이나 보수력에 부정적인 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

Table 34. Effect of spray washing with organic acid on drip loss (%) of pork loin

Treatments ¹⁾	Spray washing times (seconds)			
	10	20	30	
water	15°C	-	-	2.34 ^E
	80°C	2.82 ^b	4.92 ^{ABab}	4.94 ^{BCa}
Acetic acid	45°C	2.79	2.90 ^C	2.91 ^D
	70°C	2.90 ^c	3.44 ^{BCb}	4.52 ^{Da}
	80°C	2.92 ^c	5.00 ^{Ab}	5.34 ^{Aa}
Lactic acid	45°C	2.78	2.85 ^D	2.88 ^D
	70°C	2.86 ^c	3.69 ^{Bb}	4.63 ^{Ca}
	80°C	2.87 ^c	4.98 ^{ABb}	5.28 ^{Ba}

^{A,B,C,D} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

^{a,b,c} : Means with different superscript in the same raw are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾ : Washing was applied on concentration of 1.5%.

라. 오존수 세척이 돼지도체의 표면 총균수 감소에 미치는 효과

오존세척수의 처리농도에 따른 복강 및 체외지방 표면의 총균수 변화를

Table 35에 나타내었다. 복강 및 체외지방 표면 모두 오존세척수의 분무에 따라 미생물 수가 유의적으로($p < 0.05$) 감소하는 것으로 나타났다. 또한 오존세척수의 처리농도가 증가할수록 미생물 수가 감소하는 것으로 미루어 오존세척수의 처리농도가 미생물 감소에 효과적인 것으로 사료된다. 본 실험 결과, 오존수 농도 0.5ppm과 1ppm 이상의 처리구 사이에는 통계적인 총균수의 차이가 인정되었으나, 1ppm 이상의 처리구 사이에는 유의성이 인정되지 않았다. 즉, 오존농도가 1 ppm 이상으로 증가하여도 미생물이 유의적으로 감소하지 않는 것으로 나타난 결과로부터 돼지도체 표면미생물을 효과적으로 감소시킬 수 있는 오존세척수의 오존농도는 1 ppm이 적합할 것으로 사료된다.

Table 35. Effects of concentration of ozone in washing ozonated water on total plate count (log CFU/cm²) of pork carcass surfaces

Washing waters ¹⁾	Total plate count (log CFU/cm ²)		
	Before washing	After washing	
Abdominal cavity	0.5 ppm	5.28	2.57 ^A
	1 ppm	5.44	1.87 ^{AB}
	2 ppm	6.06	1.33 ^B
	3 ppm	5.87	0.93 ^B
Subcutaneous fat	0.5 ppm	4.09	2.14 ^A
	1 ppm	3.21	2.02 ^{AB}
	2 ppm	3.33	1.66 ^B
	3 ppm	3.47	1.56 ^B

^{A,B} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾ : Carcasses were washed with 3 liters of ozonated washing waters.

오존세척수의 분무량에 따른 복강 및 체외지방 표면의 총균수 변화는 Table 36에 나타낸 바와 같다. 복강 및 체외지방 표면 모두 Table 35의 오존농도의 결과와 유사하게 오존세척수의 분무량이 증가할수록 표면미생물의 수가 유의

적으로($p < 0.05$) 감소하는 것으로 나타났다. 오존농도 1ppm의 오존세척수를 1liter 분무할 경우 복강과 체외지방 모두의 총균수는 만족스러울 정도로 감소하지 않은 것으로 나타났으며, 2 liter의 분무처리구와 유의적인($p < 0.05$) 총균수의 차이를 나타내었다. 하지만 오존세척수를 2 liter 이상 분무 세척한 처리구 사이에서는 유의적인 총균수의 감소가 인정되지 않았다. 이 같은 결과는 복강과 체외지방 쪽 모두에서 동일하게 관찰되었다. 따라서 본 실험의 결과로부터, 오존농도 1ppm의 오존세척수를 이용하여 돼지도체를 세척할 경우, 약 2 liter의 정도의 분무량이 효과적인 표면미생물의 감소에 적합할 것으로 사료된다.

Table 36. Effects of amount in washing ozonated water on total plate count (log CFU/cm²) of pork carcass surfaces

Washing waters ¹⁾		Total plate count (log CFU/cm ²)	
		Before washing	After washing
Abdominal cavity	1 liters	5.48	3.43 ^A
	2 liters	6.02	2.21 ^B
	3 liters	5.99	2.06 ^B
	6 liters	5.82	1.88 ^B
Subcutaneous fat	1 liters	3.96	2.99 ^A
	2 liters	4.02	1.97 ^B
	3 liters	3.45	1.28 ^B
	6 liters	3.87	0.93 ^B

^{A,B} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾ : Carcasses were washed with 1 ppm ozonated washing waters.

