

일반과제(○) 과제번호 : 506031-03-3-CG000

최 종
연구보고서

고수율·고급 돈육 생산 돼지 개발 연구

Research of pigs for high yield and
high quality pork

정 P&C 연구소

농 립 수 산 식 품 부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “고수율·고급 돈육 생산 돼지 개발 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2009 년 4 월 25 일

주관연구기관명 : 정 P&C 연구소

총괄연구책임자 : 정 영 철

연 구 원 : 정종현, 최영민

연 구 원 : 이상훈, 남윤주

연 구 원 : 최지환, 주원석

연 구 원 : 허필승, 김영해

연 구 원 : 장성권, 김응상

협동연구기관명 : 다산중돈

협동연구책임자 : 박 화 춘

협동연구기관명 : 고려대학교

협동연구책임자 : 김 병 철

위탁연구기관명 : 서울대학교

위탁연구책임자 : 김 유 용

요 약 문

I. 제 목

고수율·고급 돈육 생산 돼지 개발 연구

- 제 1세부과제 : 고부가가치 돼지 생산을 위한 요인분석
- 제 1협동과제 : 초음파기계를 이용한 생체 등심 마블링스코어 측정
- 제 2협동과제 : 돈육의 육질특성분석 및 육질 평가시스템 개발
- 제 1위탁과제 : 고수율·고품질 돈육 생산을 위한 사양프로그램 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

양돈업이 농업과 축산업에서 차지하는 비중은 매출액기준으로 단일품목으로는 쌀 다음으로 그 위상이 점차 높아지고 있다. 농림부 통계에 의하면 양돈업은 연간 생산액이 약 3조원으로 축산업 중 약 32%의 비중을 차지하고 있다. 돼지고기는 식품으로서의 위상도 높아서 연간 1인당 육류 소비량 33.5kg 중 돼지고기 소비량은 17.4kg으로 52%를 차지하고 있다. 돼지가 돼지고기로 팔릴 때는 주요 6개 부위로 나뉘어서 판매되는데 국민들이 소비하는 주요 6개부위의 비율과 양이 자연적으로 산출되는 비율과 일치하지 않아서 돈육 수급에 문제가 발생하고 있다. 예를 들면, 삼겹살의 경우 1두 도축시 약 17%가 생산되는데 비하여 국내에서 소비되는 돈육 중 삼겹살이 차지하는 비율은 24%에 이르고 있다. 반면에 안심·등심부위는 한 마리 중 17%가 생산되는데 비하여 소비는 전체 돈육의 10%에 불과하다(표 1).

(표 1) 돼지의 부위별 구성비와 돈육 소비의 구성비 불균형

부위	안심 /등심	삼겹살	목살	갈비	앞다리	뒷다리	잡육
돼지 부위별 구성비	17%	17%	9%	8%	16%	26%	7%
돈육 소비 구성비	10%	24%	10%	8%	19%	17%	12%

현재 세계적으로 양돈업은 소비자의 선호도에 부응하여 지방함량이 낮은 정육형의 돼지가 생산되어 왔으며 이러한 정육형 돼지의 선발로 인해 근내지방도의 감소를 야기하였고 PSE등의 이상돈육의 발생빈도 또한 증가시켰다. 게다가 국내 소비자들은 고지방 부위인 삼겹살과 목살 등을 선호하고 또한 상강도가 높은 고기를 선호하는 경향이 있어 이러한 정육형 돼지는 국내 소비자들의 취향에도 적합하지 않다.

국민소득의 증가는 고품질 돈육에 대한 요구를 증가시켰고 이러한 요구는 돈육의 등급제도를 육질을 고려하도록 변화시켰다. 2007년 7월부터 적용된 육질 등급간의 커져가는 가격격차는 고품질 돈육에 대한 소비자들의 선호도가 증가하고 있음을 시사하고 있다. 또한 국민소득의 증가는 돈육의 소비패턴을 변화시켰으며 다양한 요리법의 개발에 따라 안심, 등심 등의 비선호부위의 소비가 늘고 있어 비선호부위의 개선 또한 주요 관심사로 떠오르고 있다.

세계의 돈육 시장에서 한국산 돈육은 저평가되어 왔으며 2000년 구제역 파동은 한국산 돈육에 대한 국제적 신뢰도를 더욱 떨어뜨렸다. 하지만 이러한 위기들은 국내 생산체계와 도축시스템의 발전, 이상유전자 보유돈의 도태 등의 육질개선을 위한 연구들을 가능하게 하였고 그 외 많은 실적들이 보고되었다. 하지만 규격화와 안정성에서 많은 개선에도 불구하고 돈육의 맛을 개선시키려는 노력은 지금까지 크게 이루어지지 않았으며 최근 미국산 쇠고기의 수입과 한·미 FTA체결은 국내 업계에 경각심을 불러일으켰지만 보수력, 연도, 육색 등의 우리나라 돈육의 육질의 차별화와 고급화 전략 대한 논의만이 이루어지고 있을 뿐 수입개방에 대한 국내산 돈육의 실질적인 차별화는 거의 이루어지고 있지 않다.

돈육의 차별화를 위해 국내에서 유일하게 활발히 진행되었던 것은 돈육의 브랜드화로 다양한 첨가제나 특수한 원료사료의 이용 등을 홍보하고 있다. 하지만 실제 효과나 품질이 증명된 예는 그리 많지 않으며, 2007년 국내 소비자들의 돈육 구매 기준에서 브랜드에 따라 돈육을 선택하는 구매자는 단지 4.4%에 지나지 않아 브랜드

드화가 소비자의 돈육 구매에 있어 크게 성공적인 전략이 되지 못했음이 증명되었다. 반면에 육질의 경우 돈육 구매기준의 25.4%로 신선도와 안전도에 이어 두 번째로 높게 나타나 육질의 개선이 돈육의 차별화에 가장 효과적인 방향임을 시사했다. 또한 일본의 사례를 보면 고품질 돈육의 브랜드육이 백화점에서 높은 가격으로 판매되고 있으며 경쟁력 있는 시장을 형성하고 있다. 이러한 고품질 돈육은 높은 수준의 근내지방도, 즉 상강도를 고급육의 가장 기본적인 가치로 제시하고 있으며, 이러한 일본의 예는 우리나라 고품질 돈육이 추구해야할 방향을 제시한다.

현재 생산부위와 소비자의 선호 부위의 불일치로 인한 수급 불균형 현상은 인기부위와 비인기부위간의 가격은 극대화시키면서 인기부위를 중심으로 대량의 돈육 수입결과를 초래하고 있다. 돼지 한 마리의 부가가치를 극대화시키기 위해서는 현재 생산되는 돼지의 부위별 생산량과 단가를 감안할 때 인기부위는 많이, 비인기부위는 고품품질을 생산하는 돼지의 개발이 필요하다.

- 돼지도체의 삼겹살 생산부위는 4번과 5번 갈비 사이와 마지막 요추를 절단한 복부위이다. 삼겹살 무게는 1두당 약 10kg 생산하며 길이는 평균 48cm이다. 돼지의 척추숫자는 19~24개, 따라서 갈비의 숫자도 13~17개의 편차를 보이고 있다. 현재 우리가 사육중인 비육돈은 평균척추수가 21.5개로 추정되고 있다. 만약 척추(또는 갈비) 숫자가 1개 더 많은 돼지를 개발한다면 삼겹살 부위의 길이는 2.5cm씩 늘어나고 1두의 삼겹살 부가가치는 약 5% 늘어나서 1두당 약 5천원을 더 받을 수 있다. 만일 전국의 돼지를 개량한다면 연간 1,400만두의 출하 시 약 700억원의 부가가치를 높일 수 있다.
- 한국의 소비자들은 돼지고기의 지방이 높을수록 선호하는 경향을 보이고 있다. 인기부위인 삼겹살은 지방이 31%, 목살은 17%인 반면에 비인기부위인 후지는 1.5%, 등심은 2.5%에 불과하다. 특히 근내지방도는 비교적 상대적으로 지방비율이 낮으면서도 외견상으로는 지방이 풍부하게 보여 소비자의 구매력을 높인다. 등심부위가 고가로 판매되고 있는 미국이나 일본에서도 하이마블링 등심을 생산하는 돼지 개발을 위한 연구가 한창이다. 하이마블링 돼지의 개발은 마블링 형질의 유전력이 60% 이상의 고유전력 형질이므로 종돈생체에서 마블링을 측정하는 기술 개발이 필수적이다. 또한 사료 영양 수준과 사육 방법도 하이마블링 형성의 주요 요인이 되고 있다.
- 국내 소비자가 가장 선호하면서도 고가로 판매되는 삼겹살 부위의 경우 국내에서 표준화된 규격과 품질기준이 부재하여 그 규격과 품질기준의 연구가 우선되어야 한다. 고수율의 삼겹살과 고품질의 등심을 지닌 종돈을 선발하기 위해서는 초음파 기계를 이용한 생체로부터의 판정기술개발이 필수적이다. 따라서 현재 생

산되고 있는 돼지의 부위별 규격과 품질 파악을 위하여 품종별 돼지의 삼겹살과 등심의 조사로부터 연구가 시작된다. 나아가서 최근 개발된 정육율과 마블링에 관련된 유전자 마커를 적용하여 그 활용가능성도 동시에 연구함으로써 돼지의 수율과 돈육 품질을 극대화할 수 있다.

- 삼겹살 부위의 육질은 탕박 또는 박피공정 시 피하지방의 제거로 인한 품질 변이와 각국의 기호도에 따른 육종, 돼지 품종에 따른 적육과 지방두께의 차이 등의 다양한 품질 변이가 존재한다. 현재 등심이나 후지의 경우 가시 지방을 제외한 적육부위의 육질 평가를 시행 하는 반면 삼겹살의 경우 적육부위와 가시지방이 혼재하여 분포하기 때문에 이를 동시에 일관성 있게 측정할 수 있는 육질 평가지표가 필요하지만 그에 따른 연구결과 보고는 미미한 실정이다. 따라서 보다 객관적이고 현장 적용 가능한 삼겹살 육질 지표가 필요하다.
- 국내 소비자 식육 선호도는 돼지고기가 59%로 닭고기(21.6%)나 쇠고기(18.5%)에 비하여 월등히 높은 것으로 보고되고 있으며 특히 돈육에 있어서 국내 소비자의 부위별 선호도는 삼겹살 67%, 목등심 26% 등으로 삼겹살의 선호도가 가장 높게 조사되었다. 국내 수입·유통된 돈육은 총수입 물량이 2004년 108,832톤, 2005년 160,609톤 이었으며, 이중 주요부위인 삼겹살이 각각 64,484톤, 78,121톤으로 전체물량의 59.3%, 48.6%를 차지함(한국 육류 유통 수출입 협회, 2005)
- 국내 소비자들이 가장 많이 선호하는 삼겹살의 소비량과 그 중요도에 비해 삼겹살 육질에 대한 객관적인 지표가 부족하며, 삼겹살의 수입량은 증가할 것으로 예상되므로 수입 삼겹살의 품질에 대응 할 수 있는 고품질 국내산 삼겹살 생산 및 객관적인 품질 지표가 절실히 필요하다.
- 또한 사료의 영양소 수준과 단계별 근육 및 지방 축적의 연구를 통해 근내지방의 축적을 유도하고 높은 상강도와 육질의 고품질 돈육을 생산하며 이러한 고품질 돈육을 생산하기 위한 사양관리 시스템을 제시하는데 그 목적이 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 1차년도 연구개발의 내용 및 범위

- 돼지 품종별 육질 관련 연구 문헌과 육질과 육량 생산에 관련된 유전자 마커를 조사 검사했다. 위탁 연구팀에서 생체 초음파 측정, 도축, 육질검사를 하는 공시돈의 유전자형을 분석하여 육질과의 관련성을 연구했다. 또한 종돈 능력검정소의

검정돈의 산육 능력과 유전자 마커와의 상관관계를 분석했다. 협동연구팀과 함께 경제적으로 부가가치를 극대화시키는 요인을 규명 했다. 학계 및 업계의 육가공 전문가, 소비자를 상대로 고급육, 부가가치가 높은 부위육의 기준을 조사하여 표준화 기초 자료로 이용했다.