한편, 오존세척수의 분무시간에 따른 복강 및 체외지방 표면의 총균수 변화는 Table 37에 나타내었다. 오존농도 1ppm의 오존세척수 2 liters를 시간을 달리하여 분무하였을 경우, 처리시간이 증가할수록 미생물 수가 감소하는 경향을

보였으며, 10초 처리구와 30초 및 60초 처리구 사이에는 유의적인($p < 0.05$) 미생물수 차이가 나타났다. 하지만 오존세척수 분무량에서 나타난 바와 같은 효과적인 미생물 수의 감소는 나타나지 않는 것으로 사료되며, 따라서 오존세척수의 분무시간은 최소한 20초 이상 정도면 도체표면 미생물 수의 감소를 위해 적당할 것으로 사료된다.

Table 37. Effects of time in washing ozonated water on total plate count (log CFU/cm²) of pork carcass surfaces

Washing waters ¹⁾	Total plate count (log CFU/cm ²)		
	Before washing	After washing	
Abdominal cavity	10s	6.03	2.16 ^A
	20s	5.88	1.55 ^{AB}
	30s	6.12	1.21 ^B
	60s	6.04	0.96 ^B
Subcutaneous fat	10s	4.79	1.44 ^A
	20s	5.02	1.32 ^{AB}
	30s	4.87	1.18 ^B
	60s	4.80	1.06 ^B

^{A,B,C} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾ : Carcasses were washed with 2 liters of 1 ppm ozonated washing waters.

마. 돼지도체의 오존수 세척이 돈육질에 미치는 효과

오존세척수의 분무방식 및 분무량이 돈육 등심과 뒷다리의 pH, 육색 및 육즙감량에 미치는 영향을 Table 38에 나타내었다. 육색측정치 중 명도(L*)의 경우, 오존세척수의 분무량이 증가할수록 명도 값이 감소하였으며, 3 liters 이상 분무시 유의적으로(P<0.05) 낮은 명도 값을 나타내어 오존세척수를 3 liters 이상 돼지도체에 분무하면 돈육의 육색에 부정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

Table 38. Effects of spray types and amount in washing ozonated water on pH, color (CIE L*) and drip loss of pork loin and ham

Washing waters ¹⁾		CIE L*	pH	Drip loss %
Water	1 liters	49.52 ^B	5.73 ^A	4.34 ^D
	2 liters	50.34 ^{AB}	5.69 ^B	4.67 ^C
	3 liters	51.33 ^{AB}	5.62 ^{BC}	5.23 ^B
	6 liters	51.49 ^A	5.59 ^C	5.48 ^A
Loin	Spray type	1 liters	51.23 ^B	5.69 ^A
		2 liters	51.79 ^B	5.66 ^{AB}
		3 liters	52.34 ^{AB}	5.67 ^{AB}
	Sealing type	6 liters	52.78 ^A	5.62 ^B
		1 liters	51.07 ^C	5.64 ^B
		2 liters	52.24 ^B	5.59 ^{BC}
Ham	Spray type	3 liters	53.21 ^A	5.55 ^C
		6 liters	52.29 ^B	5.50 ^D
		1 liters	49.80 ^B	5.71 ^{AB}
		2 liters	50.07 ^B	5.73 ^A
	Sealing type	3 liters	50.91 ^{AB}	5.66 ^B
		6 liters	51.46 ^A	5.54 ^D
		1 liters	50.35 ^B	5.64 ^B
		2 liters	51.21 ^{AB}	5.60 ^C
		3 liters	51.39 ^{AB}	5.58 ^{CD}
		6 liters	52.07 ^A	5.57 ^{CD}

^{A,B,C,D} : Means with different superscript in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ : Carcasses were washed with 1 ppm ozonated washing waters for 20s.

오존세척수의 세척방식에 따른 비교에서는 분무식 및 봉합식 모두 pH에 유의적인 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 모든 처리구에서 오존세척수의 분무량이 증가할수록 pH가 낮아지는 것으로 나타났으며, 특히 6 liters 이상의 분무시 유의적으로($P<0.05$) 낮은 pH를 보였다. 또한 봉합식의 경우 분무식에 비해 pH 감소에 영향을 미친 것으로 나타났는데 이는 봉합식으로 세척수를 분무할 경우 도체의 온도감소가 다소 느리게 진행되어 나타난 현상으로 사료된다.

한편, 보수력의 결과도 육색과 pH와 유사하게 분무량에 따라 영향을 받는 것으로 나타났는데, 분무량이 증가할수록 육즙감량이 유의적으로($P<0.05$) 높아지는 것으로 나타났다. 또한 3 liters 이상의 분무시 육즙감량이 유의적으로($P<0.05$) 증가하며, 분무식에 비해 봉합식에서 육즙감량이 증가하는 것으로 나타나 육질만을 고려할 경우 봉합식보다 분무식이 바람직할 것으로 사료된다.

오존세척수의 분무방식 및 분무량이 돈육 등심과 뒷다리의 가열감량 및 전단가에 미치는 영향을 Table 39에서 나타내었다. 먼저 가열감량의 경우 뒷다리 부위에서는 분무량보다 분무방식에 따라 분무식에 비해 봉합식에서 유의적인 차이를 나타내었다($P<0.05$). 등심에 있어 분무량이 증가할수록 분무방식 즉, 분무식 및 봉합식에서 유의적으로($P<0.05$) 높은 가열감량을 나타냈다.

전단가 측정 결과 오존수의 분무량이 증가할수록 유의적으로($P<0.05$) 높은 전단가를 나타냈으며, 등심과 뒷다리 모두 3 liters 이상의 분무시 높은 전단가를 보여 3 liters 이상의 오존세척수 분무시 돈육의 연도가 나빠질 것으로 사료된다.

한편, 오존세척수의 분무방식 및 분무량이 돈육 등심과 뒷다리의 지방산패도(TBARS)에 미치는 영향을 Table 40에서 나타내었다. 저장기간이 증가할수록 분무량 및 분무방식에 따른 TBARS 값은 증가하며, 일반물을 이용한 세척수

의 분무와 큰 차이를 보이지 않았으나, 등심의 경우 봉합식일 때 분무량이 증가할수록 지방산패도가 유의적으로($P < 0.05$) 증가한 것으로 나타났다.

Table 41에 돼지도체의 오존수 분무세척이 등심과 뒷다리 부위의 단백질용해성에 미치는 영향에 대하여 나타내었다. 고온증기세척이 육단백질 용해성에 영향을 미친 것과는 다르게 오존수의 분무세척은 등심과 뒷다리 부위 모두 유의적인 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 세척에 사용된 오존수의 온도가 일반 세척수와 같았기 때문으로 사료되며, 따라서 돼지도체의 오존수 세척은 돈육단백질의 변성과 관련이 없을 것으로 생각된다.

Table 39. Effects of spray types and amount in washing ozonated water on cooking loss and shear force of pork loin and ham

Washing waters ¹⁾		Cooking loss (%)	Shear force (kg/cm ²)	
Water	1 liters	27.44 ^B	4.44 ^B	
	2 liters	28.05 ^{AB}	4.86 ^{AB}	
	3 liters	28.80 ^{AB}	5.03 ^{AB}	
	6 liters	29.64 ^A	5.38 ^A	
Loin	Spray type	1 liters	28.03 ^{AB}	4.33 ^C
		2 liters	27.36 ^B	4.86 ^{BC}
		3 liters	29.43 ^A	4.90 ^B
		6 liters	28.04 ^{AB}	5.03 ^A
	Sealing type	1 liters	27.89 ^C	4.82 ^B
		2 liters	28.48 ^{BC}	4.96 ^B
		3 liters	30.94 ^A	5.09 ^{AB}
		6 liters	29.33 ^{AB}	5.23 ^A
Ham	Spray type	1 liters	28.64	4.66 ^C
		2 liters	27.98	4.89 ^B
		3 liters	28.41	5.34 ^{AB}
		6 liters	29.08	5.52 ^A
	Sealing type	1 liters	27.90 ^B	4.98 ^B
		2 liters	28.47 ^{AB}	5.09 ^B
		3 liters	28.90 ^{AB}	5.33 ^{AB}
		6 liters	30.13 ^A	5.66 ^A

^{A,B,C} : Means with different superscript in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ : Carcasses were washed with 1 ppm ozonated washing waters for 20s.

Table 40. Effects of spray types and amount in washing ozonated water on lipid oxidation (TBARS) of pork loin and ham during cold storage

Washing waters ¹⁾		TBARS (mg/kg)			
		Day 1	Day 3	Day 7	
Water	1 liters	0.21	0.24	0.30	
	2 liters	0.20	0.23	0.28	
	3 liters	0.19	0.23	0.29	
	6 liters	0.20	0.25	0.31	
Loin	Spray type	1 liters	0.15	0.22	0.31
		2 liters	0.17	0.24	0.30
		3 liters	0.18	0.26	0.29
		6 liters	0.16	0.25	0.29
	Sealing type	1 liters	0.19	0.24	0.28 ^B
		2 liters	0.17	0.23	0.29 ^{AB}
		3 liters	0.19	0.23	0.29 ^{AB}
		6 liters	0.20	0.26	0.33 ^A
Ham	Spray type	1 liters	0.19	0.21	0.28
		2 liters	0.21	0.25	0.29
		3 liters	0.18	0.25	0.33
		6 liters	0.17	0.26	0.31
	Sealing type	1 liters	0.20	0.26	0.29
		2 liters	0.20	0.27	0.32
		3 liters	0.19	0.26	0.29
		6 liters	0.18	0.27	0.30

^{A,B} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾ : Carcasses were washed with 1 ppm ozonated washing waters for 20s.