- 초음파 기계(Aloka 500V SSD)에 이미지 분석 소프트웨어가 탑재된 기계를 구입하고 생체에서 마블링 스코어를 측정하기 위해 10번째 늑골과 13번째 늑골사이를 돼지의 등 정중앙에서 아래로 7cm지점을 Aloka 500V SSD 초음파 기계를 이용하여 체장을 따라 탐색자(프로브)로 최소한 4회이상을 측정한다. 육질검사는 도축시 삼겹살 부위와 10번째 갈비뼈 근처의 등심 표본을 채취하여 육질 분석을 실시하고, 등지방 두께, 등심의 시간별 pH변화, 일반성분, 보수력, 육즙손실, 전단력, 지방산 조성, 근내지방 (Marbling Score)에 대한 분석을 실시한다. 또한 생돈에서의 삼겹살 육질을 진단할 수 있는 기술을 개발하기 위하여 돼지 5번 늑골에 해당하는 앞다리 뒷부위의 복부를 돼지 체장과 직각되도록 탐색자(프로브)로 밀착시켜 측정한다.
- 국내산 돈군의 육질분포를 분석하기 위해 국내 유통되고 있는 요크셔, 랜드레이스, 듀록, 버크셔 및 교잡종 각 30 두(암컷 15, 거세수컷 15)를 공시하여 품종별·성별로 육질 특성을 분석. 육질 특성분석은 주관적 분석법으로 NPPC(2002)에서 제안한 육색 및 근내지방도 기준표를 이용한 주관적 육질평가와 육색, 보수성, 조직감 및 근육의 산도 등을 이용한 객관적 육질평가를 병행하여 돈육의 육질특성을 분석. 이러한 분석항목과 돈육질 분류기법을 이용한 등급별 출현현황을 분석하여 육질지수 설정의 기초자료로 활용한다. 또한 분석된 돈육의 육질분포를 기초로 하여 돈육 육질지표를 제안. 특히 지방, 풍미, 조직감과 같은 소비자 기호도 패턴을 적용하여 육질에 근거한 다양한 품질지표 제안한다. 육질항목들의 차별화를 위해 도축 후 근육의 식육화 과정을 모니터링. 사후 근육의 온도 및 산도변화를 근거로 대사변이 분류표를 작성하여 품질지표 제안시 근거자료로 활용한다.
- 자돈기 및 육성기의 사료 내 라이신과 에너지의 수준별 급여가 자돈 및 육성-비육돈의 생산성과 육질에 미치는 영향을 규명하여 성장기의 라이신과 에너지의 조절이 차후 비육기의 돈육품질에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 처리구는 자돈기·육성기에 1) LE1: 모든 영양소를 NRC(1998)기준에 맞추어 급여, 2) LE2: ME함량 NRC 요구량 기준, 라이신함량 NRC 요구량의 80%급여, 3)LE3: ME함량 NRC 요구량 대비 10%증가, 라이신함량 NRC 기준급여, 4) LE4: ME함량 NRC 요구량 대비 10%증가, 라이신함량 NRC 요구량 대비 80% 급여 였으며, 비

육기에는 영양소를 NRC 기준에 맞게 배합한 사료를 일괄 급여하였다. 각 사양 단계별 체중과 사료섭취량이 측정되었으며, 경정맥에서 혈액을 채취하였다. 자돈기와 육성기에 대사들을 이용하여 영양소 소화율을 측정하였고, 사양실험 종료 후 출하 시 등심의 일부를 채취하여 육질분석에 이용하였고 삼겹살의 일부를 채취하여 등심과 삼겹살의 지방산조성을 분석 하였다. 자돈기와 육성기의 해부실험을 통해 자돈과 육성돈의 등심과 삼겹살의 일부를 채취하여 지방산 분석에 추가로 이용하였다.

2. 2차년도 연구개발의 내용 및 범위

- 1차년도에 이어 공시돈, 검정돈에 대한 유전자마커 검사를 실시했다. 삼겹살의 규격과 표준화 설정, 등심의 근내지방도 증가에 따른 전문가, 소비자들의 반응을 모니터링 했다. 위탁 연구팀 조사 내용으로 경제적으로 부가가치를 극대화 시키는 요인을 규명, 연구했다.
- 1차년도의 초음파 이미지 분석과 측정결과(마블링스코어)와 도축후 육질형질(연도, 보수력, 산도 및 근내지방도) 분석 결과간의 유전상관 및 표현형 상관을 통하여 이미지(image) 분석 모형을 개발한다. 또한 생돈에서의 삼겹살 육질을 진단할 수 있는 기술을 개발하기 위하여 돼지 5번 늑골에 해당하는 앞다리 뒷부위의 복부를 돼지 체장과 직각되도록 탐색자(프로브)로 밀착시켜 측정한다.
- 1차년도에 제안한 품질지표를 기준으로 돈군을 분류하여 각 그룹별로 근육의 대사적특성, 최종 산도, 근내지방도, 육색지수에 따른 육질분포 확인. 육질지수를 체계화하기 위해 제안된 여러 품질지표를 보다 세분화 하여 변이요인별 연관성 분석을 실시한다. 등심근은 육량 및 육질분석의 대표 근육으로 이용되며 현재까지 설정된 등심근의 육질분류체계를 이용하여 육질 평가지수 설정 및 제안한다. 삼겹살의 경우 품질평가에 대한 기준이 모호하고 일관성이 없어 소비자를 대상으로 한 품질기준지표 조사 실시한다. 삼겹살 부위의 외관, 지방조직 및 적육조직에 대한 품질기준 항목을 구분하여 설정하며 최종적으로 각 분석항목을 종합한 육질지표를 설정한다.
- 본 과제 중 2년차 연구과제는 사료 내 라이신 수준을 조절함으로써 육성기 부터 출하 시 까지 돼지의 성장과 돈육의 상감도 및 육질을 최적화 시킬 수 있는 적정 라이신 수준을 설정함으로써 라이신의 제한사양이 육성-비육돈의 성장능력, 영양소 소화율, 지방산 조성 및 육질에 미치는 영향을 규명하기 위해 수행되었다. 처리구는 1) CON: 모든 영양소를 NRC(1998)의 기준에 맞추어 급여, 2)LD1: CON대비 90% 라이신 수준 급여, 3)LD2: CON대비 80% 라이신 수준 급여,

4)LD3: CON대비 70%라이신 수준 급여였다. 각 사양단계별 체중과 사료섭취량이 측정되었으며 경정맥에서 혈액을 채취하였다. 육성기에 대사들을 이용하여 영양소 소화율을 측정하였고 사양실험 종료 후 출하 시 등심의 일부를 채취하여 육질분석에 이용하였다.

3. 3차년도 연구개발의 내용 및 범위

- 순중돈 등의 육질과 검정중돈 산육 형질과 유전자마커간의 상관관계분석을 계속했다. 비육돈 840두의 도체형질과 부위별 중량을 측정하여 고부가가치 체고 요인을 구명했다.
- 초음파기계로 측정한 마블링스코어의 정확도 향상을 위한 기본데이터 축적후 예측모형의 정확도 검증실시후 수정보완작업 실시. 이를 위해 도축검사로 측정한 근내지방도와 생체에서 측정한 마블링스코어간의 상관분석 실시. 또한 품종별, 성별 유의성 검정을 실시하여 모형의 오차를 감소시킬 수 있는 방안 강구한다. 생돈에서 삼겹살 육질 진단을 위해 초음파 기계를 이용해 측정한 이미지분석을 위한 소프트웨어 개발. 초음파기계를 이용해 삼겹살 품질과 도축후 삼겹살 품질과의 연관성 분석 실시하여 모형을 개발한다.
- 등심과 삼겹살의 육질특성 분석을 통해 각 개체내 두 부위의 연관성을 분석하며, 외관, 지방·적육비율, 육질등급에 따른 전체 기호도를 실험실내 객관적 분석기법을 이용하여 분석. 이를 기초로 기호도 조사를 실시하여 각 부위별 육질지수를 검증한다. 설정된 육질지수의 실용화를 위해 각 육질지수를 이용한 국내 돈군의 육질등급별 출현빈도를 모니터링함. 각 출현등급별로 육질분석을 실시하여 설정된 육질지수를 검증한다. 육질지수를 기준으로 지방 및 적육조직의 조성변이를 분석하고, 현장적용성을 검증한다.
- 3년차 연구과제는 라이신 에너지 수준이 비육돈의 성장능력, 영양소 소화율, 혈중 요소 태 질소, 육질에 미치는 영향을 조사함으로써 비육기의 라이신과 에너지 조절만으로 충분한 근내지방을 합성할 수 있는가를 타진하고 고품질 돈육을 위한 최적화된 라이신 에너지 수준을 설정하기 위해 수행되었으며 1, 2, 3년차 연구과제의 결과를 통합하여 고품질 돈육 생산을 위해 최적화된 사양관리 시스템을 설정하였다. 처리구는 1) Control: 모든 영양소를 NRC(1998) 기준에 충족한 사료 급여 (ME-3,265 kcal/kg; 라이신-비육전기 0.75%, 비육후기 0.60%), 2) HL1: ME-100kcal/kg 증가; 라이신-NRC기준 15%제한급여, 3) LL1: ME-100kcal/kg 증가; 라이신-NRC 기준 30%제한급여, 4) HL2: ME-200kcal/kg 증가; 라이신-NRC기준 15%제한,

5) LL2: ME-200kcal/kg; 라이신-NRC기준 30%제한이었다. 각 사양단계별 체중과 사료섭취량이 측정되었으며 경정맥에서 혈액을 채취하였다. 육성기에 대사틀을 이용하여 영양소 소화율을 측정하였고 사양실험 종료 후 출하 시 등심의 일부를 채취하여 육질분석에 이용하였다. 각 사양단계별 체중과 사료섭취량을 통해 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율이 계산되었고 채취한 혈액은 BUN분석에 이용하였다. 대사실험은 대사틀에서 개별적으로 전분채취법으로 시행되었고. 출하 시 채취한 등심을 이용하여 일반성분, 시간 별 육색과 산도, 보수력, 전단력, 상강도, 지방산 산패도, 지방산 조성 등을 분석하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 고부가가치 돼지 생산을 위한 요인분석

본 연구의 육질 형질과 유전자 마커간의 관계 구명결과 PRKAG3의 199 I/199 I 유전자형이 유의성 있게 마블링 스코어가 높고 보다 부드러웠다. 또한 Msp1-HFABP유전자의 11유전자형의 마블링 스코어와 연도가 높았다.

MC4R 유전자 11유전자형의 등지방 두께가 두껍고 일당증체증이 무거웠다. 최소한 PRKAG3, Msp1-HFABP, MC4R 유전자는 대한양돈협회 종돈능력검정소와 한국종축개량협회의 농장 검정 선발지표로 사용이 가능하다.

지난 10여년간 비육돈의 출하체중은 매년 0.7363kg 씩 증가해 2008년의 평균 출하체중은 111kg 이었다. 부가가치를 높이기 위한 가장 빠른 방법은 체중을 늘리는 것이다. 정육율을 하락시키지 않을 경우 120kg 에 출하가 가능하다. 이를 위해서 현재 19.3mm 의 등지방두께를 2.7mm 더 낮출 때 가능하다는 사실을 밝혔다. 이 사실은 종돈의 등지방두께 형질의 개량 지표를 재검토해야 하는 이론적 근거를 제시했다. 고부가가치를 높이기 위한 정육율 향상 요인으로 후지, 등심, 전지, 목살 부위 순서대로 그 중량이 큰 영향을 준다는 사실을 밝혀 종돈 선발시 체폭을 늘이는 등심단면적, 체폭 형질의 중요성을 부각시켰다. 고부가가치의 삼겹살 크기를 키우기 위한 지표로 척추 숫자가 제시 되었다.

2. 초음파기계를 이용한 생체 등심 마블링스코어 측정

1차년도 연구개발의 목표는 생돈에서 측정한 마블링스코어와 도체에서 측정한 근내지방도간의 상관관계를 규명과 생돈의 4~5번째 늑골부위에서 측정한 삼겹살이미

지를 수집(collection)하는 것이 주목적으로 연구되었다. 평가의 착안점은 초음파기계(Aloka 500 SSD)를 활용하여 생돈의 최후 늑골부위 등심이미지 측정하여 이미지 분석용 소프트웨어를 활용하여 마블링스코어를 예측하고, 도축후 도체의 10번째 갈비뼈 근처의 등심표본채취후 pH변화, 일반성분, 보수력, 육즙손실 및 근내지방도를 분석하여 일반상관도분석 및 순위상관도 분석을 실시하였다. 또한 4~5번째 늑골에 해당하는 앞다리 뒷부분의 복부를 돼지 체장과 직각되도록 탐색자로 밀착시켜 삼겹살부위 초음파 이미지를 수집하여 2년차와 3년차에 예측모형을 개발하는데 기초자료로 이용하고자 하였다.