Table 41. Effects of spray types and amount in washing ozonated water on protein solubilities of pork loin and ham cuts

Washing waters ¹⁾		Total protein solubility	Sarcoplasmic protein solubility	Myofibrillar protein solubility		
Loin	Spray	1 liters	185.5	48.3	137.2	
	type	2 liters	183.8	52.5	131.3	
		3 liters	185.6	45.4	139.8	
		6 liters	179.2	53.8	125.4	
	Sealing	1 liters	191.2	58.3	132.9	
		type	2 liters	185.6	51.4	134.2
			3 liters	181.6	50.2	131.4
			6 liters	187.7	47.5	140.2
Ham	Spray	1 liters	176.5	47.5	129.0	
	type	2 liters	182.8	48.6	134.2	
		3 liters	185.6	49.5	136.1	
		6 liters	174.8	45.3	129.5	
	Sealing	1 liters	172.4	49.5	122.9	
		type	2 liters	184.6	44.9	139.7
			3 liters	176.8	43.6	133.2
			6 liters	178.2	46.8	131.4

^{A,B} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾ : Carcasses were washed with 1 ppm ozonated washing waters for 20s.

바. 오존세척수가 병원성 미생물 사멸에 미치는 효과

돼지도체 표면에 *S. tyhimurium*, *E. coli* 및 *L. monocytogenes*을 도포한 후 오존수로 세척한 결과는 각각 Table 42, 43 및 44에 나타난 바와 같다. 일반 수돗물로 세척한 경우에도 세척수의 함량이 증가할수록 모든 병원성 미생물들의 수는 감소하는 것으로 나타났으나 6liter를 사용하여도 완전히 제거되지는 않았다. 하지만 오존수의 경우 3종류의 병원성 미생물 모두 3liter로 세척할 경우 모두 제거되는 것으로 나타났다. 특히 오존수는 *L. monocytogenes*의 사멸에 비교적 효과가 높은 것으로 나타났으며, 봉합식의 2liter의 오존수에도 사멸되는 것으로 나타났다. 이 같은 결과는 오존수가 돼지도체에 병원성 미생물이 존재할 경우 효과적으로 제거할 수 있다는 것을 의미하며, 앞선 연구에서 지방산패를 유발하여 세척수로 사용하기 부적합하다고 결론지어진 EO-water를 대체하여 우리나라 돼지도축장에서 돼지도체의 세척수로 사용하여도 무방할 것으로 사료된다.

Table 42. Effects of amount in washing ozonated water on *S. tyhimurium* (log CFU/cm²) on the surfaces of pork carcass

Washing waters		<i>S. tyhimurium</i> (log CFU/cm ²)	
Water	1 liters	2.31	
	2 liters	1.83	
	3 liters	1.67	
	6 liters	0.51	
Ozonated water	Spray type	1 liters	1.34
		2 liters	0.23
		3 liters	-
	6 liters	-	
	Sealing type	1 liters	1.76
		2 liters	0.43
		3 liters	-
6 liters		-	

^{A,B} : Means with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

Table 43. Effects of amount in washing ozonated water on *E. coli* (log CFU/cm²) on the surfaces of pork carcass

Washing waters		<i>E. coli</i> (log CFU/cm ²)	
Water	1 liters	2.89	
	2 liters	2.31	
	3 liters	1.34	
	6 liters	0.23	
Ozonated water	Spray type	1 liters	1.21
		2 liters	0.45
		3 liters	-
		6 liters	-
	Sealing type	1 liters	1.84
		2 liters	0.56
		3 liters	-
		6 liters	-

^{A,B} : Means with different superscript in the same column are significantly different($p < 0.05$).

Table 44. Effects of amount in washing ozonated water on *L. monocytogenes* (log CFU/cm²) on the surfaces of pork carcass

Washing waters		<i>L. monocytogenes</i> (log CFU/cm ²)	
Water	1 liters	2.36	
	2 liters	1.21	
	3 liters	0.89	
	6 liters	0.75	
Ozonated water	Spray type	1 liters	0.84
		2 liters	0.13
		3 liters	-
		6 liters	-
	Sealing type	1 liters	0.67
		2 liters	-
		3 liters	-
		6 liters	-

^{A,B} : Means with different superscript in the same column are significantly different(p<0.05).

제 4 장 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도

구분	연구 개발 목표	달성도 및 기여도
1차 년도 (2002)	고온증기세척기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 증기온도가 표면 총균수 변화에 미치는 영향 구명 ○ 증기처리 방식(분무식, 봉합식)이 총균수에 미치는 영향 구명 ○ 증기처리 방식별 처리시간이 총균수에 미치는 영향 ○ 최상의 미생물 오염예방을 위한 최적의 증기온도, 처리방식 및 처리시간 설정 ○ 미생물의 오염도를 최소화할 수 있는 최적의 증기온도, 처리시간, 처리방식이 설정되면, 3가지 방식을 동시에 접목시켜 미생물 오염도를 최소화할 수 있는 조건 설정
	고온증기 세척에 의한 최적 품질조건 설정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 증기온도가 돈육질(육색, 보수력 및 최종 pH) 변화에 미치는 영향 구명 ○ 증기처리 방식(분무식, 봉합식)이 돈육질에 미치는 영향 구명 ○ 증기처리 방식별 처리시간이 돈육질에 미치는 영향 구명 ○ 최상의 돈육질을 위한 최적의 증기온도, 처리방식 및 처리시간 설정 ○ 증기세척이 수출부위(등신과 뒷다리 등)의 유통기간 연장에 미치는 효과 구명

구 분	연 구 개 발 목 표	달성도 및 기여도
2차 년도 (2003)	돼지도체 세척수 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 같은 농도의 세척수 종류(acetic acid, lactic acid 및 EO water)별 미생물 억제 효과 구명 ○ 세척수 종류별 최상의 미생물 억제 농도 및 세척온도 구명 ○ 세척수 종류별, 농도별, 처리 부위별 최적의 처리량 구명 ○ 최적의 혼합 세척수 개발 (세척수 종류별, 농도별 미생물 살균 효과 구명) ○ 혼합 세척수의 최적 도체 처리조건 구명 ○ 최적의 효과를 얻을 수 있는 도체부위별, 복강쪽과 체외지방쪽의 분사량에 따른 최적 분사량 조건 구명 ○ 유기산 돼지도체 세척수의 종류 및 분무온도가 병원성미생물 감소에 미치는 영향 구명 ○ 유기산 혼합세척수의 종류 및 온도가 병원성미생물 감소에 미치는 영향 구명
	세척수에 따른 최적 품질조건 설정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 같은 농도의 세척수 종류(acetic acid, lactic acid 및 EO water등)별 돈육품질에 미치는 효과 구명(pH, 육색, 보수력, TBARS, 단백질 용해성, 가열감량, 전단가, 관능검사) ○ 세척수 종류별, 농도별, 처리 부위별에 따른 돈육품질에 미치는 효과 구명(pH, 육색, 보수력, TBARS, 단백질 용해성, 가열감량, 전단가, 관능검사) ○ 최적의 혼합 세척수 개발(세척수 종류별, 농도별 돈육품질 특성 구명) ○ 유기산 돼지도체 세척수 분무에 따른 돈육품질에 미치는 영향 구명

구 분	연구 개발 목 표	달성도 및 기여도
3차 년도 (2004)	돼지도체 오존세척수 개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 효과적인 고온증기 발생장치의 탐색 및 도체처리 방식 구명(분무식과 봉합식의 장치를 제작하여 그 효과가 검증됨) ○ 효과적인 세척수의 분무량 및 분무방식 구명(복강쪽과 체외지방쪽의 분무량 및 분무방향에 따른 미생물 수 변화 조사가 이루어짐) ○ 오존세척수의 분무량 및 분무시간에 따른 돼지도체 표면 미생물에 미치는 영향 구명 ○ 오존세척수의 분무량 및 분무방식이 병원성 미생물수에 미치는 영향 구명
	오존세척수의 세척방식에 따른 최적 품질조건 설정	<ul style="list-style-type: none"> ○ 세척수의 분무량이 돈육품질에 미치는 영향 구명(pH, 육색, 보수력, TBARS, 단백질 용해성 측정) ○ 세척수의 분무방식이 돈육품질에 미치는 영향 구명(pH, 육색, 보수력, TBARS, 단백질 용해성 측정) ○ 분무량 및 분무방식에 따른 도체 품질평가(pH, 육색, 보수력, TBARS, 단백질 용해성 측정) ○ 제1세부과제에서 제작된 시제품을 이용하여 돈육품질에 미치는 영향 구명(pH, 육색, 보수력, TBARS, 단백질 용해성 측정)
	세척기의 제작 및 자동화 방안 모색	<ul style="list-style-type: none"> ○ 돼지도체 세척기의 자동화 방안 모색 ○ 경제적이고 조작이 간편한 이동식 고온증기세척기 및 세척수분무기 시제품 제작(국내 돈육가공라인에 적합한 이동식 세척기의 시제품 제작) ○ 전 세계적으로 돈육의 품질 및 저장성에 큰 영향을 미치는 초기미생물수를 줄일 수 있는 대안 마련

제 5 장 연구개발 결과의 활용 계획

- 고온증기세척기술 (산업체 기술이전)
- 돼지도체 세척수 개발 (특허출원)
- 돼지도체 세척방식 및 기기 개발 (특허출원 및 상품화)
- 본 과제 of 연구개발 성공시 다음 단계의 우선적 조치사항은 돈육 가공수출업체에 도체세척기술 및 온도체 가공기술을 이전하는 것이다. 2002년 하반기부터 재개되는 대일 돈육수출에 있어 한국산 돈육의 품질에 대한 인식을 제고시키기 위함이다.
- 돼지도체 세척수 개발과 고온증기세척기를 상품화하여 국내 돈육 가공수출업체에 보급하고 개발된 기술은 국제특허를 신청할 계획이다.
- 산업체에 기술이전 됨과 동시에 HACCP 시스템과 연계하여 연구를 수행한다.
- 차후, 현재 유럽에서 개발된 도체의 급속냉각터널 통과 방식과 기존 개발된 고온증기세척법을 혼합하여 연구할 계획이다.