2차년도 연구개발의 목표는 품종별 생돈에서 측정한 마블링스코어와 도체에서 측정한 근내지방도간의 상관관계를 규명하여 근내지방도와 마블링스코어간 예측모형을 개발하고 또한 생돈의 4~5번째 늑골부위에서 측정한 삼겹살이미지를 분석(analysis)을 목적으로 연구되었다. 평가의 착안점은 이미지 분석용 소프트웨어를 활용하여 예측한 마블링스코어와 도체에서 측정한 근내지방도사이의 예측모형을 개발하기위해 상관도분석과 회귀분석을 실시하였다. 또한 3년차의 회귀모형을 검증할 수 있는 기초자료로 자료를 축척하였다. 또한 4~5번째 늑골에 해당하는 앞다리 뒷부분의 복부를 돼지 체장과 직각되도록 탐색자로 밀착시켜 삼겹살부위 초음파 이미지를 수집하여 모형개발에 착수 하였다.

3차년도 연구개발의 목표는 생돈에서 측정한 마블링스코어와 도체에서 측정한 근내지방도 사이의 예측모형을 개발하고 개발된 예측모형을 검증하였다. 또한 생돈의 4~5번째 늑골부위에서 측정한 삼겹살이미지를 분석(analysis)하여 모형을 개발하는 것이 주목적으로 연구되었다. 평가의 착안점은 초음파기계를 활용하여 측정한 마블링스코어와 도체에서 측정한 근내지방도 사이의 예측모형을 검증하기 위한 Spearman 의 rank correlation을 실시하고, 마블링스코어에 따른 근내지방도를 추정할 수 있는 regression analysis를 실시하였다. 또한 3년차의 회귀모형을 검증할 수 있는 기초자료로 자료를 축척하였다. 또한 초음파기계를 활용하여 삼겹살의 품질을 평가하기 위해 Shaw 와 Rossetto(2003)이 개발한 예측모형을 활용하여 도체에서 측정한 4~5번째 늑골부위에서 측정한 초음파 이미지와 도체에서 측정한 삼겹살 이미지를 비교분석하여 새로운 모형을 개발 하였다.

본 연구는 초음파기계를 활용하여 예측한 마블링스코어와 도체에서 측정한 근내지방도간에는 일반상관 및 순위상관도에서 매우 고도의 상관관계를 보였다. 이 결과로서 실제 근내지방도를 개량하는데 초음파기계를 활용할 경우 그 효율이 매우 높다는 것을 알 수 있다. 또한 도체의 삼겹살 품질을 측정하는 대신에 초음파기계를 활용하여 삼겹살의 품질을 측정할 수 있는 모형을 개발하였다.

3. 돈육의 육질특성 분석 및 육질 평가시스템 개발

○ 돈육의 육질특성 분석 및 품질지표 제안: 국내 유통되는 다양한 품종(버크셔, 듀록, 하이마블링 듀록, 요크셔, 랜드레이스 및 교잡종)과 각 품종의 성별에 따른 다양한 육질과 육량 평가 항목을 객관적이고 과학적인 방법과 주관적 방법을 병행하여 측정하고, 항목 간 상관성을 분석하였다. 사후대사속도가 빠르게 진행된 랜드레이스, 요크셔는 보수력도 다른 품종에 비해 떨어지는 것으로 분석되었으며, 사후대사속도가 안정적인 버크셔와 듀록의 경우에는 보수력도 우수한 것으로 분석되었다. 또한 버크셔, 듀록, 하이마블링 듀록은 NPPC 육색지수 및 상강도도 다른 품종에 비해 우수한 것으로 분석되었다. 생체중 및 도체중은 교잡종이 다른 품종에 비해 적은 것으로 분석되었으며, 체장 역시 교잡종이 적은 것으로 나타났다. 그러나 등지방 두께는 교잡종이 가장 두꺼운 것으로 나타났고, 등심근 단면적과 등심무게는 적었다. 육량 및 육질특성 간 상관관계 분석에서는 생체중이 높은 개체일수록 생체장, 생체폭, 도체중, 도체장 및 등심무게의 수치도 높은 것으로 분석되었다. 특히 생체장은 도체장과 정의 상관관계를 나타내며, 생체장이 긴 개체는 척추수도 많은 것으로 분석되었다. 근육의 pH_{24h}는 상강도와 육색지수 및 지방함량과 정의 상관관계를 보였으며, 유리육즙량과 가열감량과는 부의 상관관계를 나타내었다. 상강도의 경우 육색지수와 정의 상관관계를 나타냈으며, 명도와는 부의 상관관계를 나타냈고, 조지방함량과는 정의 상관관계를 나타냈다. 유리육즙량의 경우 명도와 상관도를 나타냈다. 항목들간의 다각적인 분석방법을 통하여 돈육의 특성을 잘 나타낼 수 있는 대표항목을 설정, 이를 이용하여 품질지표를 제안하고, 기존의 육질분포와의 연관성 및 차별성을 검증하였다. 품질지표의 선정은 돈육의 NPPC 육색(3.0-5.0), 상강도(2.0-4.0) 및 육즙손실(2.5% 이하)을 기준으로 하였으며, 모든 항목에서 일치된 수치를 보이는 돈육을 high quality pork(HQ pork), 그렇지 않은 돈육을 normal quality pork(NQ pork)으로 설정하였다. HQ pork는 정상육인 RFN에 비해서 안정적인 대사속도를 가지며, 짙은 육색 및 높은 상강도를 나타내는 것이 특징이며 육즙손실이 적게 나타나는 것을 특징으로 한다. 이러한 결과는 제안한 육질지표가 기존의 육질분포보다 효과적인 품질지표로서의 유효성을 보여준 것이다.

○ 육질 평가지수의 실용화 구축: 근육의 조직학적, 대사적 특성을 이용하여 돈육질의 변이를 설명하고자 하였다. 사후 45분의 글리코젠함량 적고 젖산의 함량이 많을수록 사후 초기 대사속도가 빠르며, 글리코젠과 젖산함량이 모두 높은 근육은 빠른 사후대사속도와 더불어 창백한 육색, 많은 육즙손실량, 그리고 과도한 단백질 변성이 일어났다. 또한 글리코젠과 젖산함량이 낮은 근육은 글리코젠과 젖산함량이 높은 근육에 비해 근섬유 유형 IIB의 조성비율이 높고, 유형 I의 조성비율이 낮았

다. 따라서 사후 글리코젠과 젖산의 함량은 사후대사변이와 육질변이를 설명할 수 있는 항목이며, 이는 부분적으로 근섬유 조성에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 다양한 육질평가를 통해 얻어진 항목을 통계분석을 실시, 대표 육질항목을 설정하고, 이를 이용하여 육질을 종합적으로 평가할 수 있는 육질평가지수식을 산출하였다. 산출된 육질평가지수식으로부터 얻어진 육질평가지수를 객관적 육질평가와 주관적 관능평가 항목과의 상관성 분석을 통해 유의성을 검증하였다. 제안 육질평가지수 1은 육질지표 품질그룹 간 뚜렷한 차이를 나타내어 육질평가지수의 품질그룹에 대한 효용성을 검증하였다. 또한 제안 육질평가지수 1은 모든 육질평가 항목과 유의적 상관관계를 가져, 객관적 및 주관적인 육질을 나타내는 평가지수로의 활용 가능성이 높았다. 마지막으로 삼겹살의 육질평가 항목을 기준으로 삼겹살 육질지표를 설정하였다.

○ 특화 육질지수의 객관성 검증: 돼지의 등심과 삼겹살 부위의 객관적 육질특성과 관능적 특성 등 다양한 육질평가를 실시하고, 육질지표에 따른 각 항목의 차이 분석을 실시하였다. 돈육 등심에서는 보수력을 나타내는 항목인 유리육즙량, 여과지 흡수량이 육색과 부의 상관관계를, 다양한 관능적 특성항목들(연도 항목, 다즙성, 풍미강도 및 이취, 입안 코팅, 잔여물의 양)과 상관관계를 가졌다. 육질지표에 의해 분류된 그룹에 따른 기호도 평가에서는 PQ (primium pig), HQ, NQ, AbQ(abnormal pig)으로 기호도가 낮아져 제안된 육질지표가 소비자 기호도를 나타내는데 유효성이 있는 것으로 검증되었다. 또한 여러 육질특성 항목을 이용하여 등심육질평가지수와 마찬가지로 삼겹살 부위에 적합한 삼겹살 육질평가지수를 창안하였다. 등심 및 삼겹살 부위의 여러 육질특성 항목, 등심 육질평가지수, 삼겹살 육질평가지수 간 다각적인 통계분석을 실시하였다. 육질특성 항목과 삼겹살 관능특성 항목 간 상관관계에서는 돈육 등심 마블링이 삼겹살의 관능적 특성과 부분적으로 연관되어 있는 것으로 나타났다. 육질지표에 의한 그룹에 따른 삼겹살 기호도 분석에서는 돈육 등심과 유사하게 PQ, HQ, NQ, AbQ 순으로 기호도가 낮아져 육질지표의 삼겹살에 대한 유효성 역시 검증할 수 있었다. 삼겹살 육질평가지수 1은 삼겹살의 육질특성 항목 뿐만 아니라 관능적 특성항목, 등심 육질평가지수 1과 상관관계가 있는 것으로 나타나 삼겹살의 육질을 나타낼 수 있는 지수로서의 활용성을 검증하였다. 국내 유통되는 돈육에 육질지표 및 육질평가지수를 적용, 그 분포를 분석하여 육질평가지수의 객관성을 검증하였다. 육질지표 적용에 따른 결과로 평균의 육질을 나타내는 NQ의 비율이 가장 높았으며, HQ와 AbQ가 다음으로 높았고, 최우수 육질의 PQ가 가장 낮게 나타나 육질지표의 현장 적용 가능성을 검증하였다. 등심 육질평가지수 1은 많은 육질평가 항목에서 우수하게 나타났던 버크셔와 듀록이 가장 높은 것

으로 나타났고, 반대로 육질평가 항목에서 낮게 평가되었던 교잡종이 가장 낮은 것으로 나타나 그 객관성을 검증하였다. 또한 삼겹살 육질평가지수는 육질지수의 분포가 평균 육질을 나타내는 그룹이 가장 많고, 우수한 그룹과 낮은 그룹이 비슷한 것으로 나타났다. 결론적으로 특화 육질지수가 돈육의 육질의 차이를 객관적으로 설명하고 있다고 검증되었다.

4. 고수율·고품질 돈육 생산을 위한 사양프로그램 개발

본 과제에의 1년차 실험의 결과 자돈기에는 에너지를 10% 증가시킨 LE3과 LE4처리구의 사료효율이 증가되었지만($P<0.05$), 영양소 소화율의 결과를 보았을 때 라이신을 제한시킨 LE2와 LE4처리구의 질소축적율이 다른 처리구에 비해 낮았으며, LE4처리구의 경우 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 이러한 질소축적율의 차이는 육성기의 실험처리구간의 성장차이를 가져왔다고 사료된다. 육성기에도 라이신을 제한시킨 LE2와 LE4처리구가 다른 처리구에 비해 낮은 성장률을 보였으며, 육성기의 혈중 요소태 질소 함량의 결과와 유사하였다. 비육기의 사료는 모든 처리구가 동일한 NRC(1998) 요구량의 영양소 수준을 갖춘 사료가 급여되었으며 최종 비육 10주령에서 모든 처리구의 체중수준에 처리구간의 차이가 사라졌다. 이는 충족한 영양소 함량의 사료 급여로 인한 보상성장으로 사료된다. 육질의 경우 LE2와 LE3처리구의 CIE a값이 높게 나타나 육색이 개선되었으나($P<0.01$) 지방함량, 상강도, 보수력, 전단력 등 육질에는 큰 차이를 보이지 않았다. 결과적으로 자돈, 육성기의 성장은 에너지보다 라이신의 제한에 영향을 받으며 이후 일반적인 사료를 10주간 급여하였을 시 비육돈은 육질과 성장능력에 큰 영향을 보이지 않는 것으로 나타났다.