제 6 장 기대효과

본 연구를 통해 그 동안 낙후된 산업으로 인식되어온 국내돈육가공산업이 획기적으로 발전할 수 있는 전기가 마련될 것으로 기대된다. 이를 계기로 국제 돈육시장에서 한국산 돈육의 품질경쟁력을 높이고, 특히 일본시장에서의 한국산 냉장돈육의 시장점유율을 배가시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 고품질 냉장돈육의 수출로 인해 더 많은 외화획득이 이루어질 수 있을 뿐만 아니라 국내 돈육산업계의 비인기부위의 적체현상을 완화시킬 것으로 기대된다. 궁극적으로 국내 돈육산업과 양돈산업의 지속적인 발전이 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.

1. 기술적 측면

- 위생적인 돼지도체세척기술 확보
 - 한국산 냉장돈육의 안전성을 한층 높일 수 있는 기술로 기대
- 이동식 고온증기세척기 제작기술 확립
 - 국내 돈육가공업 관련 기자재 제작 수준을 향상시킬 수 있는 기술로 기대
- 효과적인 돼지도체 세척수 생산기술 확립
 - 국내 도축가공 기술수준을 세계에 새롭게 인식시킬 수 있는 기술로 기대

2. 경제, 산업적 측면

- 대일 냉장돈육 수출물량이 증가될 것으로 기대
 - 1999년도 대일 돈육 수출물량: 약 8만톤
(냉장육 27%, 냉동육 73%)
 - 당시 일본 수입돈육시장 점유율 약 10% 차지
 - 수출금액: 3억 3천만불
(수출가격: 냉장육 4.9달러/kg, 냉동육 3.8달러/kg)
- 수출재개시 일본 수입돈육시장 점유율 20%까지 향상될 것으로 기대
(대만의 경우 한때 일본 수입돈육시장 점유율 45%까지 차지하였음)
 - 냉장돈육 수출 비율 50% 이상 차지할 것으로 전망
 - 2001년도 일본이 수입한 돈육은 약 96만톤이었음
 - 일본 수입돈육시장 점유율 20%, 물량으로 약 19만톤 수출 가능
- 고품질 냉장돈육 수출로 외화소득 증대될 것으로 기대
 - 냉장육과 냉동육의 가격 차이는 kg당 1달러 이상
 - 저 품질과 고품질의 가격차이도 kg당 1달러 이상
 - 고품질 냉장돈육 수출로 냉동육에 비해 약 2달러/kg 부가가치 창출 기대
 - 금액으로 고품질 냉장돈육 9.5만톤×6달러/kg=5억 7천만불
냉동돈육 9.5만톤×4달러/kg=3억 8천만불
총계 9억 5천만불(약 1조 2천억원)의 외화획득이 가능할 것으로 기대되며 고품질 냉장돈육 수출로 약 2억불의 부가가치가 창출될 것으로 기대
- 약 2,600억원의 부가가치 창출로 국내 돈육가공산업 및 양돈산업 지속적 발전

- 비인기 돈육부위의 적체 해소로 내수 돈육시장이 활발해질 것으로 기대
- 국내 돼지 사육두수가 증가될 것으로 기대
- 신규 돈육가공공장의 증설이 많아질 것으로 기대
- 궁극적으로 국내 돈육가공산업 및 양돈산업의 지속적 발전 기대

제 7 장 참고문헌

1. Ahn, D. U., Nam, K. C., Du, M. and Jo. C. 2001. Volatile production in irradiated normal, pale soft exudative(PSE) and dark firm dry(DFD) pork under different packaging and storage conditions. *Meat Sci.* 57(4): 419-426.
2. Anonymous. 1983. Hot boning of Beef, No. 31 in a series of Marketing and Meat Trade Bulletins. Meat and Livestock Commission, Bletchley Milton Keynes, United Kingdom, Feb.
3. Bacon, R. T., Belk, K. E., Sofos, J. N., Clayton, R. P., Reagan, J. O. and Smith, G. E. 2000. Microbial populations on animal hides and beef carcasses at different stages of slaughter in plants employing multiple-sequential interventions for decontamination. *J. Food Prot.*, 63: 1080-1086.
4. Barkate, M. L., G. R. Acuff, L. M. Lucia, and D. S. Hale. 1993. Hot water decontamination of beef carcasses for reduction of initial bacterial numbers. *Meat Sci.* 35: 397.
5. Blakistone, B. A. 1998. Meats and poultry. In B. A. Blakistone, Principles and applications of modified atmosphere packaging of foods(2nd. ed.,99. 240-290). London: Blackie Academic and Professional(Chapter 10).

6. Castelo, M., Kang, D. M., Siragusa, G. R. AND BERRY, D. 2001. Evaluation of combination treatment processes for the microbial decontamination of pork trim. *J. Food Prot.*, 64: 335-342.
7. Charlebois, R., Trudel, R. and Messier, S., 1991. Surface contamination of beef carcasses by faecal coliforms. *J. Food Prot.*, 54, pp. 950-956.
8. Dogbevi, M. K., Vachon, C. and Lacroix, M. 1999. Physicochemical and microbiological changes in irradiated fresh pork loins, *Meat Sci.* 51(4): 349-354.
9. Dorsa, W. J., Cutter, C. N. and Siragusa, G. R. 1997. Effects of steam-vacuuming and hot water spray wash on the microflora on refrigerated beef carcass surface tissue inoculated with *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria innocua* and *Clostridium sporotenes*, *J. Food Prot.* 60: 114-119.
10. Dorsa, W. J., Cutter, C. N. and Siragusa, G. R. 1997. Effects of acetic acid, lactic acid and trisodium phosphate on the microflora of refrigerated beef carcass surface tissue inoculated with *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria innocua*, and *Clostridium sporogenes*, *J. Food Prot.* 60(6): 619-624.
11. Duffy, G., Cloak, O. M., O'Sullivan, M. G., Guillet, A., Sheridan, J. J., Blair, I. S. and McDowell, D. A. 1999. The incidence and antibiotic resistance profiles of *Salmonella* spp. on Irish retail

- meat products. *Food Microbiol.*, 16: 623-631.
12. Ellebracht, E. A., Cstillo, A., Lucia, L. M., Miller, R. K. and Acuff, G. R. 1999. Reduction of pathogens using hot water and lactic acid on beef trimmings. *J. Food Prot.* 64(6): 1094-1099.
 13. Fabrizio, K. A. and Cutter, C. N. 2004. Comparison of electrolyzed oxidizing water with other antimicrobial interventions to reduce pathogens on fresh pork. *Meat Sci.*, 68: 463-468.
 14. Farouk, M. M. and Swan, J. E. 1999. Effect of rigor temperature and frozen storage on functional properties of hot-boned manufacturing beef. *Meat Sci.* 49(2): 233-247.
 15. Gill, C. O. and Badoni. M. 1997. The effects of hot water pasteurizing treatments on the appearance of pork and beef. *Meat Sci.*, 46(1): 77-78.
 16. Gill, C. O. and Bryant. 1998. Decontamination of carcasses by vacuum-hot water cleaning and steam pasteurizing during routine operations at a beef packing plant. *Meat Sci.* 47: 267-276.
 17. Gill, C. O. and Holley, R. A. 2000. Inhibition of bacterial growth on ham bologna by lysozyme, nisin and EDTA. *Meat Sci.*, 33: 83-90.

18. Gordon, G. G. and Bryan, D. 1995. Lactic acid inhibition of the growth of spoilage bacteria and cold tolerant pathogens on pork. *International J. Food Microbiol.*, 25: 141-144.
19. Gorman, B. M., Sofos, J. N., Morgan, J. B., Schmidt, G. R. and Smith, G. C. 1995a Evaluation of hand-trimming, various sanitizing agents, and hot water spray-washing as decontamination interventions of beef brisket adipose tissue. *J. Food Prot.* 58: 899-907.
20. Gornall, A. G., Bardawill, C. J. and David, M. M. : Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biol Chem.*, 177, (1949).
21. Honikel, K. O. and Reagan, J. O. 1986. Influence of different chilling conditions on hot-boned pork. *J. Food Sci.* 51(3): 766-768.
22. Houben, J. H., Eikenbloom, G. and Hoving-Bolink, A. H. 1998. Effect of the dietary supplementation with vitamin E on color stability and lipid oxidation in packaged, minced pork. *Meat Sci.* 48: 265-273.
23. Jensen, C., Flensted-Jensen, M., Skibsted, L. H. and Bertelsen, G. 1998. Effects of rape seed oil, copper(B) sulphate and vitamin E on drip loss, colour and lipid oxidation of chilled pork chops packed in atmospheric air in a high oxygen atmosphere. *Meat Sci.* 50(2): 211-221.

24. Jensen, C., Flensted-Jensen, M., Skibsted, L. H. and Bertelsen, G. 1998. Effects of rape seed oil, copper(B) sulphate and vitamin E on drip loss, colour and lipid oxidation of chilled pork chops packed in atmospheric air in a high oxygen atmosphere. *Meat Sci.* 50(2): 211-221.
25. Joo, S. T., Kauffman, R. G., Kim, B. C. and Park, G. B. 1999. The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine *longissimus muscle*. *Meat Sci.* 52: 291-29.
26. Kang, S. N., Jang, A. R., Lee, S. O., Min, J. S. and Lee, M. H. 2002. Effect of arganic acid on value of VBN, TBARS, color and sensory property of pork meat. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor).* 44(4) 443-452.
27. Kim, Y. H., Nam, K. C. and Ahn, D. U. Volatile profiles, lipid oxidation and sensory characteristics of irradiated meat from different animal species, *Meat Sci.* 61(3): 257-265.
28. Kochevar, S. L., Sofos, J. N., Bolin, R. R., Reagon, J. O. and Smith, G. C. 1997a. Steam vacuuming as a pre-evisceration intervention to decontamination beef carcasses. *J. Food Prot.*, 60; 107-113.
29. Kochevar, S. L., Sofos, J. N., LeValley, S. B. and Smith, G. C. 1997b Effect of temperature, pressure and chemical solution on removal of fecal material and bacteria from lamb adipose tissue