2년차 실험의 결과 육성기에는 CON과 LD1처리구의 일당증체량과 사료효율이 다른 처리구에 비해 유의적으로 높았으며($P<0.01$) 비육기의 경우 라이신을 30%제한시킨 LD3처리구의 일당증체량과 사료효율이 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 전구간에 걸쳐 낮은 사양성적을 기한 LD3처리구의 비육 종료 시 혈중 요소태 질소가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 영양소 소화율 실험에서는 처리구간의 차이가 나타나지 않았다. 출하 시 등지방두께는 모든 라이신 제한 처리구가 CON 대조구에 비해 높은 등지방 두께를 보였으나 통계적 유의차는 발견되지 않았고, LD1처리구가 육량과 육질등급이 모두 높게 나타났다. 육질분석 결과는 LD2와 LD3처리구의 등심의 조지방 함량이 기타 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05$), NPPC 상강도 또한 높게 나타났다($P<0.10$). LD2 처리구의 보수력, 전단력이 다른 처리구에 비해 높은 경향을 보였고 라이신의 제한에 따라 포화지방산 비

율이 증가되는 경향을 보였다. 육성, 비육기의 라이신의 제한은 효과적으로 지방합성을 유도할 수 있는 것으로 나타났으며 라이신의 20%이상의 제한은 성장을 제한하지만 돈육의 지방함량과 육질을 개선하는 효과를 보였으며 30%의 제한은 20%보다 지방축적에 큰 효과를 보이지 않아 라이신의 20%제한이 고품질 돼지의 생산을 위한 적정선으로 규명되었다.

3년차 실험의 결과 에너지 함량과는 큰 상관없이 라이신 수준이 30% 제한된 LL1과 LL2처리구의 체중이 다른 처리구에 비해 낮게 나타났으며 비육후기의 일당증체량과 사료효율이 이 유의적으로 낮게 나타났고 혈중 요소태 질소의 함량이 높게 나타났다($P<0.01$). 영양소 소화율 실험에서도 LL1처리구의 단백질 소화율이 유의적으로 가장 낮아($P<0.05$) 단백질 이용률이 저해되었다. 육질의 경우 LL1과 HL2처리구가 높은 수준의 지방함량과 상강도를 보였고 라이신의 저감과 에너지의 증가에 따라 등심의 조지방 함량이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났으며($P<0.01$), LL1과 HL2, LL2처리구의 지방함량과 상강도가 크게 증가되었다($P<0.05$). 비록 처리구간의 유의적인 차이는 발생하지 않았지만 조지방 함량이 높게 나타난 LL1 처리구와 HL2처리구의 보수력이 다른 처리구들에 비해 높은 경향을 보였다. 결과적으로 라이신 함량을 15% 낮추고 에너지 수준을 200kcal/kg 높게 한 수준이 성장을 크게 제한하지 않고 높은 상강도를 가진 경제적인 고품질 돈육을 생산 할 수 있는 최적 수준으로 나타났다.

위의 결과들에 의하면 자돈기의 라이신과 에너지의 조절은 고품질 돈육의 생산에 큰 이점을 제시하기 힘들다고 사료되며, 돈육의 지방함량은 사료 내 에너지 함량의 증가에 따라 영향을 받기도 하지만 주로 라이신의 함량에 따라 크게 좌우되는 것으로 나타났고, 200kcal/kg 이상의 높은 에너지와 30%이상의 라이신의 제한은 성장에 부정적인 영향을 보이며 육질에도 큰 개선을 가져오지 못하는 것으로 사료된다. 결론적으로 고품질 돈육 생산을 위한 사료 내 라이신 함량의 제한은 육성, 비육기의 NRC(1998)기준 15-20% 수준이 적합하고 에너지의 증량은 약 200kcal/kg수준이 적합하리라고 사료되며 비육기의 조절만을 통해서도 높은 상강도의 고품질 돈육을 생산할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 육성기의 라이신과 에너지의 조절은 비육기의 조절보다 큰 효과를 기대하기는 어려우나 최종 상강도를 극대화하기 위해서는 육성기부터의 조절을 고려해야 할 것으로 사료된다.

본 연구는 각 사양단계별 라이신과 에너지의 수준을 제한함으로써 상강도가 높은 고품질 돈육을 생산하기 위한 사양시스템을 개발하기 위해 수행되었고, 연구결과는 소비자들의 요구에 부합하고 한국산 돼지고기의 해외경쟁력을 확보할 수 있는 고품질 돈육을 생산할 수 있는 방향을 제시하였다. 이는 사양농가에 적용되어 높은 상

강도의 돈육을 생산할 수 있는 사양기술로 활용되거나 사료회사를 통해 차별화된 돈육을 생산하고자 하는 농가의 육질개선폰 사료를 제조하는데 이용될 수 있다. 또한 본 연구는 다른 고폰질 전략과 병합하여 더욱 고폰질의 돈육연구에 활용될 수 있는 기초 자료를 제시하였다.

SUMMARY

Section 1. Studies on factors for value added pig production.

Genetic markers of PRKAG3, Msp1–HFABP genotypes can be utilized to select pigs with high marbling scores and tenderness of pork quality.

MC4R gene marker also can be utilized high daily gain and feed efficiency traits. These 3 gene markers can be utilized for central test station and farm test program along with existing selection indices in Korea. Average live weight for slaughtering pig is 111kg in 2008. The average market finisher weight has been increased by 0.763kg annually during last 15 years.

To increase revenue of finishers, the marketing weight should be increased. It is concluded that backfat thickness should be decreased by 2.7mm at 110kg live weight to increase market weight up to 120kg without losing lean percent.

The important factors to increase lean percent of carcass weight are ham, loin, Boston butt and picnic shoulder in order. The number of back bone can be indicator of length of belly of pigs.

Section 2. Prediction of intramuscular fat percentage in live swine using real-time ultrasound.

The use of real-time ultrasound to estimate backfat thickness and loin muscle area has been well documented in both swine and beef cattle. Currently, this technology has needed estimated of IMF percentage in breeding stock. Accurate and reliable estimates of IMF percentage in breeding stock are needed to increase genetic improvement. Therefore, the objective of this study was to develop a model to predict of intramuscular fat percentage and to develop a model to predict belly quality in live swine.

The Pearson correlation and Spearman rank correlation between carcass IMF (Intramuscular fat) and predicted IMF were 0.76, 0.82, respectively. The

Pearson correlation between carcass IMF and predicted IMF 0.75 in Berkshire, 0.78 in Duroc, 0.85 in Landrace, 0.91 in Yorkshire, 0.82 in F₁(Landrace × Yorkshire), 0.92 in Commercial product(L×Y×D), respectively. The Spearman rank correlation between carcass IMF and predicted IMF 0.79 in Berkshire, 0.78 in Duroc, 0.82 in Landrace, 0.93 in Yorkshire, 0.75 in F₁(Landrace × Yorkshire), 0.91 in Commercial product(L×Y×D), respectively.

Regression of carcass IMF on predicted IMF showed y-intercepts that ranged from -0.005 to 0.836, with regression coefficient from 0.815 to 0.993. Regression coefficient and I-intercepts of carcass IMF on predicted IMF for Berkshire were 0.966, 0.257, respectively. Regression coefficient and I-intercepts of carcass IMF on predicted IMF for Duroc were 0.815, 0.836, respectively. Regression coefficient and I-intercepts of carcass IMF on predicted IMF for Landrace were 0.902, 0.202, respectively. Regression coefficient and y-intercepts of carcass IMF on predicted IMF for Yorkshire were 0.993, -0.005, respectively.

Heritabilities estimates for pH_{24h}, CIMF, UIMF, Hunter L value, a value, b value, cooking loss, tenderness were 0.74, 0.88, 0.85, 0.56, 0.66, 0.65, 0.38 and 0.61, respectively.

The genetic correlation of CIMF, UIMF, Hunter L, a, b, cooking loss with pH at 24. were -0.15, -0.14, -0.45, -0.28 -0.42 and -0.17, respectively. The genetic correlation of UIMF, Hunter L, a, b, cooking loss, tenderness with CIMF were 0.75, 0.27, 0.37, 0.48 0.03 and -0.23, respectively. The genetic correlation of Hunter L, a, b, cooking loss, tenderness with UIMF were 0.24, 0.30, 0.41, 0.01 and -0.04, respectively. The genetic correlation of Hunter L, a, b, and tenderness with cooking loss were 0.23, 0.13, 0.15 and -0.04, respectively.

The multiple regression coefficient of carcass bellies on ultrasound bellies were 0.484 at IMFA(inter-muscular fat area), 0.549 at BF(backfat), -0.226 BMA(boneless muscular area), 0.271 at SFA(skin fat area), respectively.

The result of this study indicate that estimation of intramuscular fat percentage in the live pig using real time ultrasound is feasible. The ability to measure intramuscular fat and belly quality in the live pig will allow identification of superior breeding stocks and the use of intramuscular fat in selection program. Future the model for prediction be tested across different breed stocks.

Section 3. Analysis of pork quality characteristics and develop of pork quality assessment indicator

Analysis of pork quality characteristics and design of meat quality class:

In Korea, Berkshire, Duroc, high marbling Duroc, Yorkshire, Landrace, and LYD pigs were investigated for design of meat quality class. Their sex and breed characteristics were evaluated objectively and subjectively by various methods. In addition, each parameters were analyzed by correlation analysis. Landrace and Yorkshire with rapid postmortem metabolic rate have a lower water holding capacity (WHC) compared to Berkshire and Duroc. Moreover, Berkshire, Duroc and high marbling Duroc showed higher NPPC marbling and color scores than other breeds. Comparing other breeds, LYD showed a lower live weight and carcass weight, and also showed shorter body length. Loin eye area and loin weight of LYD was small and light, but back-fat thickness was thicker than other breeds. From the results of correlation analysis among live body traits, carcass traits, and quality traits, live weight was positively related with live body length, live body width, carcass weight, carcass length, and loin weight. Specially, live body length had positive relationship with carcass length, and pigs with longer live body length had more back bone numbers. Muscle pH at 24 h postmortem was a positively related to National Pork Producers Council (NPPC) marbling and color scores, and crude fat content, and negatively related to drip loss and cooking loss. NPPC marbling score had positive relationships with NPPC color score and crude fat content, and had negative relationship with lightness.

By various analysis, representative parameters were selected, and meat quality indicators was established. In addition, meat quality indicator was validated based on relationship and differences with distribution of pork quality. Meat quality indicator was divided based on color NPPC (3.0–5.0), marbling (2.0–4.0) scores, drip loss (less than 2.5%), pork which agree with criterions of previous mentioned parameters entirely was designated as high quality pork (HQ pork), or if not, designated as normal quality (NQ) pork. HQ pork showed a higher quality than normal pork, especially had more stable metabolic rate, more dark-reddish color, higher marbling, and lower drip loss. This indicated that the

established meat quality indicator have more significance compared to meat quality distribution.

Application of meat quality index: Pork quality variation was investigated by histochemical and metabolic characteristics of the porcine muscle. Muscles with low glycogen and high lactate contents at 45 min postmortem showed rapid metabolic rate during early postmortem. Muscles with high glycogen and lactate contents at 45 min postmortem showed rapid metabolic rate during early postmortem and also showed pale meat color, high drip loss, severe protein denaturation. Muscles with low glycogen and lactate contents at 45 min postmortem composed of higher percentage of muscle fiber type IIB and lower percentage of type I compared to muscles with high glycogen and lactate contents at 45 min postmortem. Thus, glycogen and lactate contents at the early postmortem period are the parameters that can partially explain the variation of postmortem metabolism and of meat quality, and muscle fiber composition has effect on metabolite contents at the postmortem period. Various parameters from different meat quality assessments were analyzed in statistics, and representative parameters were selected to establish the meat quality index. Established meat quality index was validated by correlation analysis with objective and subjective meat quality traits. Pork loin quality index 1 showed significant difference among meat quality groups divided by meat quality indicator. It indicated the significance of pork loin quality index 1 against meat quality indicator. Moreover, pork loin quality index 1 was significantly correlated with all meat quality traits. This imply that pork loin quality index 1 has possibility for index representing objective and subjective meat quality characteristics. Pork belly quality indicator was established based on various parameters, including NPPC color and marbling, muscle pH_{45 min}, filter-paper fluid uptake (FFU), fat layer thickness, fat color and firmness, for pork belly quality assessment.

Objectivity of meat quality index for verification: We investigated meat quality traits and sensory characteristics of pork loin and belly, respectively. The differences also were analyzed by meat quality index. In pork loin, drip loss and FFU were negatively related with meat color. The WHC was related with sensory quality, including tenderness, juiciness, flavor intensity, off-flavor, mouth coating, and amount of perceptible connective tissue. In according to meat

quality class, overall acceptability of different groups confirmed their meat quality class. In addition, we invented pork belly quality index through selected meat quality indicator. By pork belly quality index, several statistical results were obtained. First, marbling score of pork loin was partly related with several sensory characteristics of pork belly. In overall acceptability of pork belly, PQ (prime quality), HQ, NQ, and AbQ (abnormal quality) groups of overall acceptability were decreased in order of their quality class. These results may explain that meat quality class were valid. Second, The pork belly quality index 1 was related with not only pork belly quality traits but also sensory characteristics and pork loin quality index 1. Third, to verify the objectivity of pork belly index for the possible application, the distribution of pork belly index was analyzed in their fields. In consequence, The occurrence of NQ was the highest frequency in their pig group (about 43%). The occurrence percentage of HQ and AbQ class were 28% and 24%, respectively. The PQ class was only 5%. In finally, Berkshire of meat quality index 1 had been ranked highly in their pig breeds. However, LYD of meat quality index 1 had showed the lowest score in their pig breeds. Besides, the distribution of pork belly index 1 also exhibited normal-distribution in their pig group. Base on these results, we concluded that the objectivity meat quality index and pork quality index were confirmed by their applications in the meat industry.

Section 4. Research for high yield and high quality pork

Because of demand for lean pork, world pork producers have bred and processed to pigs to be leaner and less fat through the genetic selection and nutritional management. However, South Korean customers have a preference in fat contained pork which referred marbling and the decrease of fat contents in pork caused rising incidence of abnormal pork such as PSE (pale, soft and exudative). Abnormal pork could be characterized by poor color, highly water loss, and soft meat. Moreover it causes separation of subcutaneous fat and reduction of juiciness and flavor.

Increase of national income in Korea causes of increasing demand of high quality pork, and this resulting in changing the korean pork standard for the quality of pork.

Korean pork has been undervalued to make matter worse, the outbreak of foot-and-mouth disease in 2000 dropped the international reliability of Korean pork. However, this crisis gave many researchers in Korea to investigate many researches about production system, slaughter system and deletion of abnormal pork producing gene, etc. for improving standardization and safety of pork. In recent years, the import of American beef and FTA contract with us arouse peoples attention to the crisis of pork market, but the solution for differentiation Korean pork are disputed only and results are not exist yet except brand marketing.

Brand marketing is only activated solution in Korean pork market and many industries has promoted their product which characterized with numerous additives and specific raw materials. But many of these products are not proved scientifically and brand marketing has failed to get consumers attention toward domestic pork. In research of pork consuming chart, only 4.4% of consumers choose their pork by pork brand but 25.4% of consumers choose their pork by quality and it was followed by freshness and safety. These results demonstrated that pork quality could be the main target for differentiation of Korean pork. In case of pork market in Japan, high quality pork has been sold at high price and has competitive market. In fact, in this market, marbling considered as major factor for high quality pork and this shows the ways that we have to pursue for pork quality.

Consequently, this experiment was conducted to provide pig manage system for producing high marbled pork through evaluation of nutritional change in feed and it's effects on growth of pig and intramuscular fat contents in pork.

The first experiment was conducted to evaluate the effect of dietary low lysine and high energy density on the growth performance and nutrient digestibility in weaning and growing pig, and further effect on growth performance and pork quality of finishing pig. Treatments were 1) LE1: Basal diet, NRC requirement; 2) LE2: ME-NRC req., 20% reduction of lysine than NRC req.; 3) LE3; ME-10% over than NRC req., 4) LE4: ME-10% over than NRC req., Lysine-80% than NRC req. during weaning and growing periods. And all pigs were fed same diet which all nutrients were met or exceeded the nutrient requirement of NRC(1998). Body weight and feed intake were recorded in every phase and average daily gain, average daily feed intake(ADFI) and G:F

ratio were calculated. Blood samples were collected from the anterior vena cava of each pig for measuring blood urea nitrogen (BUN) concentration when the body weights were recorded. Metabolic trial was conducted to evaluate the nutrient digestibility and nitrogen retention with total collection method in weaning and growing periods, respectively. After the growth trial, 4 pigs per treatment were collected randomly and slaughtered. Pork samples were collected from 8th and 9th rib on right side of carcass for meat quality analysis. For the evaluation of fatty acid composition, longissimus muscle and belly sample of weaning and growing pigs were collected by dissection. In the result of the first experiment, LE3 and LE4 treatments which supplemented feed with 110% ME density showed significant higher G:F ratio than 100% ME density treatments ($P < 0.05$). In metabolic trial, LE and LE4 treatments showed lower nitrogen retention than other treatments and this result can explain the reason of lower growth performance of lower lysine group. During growing period, in showed lower growth performance and BUN concentration were observed. However, when pigs were fed the same diet, difference of growth performance among treatments were disappeared at the end of experiment. This result could explained with compensatory growth of finishing pigs. In pork quality analysis, only CIE a value were improved in LE2 and LE3 treatments ($P < 0.01$) and fat contents, marbling score, water holding capacity and shear forces were not showed significant difference. Consequently, growth in weaning and growing periods were more affected by lysine level than energy density of feed and pork quality were not improved enough if pigs fed feed with adequate nutrient in finishing period.

The second experiment were conducted to evaluate the effect of lysine limitation on growth performance, nutrient digestibility and meat quality in growing, finishing pig. Treatments were 1) CON: basal diet, NRC(1998) req.; 2) LD1: reduced 10% dietary lysine level than basal diet; 3) LD2: reduced 20% dietary lysine level than basal diet; 4) LD3: reduced 30% dietary lysine level than basal diet. Body weight and feed intake were recorded in every phase and ADG, ADFI and G:F ratio were calculated. Blood samples were collected from the anterior vena cava of each pig for measuring blood urea nitrogen (BUN) concentration when the body weights were recorded. Metabolic trial was conducted to evaluate the nutrient digestibility and nitrogen retention with total

collection method in weaning and growing periods. After the growth performance experiment, 4 pigs per treatment were selected randomly and slaughtered for analysis of pork quality. Meat samples were collected from 8th and 9th rib on right side of carcass for pork quality analysis. In the result of the second experiment, CON and LD1 treatments showed significant higher ADG and G:F ratio than other treatments in growing period ($P < 0.01$). But lower growth performance was observed in LD3 treatment during entire experimental period ($P < 0.05$) and BUN concentration of LD3 treatment at the end of finishing period were the highest among treatments ($P < 0.05$). Nutrient digestibility did not changed by dietary treatments. In carcass and pork quality analysis, all the lysine limitation treatments resulted in higher backfat thickness among treatments, but significant difference were not observed. The LD1 treatment showed the best pork quantity and quality based upon korea pork grade system. Higher fat contents ($P < 0.05$) and marbling score ($P < 0.10$) were observed in LD2 and LD3 groups. Although significant difference was not observed, LD2 group showed higher water holding capacity and shear force numerically. Saturated fatty acid in pork was tended to increase by lysine limitation. Consequently, supplementation of low lysine diet during growing and finishing periods could improve marbling of pork efficiently. And lysine limitation over 10% could restrict growth performance of pig but improve pork quality. However, reduce 30% lysine did not showed better pork quality than 20%, therefore reduction of 20% lysine could be recommended for produce high marbled pork.

The third experiment was conducted to evaluate the effect of supplementation of low lysine and high energy density diet on the growth performance, nutrient digestibility and meat quality in finishing pigs. Treatments were 1) CON: basal diet, NRC(1998) req. 2) HL1: increase 100kcal/kg ME density; reduce 15% of lysine 3) LL1: increase 100kcal/kg ME density; reduce 30% of lysine and 4) HL2: increase 200kcal/kg ME density; reduce 15% of lysine;, 5) LL2: increase 100kcal/kg ME density; reduce 30% of lysine. Body weight and feed in take were recorded in every phase and ADG, ADFI and G:F ratio were calculated. Blood samples were collected from the anterior vena cava of each pig for measuring blood urea nitrogen (BUN) concentration when the body weight was recorded. Metabolic trial was conducted to evaluate the nutrient digestibility and nitrogen retention with total collection method in weaning and growing periods.

After the growth performance experiment, 4 pigs per treatment were collected randomly and slaughtered. Meat samples were collected from 8th and 9th rib on right side of carcass for pork quality analysis. In the result of the second experiment, LL1 and LL2 treatments which fed reduced 30% lysine diet showed lower body weights, ADG and G:F ratio were observed in late finishing period ($P < 0.01$). Growth performance of growing pigs was more affected by dietary lysine level than energy density. Protein digestibility of LL1 treatment was significantly lower than other treatments. In the result of pork quality analysis, fat contents and marbling score of longissimus muscle were improved in LL1, HL2 treatments and affected by lysine level as well as energy density. although significant difference were not observed, LL1 and HL2 treatments tended to improve in water holding capacity and shear force. Consequently, increase 100kcal/kg ME density with reduce 30% dietary lysine level and increase 200kcal/kg ME density with reduce 15% dietary lysine level are both effective for producing high marbled pork. And at the aspect of growth performance, increase 200kcal/kg ME density with reduce 15% dietary lysine level could be recommended.

Finally, the change of lysine level and energy density are not recommended during weaning period for increasing marbling and fat accumulation of pigs. And overabundant energy with reduce over 30% of dietary lysine was beneficial neither growth performance nor meat quality. Consequently, the present trials demonstrated that 15–20% reduction of dietary lysine with additional 100kcal ME/kg compared to NRC standard can be recommended for higher marbled pork. Moreover manipulation of dietary lysine and energy for marbled pork was efficient when treatment diets were fed to finishing pigs. Although the control of lysine level and energy density in only finishing period showed effective result in marbled pork, for producing more marbled pork, the low lysine level and high energy density diet of growing feed could be considered to maximize the improvement of pork quality.

CONTENTS

Preface	1
Summary in Korean	2
Summary in English	16
Contents in English	28
Contents in Korean	28
Chapter 1. Introduction of the research	31
Section 1. The needs and aim of the research	31
Section 2. The method and scopes of the research	37
Chapter 2. The internal and external research status	41
Section 1. The internal research status	41
Section 2. The external research status	42
Chapter 3 Experiments and results of the research	45
Section 1. Studies on factors for value added pig production.	45
Part 1. Variation of genetic marker for meat quality at different breeds in swine	45
Part 2. Variation of genetic marker for growth traits at different breeds in swine	65
Part 3. Studies on factors for value added pig production	75
Part 4. Analysis of economic factors for high yield and high quality pork	75

Part 5. Research of assessment criterion for pork bellis quality	5
Section 2. Prediction of intramuscular fat percentage in live swine	
using real-time ultrasound	106
Part 1. Prediction of intramuscular fat percentage in live swine using real-time ultrasound	106
Part 2. Development a model at assessment of belly quality in live swine using real-time ultrasound	144
Section 3. Analysis of pork quality characteristics and develop of	
pork quality assessment indicator	153
Part 1. Materials and methods	153
Part 2. Result and discussion	154
Section 4. Research for high yield and high quality pork	230
Part 1. Effect of dietary lysine level and energy density during weaning and growing periods on the growth performance, nutrient digestibility and pork quality of finishing pig	230
Part 2. Effect of dietary lysine limitation on the growth performance, nutrient digestibility, fatty acid composition and pork quality in growing-finishing pig	253
Part 3. Effect of dietary lysine limitation and increase of energy density on the growth performance, nutrient digestibility, fatty acid composition and pork quality in finishing pig	272
Part 4. Final: Research for high yield and high quality pork	279

Chapter 4 The accomplishment and contribution of the research	292
Chapter 5 Application of these researches	297
Chapter 6 Research information collected during research progressing	301
Section 1. Development of high marbling duroc using real-time ultrasound	301
Section 2. Marbling standard	301
Section 3. Nutritional researches for marbling improvement in pig	302
Section 4. NMR system for lipid analysis	303
Chapter 7 References	305