- by spray-washing. *Meat Sci.*, 45: 377-388.
30. Kotula, K. L. and Thelappurate, R. 1994. Microbiological and sensory attributes of retail cuts of beef treated with acetic and lactic acid solution. *J. Food Prot.*, 57(8): 665-670.
 31. Lanari, M. C., Schaefer, D. M. and Scheller, K. K. 1995. Dietary vitamin E supplementation and discoloration of pork bine and muscle following modified atmosphere packaging. *Meat Sci.* 41: 337-350.
 32. Nissen, H., Maugesten, T. and Lea, P. 2001. Survival and growth of *Escherichia coli* O157:H7, *Yersinia enterocolitica* and *Saknibekka enteritidis* on decontaminated and untreated meat. *Meat Sci.* 57: 291-298.
 33. NZMPB. 1997. New Zealand meat trade guide. New Zealand meat producers borad, wellington, New Zealand.
 34. Park, H., Hung, Y. C. and Chung, D. 2004. Effects of chlorine and pH on efficacy of electrolyzed water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. *Internat. J. Food Microbiol.*, 91: 13-18.
 35. Pohlman, F. W., Stivarius, M. R., McElyea, K. S., Johnson, Z. B. and Johnson, M. G. 2002. The effects of ozone, chlorine, cetylpyridinium chloride and trisodium phosphphate as multiple antimicrobial interventions on microbiological, instrumental color,

and sensory color and odor characteristics of ground beef. Meat Sci., 61: 307-313.

36. Pothuri, R., Marshall, D. and Mcmillin, K. W. 1995. Combined effects of packaging atmosphere and lactic acid on growth and survival of *Listeria monocytogenes* in crayfish tail meat at 4°C. J. Food Prot. 59: 253-256.
37. Reagan, J. O., Acuff, G. R., Buege, D. R., Buyck, M. R., Dickson, J. S., Kastner, C. L., Marsden, J. L., Morgan, J. B., Nickelson II, R., Smith, G. C. and Sofos, J. N. 1996. Trimming and washing of beef carcasses as a method of improving the microbiological quality of meat. J. Food Prot. 59(7): 751-756.
38. Ress, M. P., Trout, G. R. and Warner, R. D. 2002. Tenderness of pork m. longissimus thoracis et lumborum after accelerated bining. Part I. Effect of temperature conditioning. Meat Sci. 61(2): 205-214.
39. Ress, M. P., Trout, G. R. and Warner, R. D. 2002. Tenderness of pork m. longissimus thoracis et lumborum after accelerated bining. Part II. Effect of post-slaughter ageing. Meat Sci. 61(2): 215-224.
40. Restaino, L., Frampton, E. W., Hemphill, J. B. and Palnikar, P. 1995. Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms. Appl Environ. Microbiol., 61(9): 3471-3475.

41. Smith, M. G. 1992. Destruction of bacteria on fresh meat by hot water. *Epidemiol. Infect.* 109: 491-496.
42. Siragusa, G. R., 1995. The effectiveness of carcass decontamination system for controlling the presence of pathogens on the surfaces of meat animal carcasses. *J. Food Safety* 15: 229-238.
43. Stivarius, M. R., Pohlman, F. W., McElyea, K. S. and Waldroup, A. L. 2002. Effects of hot water and lactic acid treatment of beef trimmings prior to grinding on microbial, instrumental color and sensory properties of ground beef during display. *Meat Sci.*, 60: 327-334.
44. Stivarius, M. R., Pohlman, F. W., McElyea, K. S. and Apple, J. K. 2002. Microbial, instrumental color and sensory color and odor characteristics of ground beef produced from beef trimmings treated with ozone or chlorine dioxide. *Meat Sci.*, 60: 299-305.
45. Sumner, J., Raven, G. and Givney, R. 2004. Have changes to meat and poultry food safety regulation in Australia affected the prevalence of *Salmonella* or of *salmonellosis*. *Internat. J. Food Microbiol.*, 92: 199-205.
46. Taylor, S. A. 1996. Modified atmosphere packing of meat. In S. A. Raimundo, A. Raimundo, M. Severimi, and Smulders, F. J. M. *Meat quality and meat packaging* Utrecht, The Netherlands: ECCEAMST. 301-303.

47. Van der Marel, G. M., Van Logtestijn, J. G. and Mossel, D. A. A., 1988. Bacteriological quality of broiler carcasses as affected by in plant lactic acid decontamination. *Internat. J. Food Microbio.*, 6: 31-42. Abstract.
48. Yoon, K. S. and Oscar, T. P. 2002. survival of *Salmonella typhimurium* on sterile ground chicken breast patties after washing with salt and phosphate and during refrigerated and frozen storage. *Food Microbiol. and Safety.* 67: 772-775.
49. Zacheus, O. M., Iivanainen, E. K., Nissinen, T. K., Lehtola, M. J. and Martikainen, P. J. 1999. Bacterial biofilm formation on polyvinyl chloride, polyethylene and stainless steel exposed to ozonated water. *Water Res.*, 34(1): 63-70.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.