목 차

제출문	1
요약문	2
영문요약문	16
영문목차	28
목차	28
제 1 장. 연구개발과제의 개요	31
제 1절. 연구개발의 목적 및 필요성	31
제 2절. 연구개발의 내용 및 범위	37
제 2 장. 국내외 기술개발 현황	41
제 1 절. 국내 연구 현황	41
제 2 절. 국외 연구 현황	42
제 3 장. 연구개발 수행 내용 및 결과	45
제 1세부과제 : 고부가가치 돼지 생산을 위한 요인분석	45
제 1 절. 돼지 품종별 육질관련 유전적 마커에 따른 변화	45
1. 재료 및 방법	45
2. 연구 결과 및 고찰	53
제 2 절. 돼지 품종별 산육형질관련 유전적 마커에 따른 변화	65
1. 전체 검정돈의 유전적 마커에 따른 산육형질의 비교	65
2. 검정돈의 품종별 유전적 마커에 따른 산육형질의 비교	67
제 3 절. 고부가가치 돼지요인 연구	75
1. 고부가가치 도체 결정요인 연구	75
2. 공시돈 도축 형질 자료를 이용한 고부가가치돈 결정요인 연구	83
제 4절 고수율·고급 육질 돼지의 경제적 요인 분석	89
1. 돼지의 고수율 요인의 경제적 영향 분석	89
2. 비육돈의 수율과 부가가치를 극대화하기 위한 방안	94
3. 돼지의 고수율 요인의 경제적 영향 분석 결론	97

제 5 절 삼겹살의 품질 기준 연구	98
1. 외국의 삼겹살 품질 기준 연구 조사	98
2. 한국의 삼겹살 품질기준 연구(양케이트 조사)	100
제 1협동과제 : 초음파기계를 이용한 생체 등심 마블링스코어 측정	106
제 1 절. 초음파기계를 이용한 생체 마블링스코어 측정	106
1. 서 론	106
2. 재료 및 방법	106
3. 연구 결과 및 고찰	125
제 2 절. 초음파기계를 이용한 생체 삼겹살 품질 평가 모형 개발	144
1. 서 론	144
2. 재료 및 방법	144
3. 연구 결과 및 고찰	151
제 2협동과제 : 돈육의 육질특성분석 및 육질 평가시스템 개발	153
제 1 절 재료 및 방법	153
제 2 절 연구내용 및 결과	154
1. 돈육의 육질특성 분석 및 품질지표 제안	154
2. 육질 평가지수의 실용화 구축	175
3. 특화 육질지수의 객관성 검증	202
제 1위탁과제 : 고수율·고품질 돈육 생산을 위한 사양프로그램 개발	230
제 1 절. 자돈, 육성기의 사료 내 라이신과 에너지의 수준별 급여가 자돈 및 육성-비육돈의 생산성과 육질에 미치는 영향	230
1. 서 론	230
2. 재료 및 방법	231
3. 연구 결과 및 고찰	239
제 2 절. 라이신의 제한사양이 육성-비육돈의 성장능력, 영양소 소화율, 지방산 조성 및 육질에 미치는 영향	253
1. 서 론	253
2. 재료 및 방법	254
3. 연구 결과 및 고찰	261

제 3 절. 사료 내 라이신의 제한과 에너지의 증가 수준이 비육돈의 성장능력, 영양소 소화율, 혈중 요소 태 질소, 육질에 미치는 영향	272
1. 서 론	272
2. 재료 및 방법	273
3. 연구 결과 및 고찰	
제 4 절. 최종평가: 고수율 고급육질 생산을 위한 사양시스템 개발	279
제 4 장. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	292
제 5 장. 연구개발결과의 활용계획	297
제 6 장. 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	301
제 1 절. 초음파기계를 이용한 하이 마블링 듀록 개발	301
제 2 절. 상강도의 측정 기준	301
제 3 절. 영양적인 방법을 통한 상강도의 개선에 대한 연구	302
제 4 절. NMR system을 이용한 지방함량의 분석법	303
제 7 장. 참고문헌	305

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구 개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 필요성

세계적으로 양돈업은 지방함량이 낮은 돈육에 대한 소비자 선호도에 따라 생산 및 가공 방법을 개선해 왔으며, 돼지의 품종에 대한 육종계획이 성공적으로 이루어졌다. 이로 인해 최근에 생산되는 돈육은 지난 십여년 전보다 등지방 두께가 얇고 지방함량이 낮은 이른바 '정육형 (leaner meat)'으로 바뀌어 왔으며, 돈육의 육질보다는 육량을 중시하는 풍토가 자리 잡았다. 이러한 정육형 돼지는 대부분의 농가가 외래종의 모돈과 정액을 이용하고 있는 우리나라 양돈장에도 자연스럽게 적용이 되어 왔다. 하지만 정육 형으로의 유전적인 변화는 돈육의 근내지방 함량의 유의적인 감소를 초래했고 PSE(Pale, Soft, Exudative)등 이상돈육의 출현빈도가 높아지게 되었다. 일반적으로 정육형 돼지 도체는 지방이 견고하지 못하고, 피하지방이 분리되며, 육즙 감량이 많고, 다즙성과 풍미가 나쁜 것으로 알려져 있다. 또한 국내 돈육 소비 추이를 살펴보면 우리나라의 소비자들은 삼겹살과 목살, 갈비 등의 지방의 함량이 높은 부위를 선호하고 있어 정육형 돼지는 국내 시장의 상황과는 다소 괴리가 있다.

(표 1) 국내 소비자들의 지방함량에 따른 전지와 삼겹살의 선호도

	지방함량(%)	소비자가 선택한 순위 빈도(%)		
		1위	2위	3위
전지				
저지방	8.50	8.50	26.90	64.60
중간지방	15.80	53.40	42.40	4.10
고지방	22.40	38.10	30.70	31.30
삼겹살				
저지방	14.20	17.50	43.00	39.40
중간지방	27.20	73.20	26.00	1.00
고지방	42.00	9.30	31.00	59.60

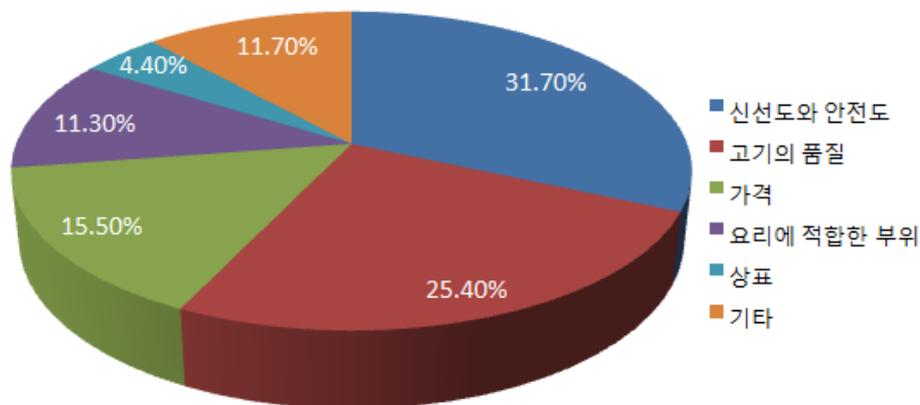
이러한 국내 소비자들의 지방에 대한 선호도에 대한 연구로는 USDA와 미국 돈육업체들이 미국산 돈육을 수출하기 위해 한국 소비자들을 대상으로 한 시장조사가 있었으며 (표 1)에 나타난 바와 같이 국내 소비자들은 삼겹살의 경우 지방함량이 기본적으로 높지만 중간정도의 지방을 함유한 삼겹살을 선호하는 것으로 나타났고 전지의 경우 중간이나 고지방의 전지를 선호하는 것으로 나타나 국내 소비자들은 최소한 중간 정도 이상의 지방함량을 선호하는 것으로 나타났다. (표 1)의 조사결과가 시사하는 바는 단지 국내 소비자의 취향에 국한되지 않는다. 미국에서는 한국 시장으로의 진출을 위해 위와 같은 한국 소비자의 돈육선택 기호에 대한 연구가 진행되고 있으며 이러한 연구에는 포장의 한글화, 영문화에 대한 선호도와 돈육의 두께, 지육, 포장형태 등에 대한 폭넓은 연구가 포함되어 있다.

1970년대 이후 우리나라 돈육은 국제 시장에서 저평가 되어 왔으며 2000년 구제역 파동으로 국내 돈육의 대일 수출이 중단되면서 한국산 돈육에 대한 국제적 신뢰도는 매우 낮아지게 되었다. 이러한 이유로 국내에서 생산체계와 도축기술의 발전에 관련된 연구가 지속되었고 이상유전자 보유돈의 도태 등의 연구가 수행되어 1990년대에는 돼지의 계통에 대한 연구와 축산기술연구소에서 실시한 고품질 돈육 생산을 위한 돼지계통조성사업이 시행되었다. 하지만 안전성 확보와 돈육의 규격화를 제외한 돈육의 품질, 즉 맛에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 최근 미국산 쇠고기의 수입과 한·미 FTA체결은 국내 양돈 농가에 경각심을 불러 일으키고 있으나 이에 대해 우리나라 돈육 품질의 차별화와 고급화 전략에 대한 논의만이 이루어지고 있을 뿐 이에 대한 결과물은 대체적으로 과학적 증거가 되어 있지 않거나 마케팅에 치중되어 그 신뢰성이 부족하며, 차후 수출입과 국내 시장에 있어서 국내산 돈육의 경쟁력을 보장하기 힘든 상황이다.

일본의 경우 가고시마 흑돈이나 Tokyo X등과 같은 브랜드돈육이 명품돈육으로 유통되고 있으며 확고한 시장을 확보하고 있다. 이러한 고급육은 높은 상강도를 기본적인 차별화로 내세우고 있으며 소비자들의 선호도 또한 매우 높다. 국내 업계에서도 브랜드화는 육질의 차별화를 위해 가장 활발하게 이루어지고 있는 부분으로 각 사업체들은 브랜드화를 통해 자사의 돈육의 우수성을 홍보하고 있으며 이러한 브랜드화의 세부 전략에는 첨가제나 기능성물질을 통한 고급화 전략과 여과수, 한방재, 녹차 등의 급여로 웰빙을 강조한 전략 등이 있어왔다. 하지만 업계의 인증과 소비자들에 의해 그 품질이 증명된 일본의 브랜드육과는 다르게 실제로 일부를 제외하고는 품질과 기호도에서 차이가 없고 외국의 축산물이 완전히 개방되었을 때 제시할 수 있는 우수성을 확보하고 있지 못하다.

(그림 1)에 나타난 바와 같이 양돈자조금관리위원회의 의뢰로 수행된 한국자조금

연구원 박종수 원장의 설문조사에 의하면 돈육구매의 주 기준은 신선도와 안전도 그리고 육질이 58.1%를 차지하고 있으며 요리에 적합한 부위가 11.3%로 나타났으며 상표에 대한 선택빈도는 4.4%에 불과 했다. 이는 신선도와 안전도가 수입 돈육에 대한 국내 돈육시장의 가장 큰 진입장벽임과 더불어 브랜드화가 소비자의 돈육 구매에 있어 크게 성공적인 전략이 되지 못해 왔고 품질의 고급화가 국내 돈육 시장이 추구해야 할 대비책임을 시사한다.



(그림 1). 2007 국내 소비자들의 돈육 구매 기준 (축산신문, 2008)

해외 경쟁력을 논외로 하더라도 국내 소비자들의 소득수준이 향상되면서 고품질 돈육에 대한 요구는 커져왔다. 이러한 소비자들의 요구는 돈육의 등급판정의 변화로 나타나 2007년 7월 육량만을 기준으로 하여 A~D등급으로 판정되던 돈육등급체계가 육색, 지방색, 근내지방등의 고기의 질을 고려하여 육질등급 1+-3등급을 포함하도록 개정되었고 육질등급간의 벌어지는 가격격차는 고품질 돈육에 대한 소비자들의 선호도가 더욱 커져가고 있음을 시사한다. 또한 국민소득의 증가는 기존의 삼겹살과 목살에 치중된 돈육의 소비패턴을 변화시켜 그림 1에서 요리에 적합한 부위를 선택한 소비자들과 같이 다양한 요리법의 개발에 따라 안심, 등심 등 비 선호 부위의 소비가 늘어가고 있으며 이러한 추이는 최근 비 선호 부위의 다양한 요리법 개발에 대한 요구와 정부의 돈육의 저지방 부위 소비를 위한 전방위 대책 추진에 힘입어 더욱 가속화 될 것으로 기대된다.

일반적으로 고급육의 요건으로는 풍미, 연도, 다즙성, 육색, 근내지방의 함량과 분포 등이 꼽히며 이러한 요건들은 돈육의 보수력, 아미노산, 펩타이드, 지방산 조성

등이 사항들이 관여하게 된다. 이러한 요건 중 근내지방의 함량을 상강도(marbling)라고 하며 이와 같은 상강도의 차이가 돈육에 미치는 영향은 많은 연구를 통해 증명되어 왔다. 앞에서 설명한 바와 같이 국내 소비자들은 지방의 함량이 높은 돈육을 선호하며, 국내 소비자들이 높은 상강도의 돈육을 선호하는 이유는 그 맛의 차별성에 있다. 근내지방은 근주막 주위에 축적되어 결합조직의 강도를 약화시키고, 가열시 결합조직이 쉽게 파괴되도록 하여 고기의 연도를 높이며 근내지방의 낮은 열전도율로 인해 상강도가 높은 고기는 가열시 육단백질의 변성에 의해 추출되는 수분의 양과 증발을 억제시켜 고기의 다즙성을 높이는 등의 효과가 증명되었다. 도체의 지방량은 가축의 영양상태에 따라 큰 차이를 보이며, 특히 비육정도에 따라 차이가 크며 이론적으로 가축은 비육이 진행되면서 처음에는 피하지방이 축적되고 나중에 이차근속 사이의 결합조직에 지방이 침착된다. 이후 비육이 더욱 진행되면 일차근속 사이의 결합조직에도 지방의 축적이 일어나 근내지방을 생성하고 상강도가 증가하게 된다. 또한 근내지방이 축적되려면 먼저 피하지방이 축적되어야 하므로 상강도가 높은 도체는 피하지방으로 인해 도체의 냉각시 피하지방층이 단열효과를 가져와 저온단축을 방지하는 효과를 보이며, 이상돈육의 발생빈도를 낮출 수 있다.

고품질 돈육의 생산은 신선하고 안전하며 우수한 품질을 갖춘 돈육의 생산을 통해 국내 소비자들의 돈육 소비를 늘리고 국내 양돈산업이 국제 경쟁력을 갖추기 위해 수행되어야 할 가장 기본적인 전략으로 높은 상강도를 가진 고품질 돈육의 생산은 국내 소비자의 취향에 부합한 돈육을 생산하여 소비량과 국제 경쟁력을 갖추는 효과적인 방법일 뿐만 아니라 비 선호 부위의 돈육을 선호 부위로 전환시켜 더욱 판매를 촉진할 가능성을 제시한다. 또한 미국, 유럽들의 국내 진출에 대한 대비와 더불어 높은 상강도의 돈육 등심을 선호하는 일본시장으로의 돈육 수출증진 측면에서도 상강도 증진을 통한 고품격 돈육의 생산은 현실적인 대안을 제시한다.

- 돼지도체의 삼겹살 생산부위는 4번과 5번 갈비 사이와 마지막 요추를 절단한 복부위이다. 삼겹살 무게는 1두당 약 10kg 생산하며 길이는 평균 48cm이다. 돼지의 척추숫자는 19~24개, 따라서 갈비의 숫자도 13~17개의 편차를 보이고 있다. 현재 우리가 사육중인 비육돈은 평균척추수가 21.5개로 추정되고 있다. 만약 척추(또는 갈비) 숫자가 1개 더 많은 돼지를 개발한다면 삼겹살 부위의 길이는 2.5cm씩 늘어나고 1두의 삼겹살 부가가치는 약 5% 늘어나서 1두당 약 5천원을 더 받을 수 있다. 만일 전국의 돼지를 개량한다면 연간 1,400만두의 출하 시 약 700억원의 부가가치를 높일 수 있다.
- 한국의 소비자들은 돼지고기의 지방이 높을수록 선호하는 경향을 보이고 있다.

인기부위인 삼겹살은 지방이 31%, 목살은 17%인 반면에 비인기부위인 후지는 1.5%, 등심은 2.5%에 불과하다. 특히 마블링으로 불리는 근내지방은 비교적 상대적으로 지방비율이 낮으면서도 외견상으로는 지방이 풍부하게 보여 소비자의 구매력을 높인다. 등심부위가 고가로 판매되고 있는 미국이나 일본에서도 하이마블링 등심을 생산하는 돼지 개발을 위한 연구가 한창이다. 하이마블링 돼지의 개발은 마블링 형질의 유전력이 60% 이상의 고유전력 형질이므로 종돈생체에서 마블링을 측정하는 기술 개발이 필수적이다. 또한 사료 영양 수준과 사육 방법도 하이마블링 형성의 주요 요인이 되고 있다.

- 국내 소비자가 가장 선호하면서도 고가로 판매되는 삼겹살 부위의 경우 국내에서 표준화된 규격과 품질기준이 부재하여 그 규격과 품질기준의 연구가 우선되어야 한다. 고수율의 삼겹살과 고품질의 등심을 지닌 종돈을 선발하기 위해서는 초음파 기계를 이용한 생체로부터의 판정기술개발이 필수적이다. 따라서 현재 생산되고 있는 돼지의 부위별 규격과 품질 파악을 위하여 품종별 돼지의 삼겹살과 등심의 조사로부터 연구가 시작된다. 나아가서 최근 개발된 정육율과 마블링에 관련된 유전자 마커를 적용하여 그 활용가능성도 동시에 연구함으로써 돼지의 수율과 돈육 품질을 극대화할 수 있다.
- 삼겹살 부위의 육질은 탕박 또는 박피공정 시 피하지방의 제거로 인한 품질 변이와 각국의 기호도에 따른 육종, 돼지 품종에 따른 적육과 지방두께의 차이 등 의한 다양한 품질 변이가 존재한다. 현재 등심이나 후지의 경우 가시 지방을 제외한 적육 부위의 육질 평가를 시행 하는 반면 삼겹살의 경우 적육부위와 가시 지방이 혼재하여 분포하기 때문에 이를 동시에 일관성 있게 측정할 수 있는 육질 평가지표가 필요하지만 그에 따른 연구결과 보고는 미미한 실정이다. 따라서 보다 객관적이고 현장 적용 가능한 삼겹살 육질 지표가 필요하다.
- 국내 소비자 식육 선호도는 돼지고기가 59%로 닭고기(21.6%)나 쇠고기(18.5%)에 비하여 월등히 높은 것으로 보고되고 있으며 특히 돈육에 있어서 국내 소비자의 부위별 선호도는 삼겹살 67%, 목등심 26% 등으로 삼겹살의 선호도가 가장 높게 조사되었다. 국내 수입·유통된 돈육은 총수입 물량이 2004년 108,832톤, 2005년 160,609톤 이었으며, 이중 주요부위인 삼겹살이 각각 64,484톤, 78,121톤으로 전체물량의 59.3%, 48.6%를 차지함(한국 육류 유통 수출입 협회, 2005)
- 국내 소비자들이 가장 많이 선호하는 삼겹살의 소비량과 그 중요도에 비해 삼겹살 육질에 대한 객관적인 지표가 부족하며, 삼겹살의 수입량은 증가할 것으로 예상되므로 수입 삼겹살의 품질에 대응 할 수 있는 고품질 국내산 삼겹살 생산 및 객관적인 품질 지표가 절실히 필요하다.

- 또한 사료의 영양소 수준과 단계별 근육 및 지방 축적의 연구를 통해 근내지방의 축적을 유도하고 높은 상강도와 육질의 고품질 돈육을 생산하며 이러한 고품질 돈육을 생산하기 위한 사양관리 시스템을 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 연구개발의 최종목표

- 고부가가치 돼지 생산을 위한 요인 분석과 이용 연구
- 초음파 기계를 이용한 생돈의 육질진단 및 이용 연구
- 돈육의 육질특성 분석 및 육질 평가시스템 개발
- 고수율과 고급 육질 생산을 위한 사양 시스템 개발

제 2 절 연구개발의 내용 및 범위

○ 제 1세부과제 : 고부가가치 돼지 생산을 위한 요인 분석과 이용 연구

구분	연도	연구개발의 목표	연구범위
1차년도	2006	고부가가치 돼지 생산을 위한 요인 분석과 이용 연구	두당 판매액 극대화 방안 모색을 위한 요인 분석
2차년도	2007	고부가가치 돼지 생산을 위한 규격화 및 표준화 방안	두당 판매액 극대화를 위한 경제적 효과 분석 연구
3차년도	2008	고부가가치 돼지 생산을 위한 경제성 분석 및 선발지수 개발	두당 판매액 극대화 요인 분석 및 종돈 선발지수개발

○ 제 1협동과제 : 초음파기계를 이용한 생체 등심 마블링스코어 측정

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
1차년도	2006	초음파기계를 이용한 생돈의 육질진단을 통한 유전모수 추정	<ul style="list-style-type: none"> - 초음파기계를 이용한 생돈 마블링스코어 측정 - 돼지종류별 수율과 육질 조사를 위한 도축 검사 - 도축후 육질검사후 근내지방도와 마블링스코어간 상관관계 규명 - 초음파 기계를 이용한 생돈 삼겹살 측정 	초음파기계 (Aloka 500 SSD)를 이용해 측정한 생돈 마블링스코어와 육질 검사
2차년도	2007	초음파기계로 측정한 마블링스코어의 예측모형 개발	<ul style="list-style-type: none"> - 초음파기계를 이용한 생돈 마블링스코어와 삼겹살 측정 - 돼지종류별 수율과 육질 조사를 위한 도축 검사 - 도축후 육질검사후 초음파 측정 결과와 실측치간의 회귀분석 	초음파기계 (Aloka 500 SSD)를 이용해 측정한 생돈 등심과 삼겹살 육질 검사를 통한 모형개발
3차년도	2008	초음파 기계를 이용해 측정한 마블링스코어의 모형 검증 및 수정보완	<ul style="list-style-type: none"> - 초음파 기계 등심 마블링스코어 정확도 검증 - 초음파 측정 삼겹살 품질 지수 정확도 검증 - 유통 및 저장조건 시뮬레이션에 의한 저장성 및 안전성 검증 	초음파 기계를 이용한 생체로부터의 육질 검사

○ 제 2협동과제 : 돈육의 육질특성분석 및 육질 평가시스템 개발

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
1차년도	2006	돈 육 의 육 질 특 성 분석 및 품질 지표 제 안	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 육질 평가항목 측정 및 항목 간 상관성 분석 - 대표 육질항목 설정 및 육량지표와의 상관관계 규명 - 실험군의 육질 분포에 따른 품질 지표 제안 	다양한 육질 평가항목 측정을 통한 대표항목 설정 및 항목에 따른 품질 지표 제안
2차년도	2007	육질 평 가 지 수 의 실 용 화 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 근육의 대사적 특성을 이용한 돈육질 변이요인 탐색 - 제안 품질지표를 이용한 육질 평가지수 제안 - 제안 육질 평가지수와 객관적주관적 평가와의 연관성 분석 	육질 평가지수의 실용화를 위한 객관적, 주관적 평가 실시 및 통합적인 돈육질 평가 시스템 구축
3차년도	2008	특화 육 질 지 수 의 객관 성 검증	<ul style="list-style-type: none"> - 특화 육질지수와 부위에 따른 소비자 기호도 분석 - 제안 육질지표에 따른 국내 유통 돈육의 등급별 출현빈도 모니터링 - 국내 유통 품종의 특화 육질지수 분포 분석 	<p>삼겹살의 관능검사를 실시하여 육질등급, 전체기호도, 육질항목과의 연관성분석</p> <p>특화 육질지수와 삼겹살의 육질특성(객관적, 관능검사)와의 연관성분석</p> <p>특화 육질지수에 따른 소비자 기호도 분석 및 국내 유통 돈육 적용</p>

○ 제 1위탁과제 : 고수율·고품질 돈육 생산을 위한 사양프로그램 개발

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
1차년도	2006	돼지의 생리적 변화 조사와 적정 도체중 확립	<ul style="list-style-type: none"> - 자돈부터 비육단계까지의 사료 영양수준에 따른 근육 및 지방 축적 연구 - 소화율 시험을 통한 경제성 분석 - 자돈 사료에 대한 적정 영양적 패턴 연구 	사료 영양소와 수급이 수율 및 돈육 육질에 미치는 영향 연구
2차년도	2007	돈육의 상강도 및 육질 증진을 위한 방안 모색	<ul style="list-style-type: none"> - 사료내 라이신과 에너지 조절을 통한 상강도 및 삼겹살 육질증진 규명 - 영양수준별 상강도 및 삼겹살 육질 조사 	사료 영양소와 수급이 수율 및 돈육 육질에 미치는 영향 연구
3차년도	2008	돈육의 품질고급화를 위한 사양관리 표준 모형 설정	<ul style="list-style-type: none"> - 영양수준에 따른 상강도 및 삼겹살 육질에 미치는 영향분석 - 영양수준에 따른 성장단계별 소화율 분석 	고품질 돈육 생산을 위한 사양관리시스템 설정

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 연구 현황

1970년대 일본으로의 돈육 수출이 이루어지면서 돈육의 수요가 급격히 증가하게 되었으나 국내산 돈육은 국제 시장에서 저평가되어 왔다. 또한 2000년 구제역의 발생으로 인한 대일 수출의 중단과 2002년 한국과 칠레의 FTA 체결은 국내 돈육의 안전성과 국제 경쟁력을 재고해야만 하는 큰 계기가 되었고, 이와 더불어 국민소득의 증가는 국내 시장에서도 소비자들의 고품질 돈육에 대한 요구를 증가시켰다. 이로 인해 고품질 돈육의 생산과 그 안전성에 대한 활발한 연구들이 이루어지게 되었으나 그 성과는 수출을 위한 돈육의 안정성과 브랜드화에 치중되어 있다. 과학적인 근거와 성과를 보인 연구들은 대체적으로 유전·육종분야의 연구, 첨가물, 도축관리에 관한 연구들이었으며 대일 시장을 겨냥한 일본 돈육 시장과 성향에 대한 분석 또한 활발히 이루어졌다.

고품질 돈육을 생산하기 위해 김 등(2002)은 각 품종과 비육돈의 생산단계에 따른 도체 및 부분육의 생산 특성을 규명하여 교배체계의 확립을 건의 하였고, 정 등(2004)은 DNA 검사기법을 이용하여 PSE돈육 생산 돼지를 진단하는 방법에 대해 보고하였으며, 한 등(2007)은 A-FABP유전자의 형태에 따른 돼지의 상강도의 차이를 증명하였다.

또한 수입산 돈육과 경쟁을 위해 재래돼지를 이용한 고품질 돈육 생산에 대한 연구가 이루어져 왔으며, 최 등(2004)은 한국 재래돼지의 브랜드 돈육 원산지 검증을 위해 유전자 감식기법을 도입하였고, 조 등(2007)은 재래돼지의 성별에 따른 육질에 대한 보고를 하였으며, 김 등(2007)은 재래돼지의 산육형질에 대한 유전모수 및 표준 성장곡선을 추정하였다. 더불어 수출 규격돈 및 안정성 증대를 위한 연구들이 수행되어 왔으며 김 등(1999)는 한국산 냉장 돈육의 일본 수출시 각 부위별 유통기한을 설정하였고 김 등(2002)는 비육돈의 생산 단계에 따른 도체와 부분육의 생산 특성을 조사하여 수출 규격돈 생산과 고품질 돈육 생산에 필요한 기초자료를 제시하였다.

고품질 돈육을 생산하기 위해 가장 활발하게 추진되는 부분은 원료 첨가물을 통한 특화 돈육의 생산과 브랜드화이다. 김 등(2002)은 인삼부산물물의 급여를 통한 수출용 인삼돈육에 대한 연구성과를 발표하였으며 김 등(2004)은 썩켈렛사료를 이용하여 돈육의 저장성을 증가시켰다. 이러한 원료들의 급여를 통한 브랜드화는 사료

업계나 지역, 농장단위로 활발하게 이루어지고 있으며 정수된 물, 마늘, 쑥, 약돌, 고구마, 국화 등의 다양한 원료들이 사용되어 오고 있다. 하지만 이러한 원료의 첨가는 과학적으로 증명되어 있는 경우가 많지 않으며 원료의 유효성분이 돈육으로 전이가 된다는 확실한 근거가 부족한 것이 사실이다. 근내지방과 관련한 연구로는 김 등(1995)의 라이신과 에너지 수준에 따른 비육돈의 성장과 육질에 대한 연구가 있으며, 박 등(2007)은 단백질이 부족한 비육후기사료가 비육전기사료에 비해 돼지의 등지방을 증가시켰다고 발표하였다.

국내 연구 현황을 보면 대체적으로 유전적인 연구, 첨가물, 도축관리에 관한 연구들이 주를 이루었으며 대일 시장을 겨냥한 일본 돈육 시장과 성향에 대한 분석 또한 활발히 이루어졌었다. 하지만 첨가물을 제외한 영양적 방법을 통해 고품질의 돈육을 생산하려는 연구는 거의 이루어지고 있지 않으며 지방을 선호하는 국내 소비자들의 취향에도 불구하고 상강도가 높은 고품질 돈육에 대한 연구는 국내에서 이루어지고 있지 않아 이에 대한 차후 연구가 시급할 것으로 사료된다.

제 2 절 국외 연구 현황

앞에서 밝혔던 Vonada 등(2001)의 연구는 국외의 돈육연구 현황을 대변할 수 있다. 과거 해외의 연구는 정육형 돼지의 생산에 초점이 맞춰져 있었으나, 이로 인한 문제점의 해결과 해외 진출을 위한 상강도에 대한 연구 또한 활발히 이루어지고 있다. 상강도와 관련한 연구에서 Newcom(2000)등은 실험실에서 측정된 마블링스코어와 초음파기계를 활용하여 측정된 마블링스코어간의 일반상관계수와 순위상관계수를 각각 0.46~0.60, 0.55~0.56으로 예측하였다. Newcom(2000)등은 초음파기계를 활용하여 측정된 마블링스코어에 대한 실험실에서 측정된 마블링스코어의 회귀계수와 y -절편의 범위를 각각 0.58~0.89, -0.09~-0.73으로 추정하였다. Newcom(2000)등은 실험실에서 측정된 마블링스코어와 초음파기계를 활용하여 측정된 마블링스코어간의 일반상관계수와 순위상관계수를 각각 0.46~0.60, 0.55~0.56으로 예측하였다. Newcom(2000)등은 초음파기계를 활용하여 측정된 마블링스코어에 대한 실험실에서 측정된 마블링스코어의 회귀계수와 y -절편의 범위를 각각 0.58~0.89, -0.09~-0.73으로 추정하였다. Newcom 등(2002)은 돼지의 생체에서 초음파를 이용하여 측정된 근내지방 함량과 도축 후 화학적 분석에서 수집된 근내지방도를 활용하여 예측공식을 추정하여 활용할 수 있는 기틀을 마련하였으며, Hodgson(1991)과 Castell 등(1994)은 돈육의 근내지방과 다즙성 및 연도 간의 상관관계를 보고하였다.

Reland(1998)은 실험실에서 측정된 마블링스코어와 초음파기계를 활용하여 측정된 마블링스코어간의 일반상관계수와 순위상관계수를 각각 0.52~0.71, 0.57~0.70으로 예측하였다. Suzuki(2005)등은 근내지방도, 연도, 사후 24시 pH, Minolta 에 대한 유전력을 각각 0.39, 0.45, 0.07, 0.16으로 추정하였다. Hovenier(1993), NPPC(1995), Sellier(1998)등은 근내지방도의 유전력을 0.50이라고 하였다. 연도를 평가하는 형질인 전단력의 유전력을 Honenier등(1993)은 0.21~0.37이라고 보고하였고, Sellier(1998)등은 0.29라고 보고하였다. Suzuki(2005)등은 돈육의 육질형질중 근내지방도(IMF)와 연도의 유전상관을 -0.09로 보고하였고, De Vries등(1994)는 근내지방도와 전단력의 유전상관을 -0.10이라고 보고하였다. Sellier(1998)등은 근내지방도와 연도의 유전상관을 0.15라고 보고하였다. van Wijk등은 보수력에 대한 유전력의 범위를 0.08~0.28로 보고하였고, Minolta L, a, b의 유전력을 각각 0.14, 0.15 alc 0.24로 보고하였고, 후지부위와 등심부위의 마블링을 각각 0.14와 0.31로 보고하였다. 그리고 육색과 보수력에 대한 유전상관을 0.70으로 보고하였고, 후지부위와 등심부위의 마블링에 대한 유전상관을 0.37이라고 보고하였다. Newcom(2005)등은 도체에서 측정된 근내지방도의 유전력을 0.42로 보고하였고, 초음파기계를 활용하여 측정된 근내지방도의 유전력을 0.25로 보고하였다. 도체에서 측정된 근내지방도와 초음파기계를 활용하여 측정된 근내지방도의 육종가간의 순위상관계수의 을 모형에 범위를 0.92~0.97로 보고하였다. Suzuki(2006)등은 근내지방도의 유전력을 0.49 ± 0.04 라고 보고하였고, 가열감량과 근내지방의 지방조성인 C14:0, C16:0 과 C18:0간의 유전상관을 각각 0.56, 0.47, 0.47이라고 하였고, 반면에 포화지방산인 C18:0과는 -0.61로 고도의 부(-)의 상관관계로 보고하였다. 육색에 있어서는 밝은 육색은 근내지방조성중에 불포화지방인 C14:0, C16:0 과 C18:0과 상관관계가 있었고, 어두운 육색은 포화지방인 C18:0과 상관관계가 있었다.

Gerbens 등(2001)은 돼지에서 A-FABP와 H-FABP 유전자형을 분석한 결과 유전자형에 따라 근내지방도의 유의차가 있다고 발표하였고, Nechtelberger 등(2001)은 H-FABP가 지방침착도에 영향을 미치는 것을 증명하여 MAS (Marker-Assisted selection)로 이용할 수 있는 표지유전자를 검증하였다. Phillips 등(1982)과 Le Dividich 등(1989)은 추운 환경에서 도체의 지방함량은 온도에 큰 영향을 받지 않는다고 하였으며, 반면 Nienaver 등(1983)과 Rinaldo 등(1991)은 고온 스트레스 하에서는 사료섭취량의 감소로 인해 도체의 지방함량이 감소하였다고 발표하였다. 또한 Jones 등(1994)은 상강도의 증가가 PSE 돈육의 발생을 줄여주며, 돼지고기의 육질의 유전적 특성은 영양소 등에 비해 연도나 맛과의 관계가 낮다고 보고하였다. 영양적 측면에서 돈육의 상강도를 증가시키기 위한 연구는 저 단백질 또는 저

lysine 사료 급여를 통하여 돈육의 근내지방 함량을 증가시키는 시도가 주류를 이루고 있다 (Castell 등 Essen-Gustavsson 등, 1994; Kerr 등, 1995; Cisneros 등, 1996; Blanchard 등, 1999; Witte 등, 2000; Donato 등, 2006;). Castell 등(1994)과 Kerr 등(1995)은 육성·비육기에 단백질이 부족한 사료를 공급함으로써 근내지방도가 향상하였다고 하였으며 D'Souza 등(1999)은 육성기에서 사료 내 단백질 함량을 요구량에 비해 15% 감소하거나 비타민 A를 제한시켰을 때 상강도가 높아졌으나, 일당증체율이나 사료섭취율, 도체중에는 유의적인 차이가 없었다고 발표하였다. Lysine은 양돈 사료에 있어서 제 1 제한 아미노산으로 라이신이나 단백질 함량이 낮은 사료를 급여할 시 근육단백질 합성효율의 저하로 인한 여분의 아미노산이 분해되어 체지방합성에 이용되며(Witte 등, 2000), 흡수된 lysine은 간과 신장에서 carnitine을 합성하며 근육에 축적하여 지방산 분해를 억제한다(Mayes 등, 1996). Essen-Gustavsson 등(1994), Castell 등(1994), Kerr 등(1995), Blanchard 등(2008)의 연구에 의하면 lysine의 제한사양은 육성 비육돈의 근내지방 함량을 유의적으로 감소시켰다는 보고가 있으며, Czabo 등(2001)의 연구에 의하면 lysine을 제한시킨 돼지의 근내 지방도와 보수력이 증가되었으며 도체의 총 지방함량이 증가되고 총 근육량이 감소되었다. 또한 출하 전 5, 6주간 lysine을 제한 사양시킨 Bidner 등(2004)과 Witt 등(2000)의 연구에서도 등심 단면적(loin eye area)과 총 근육량이 유의적으로 감소되어, 단백질 부족 사료가 도체의 정육 비율을 떨어뜨리는 단점을 보완하고 빠른 기간 내에 근내지방을 축적하는 것이 가능함을 증명하였다. 기타 아미노산을 통한 근내지방의 증가방안에 대한 연구에는 Cisneros 등(1996)의 연구가 있으며 케톤체를 형성하는 leucine을 사료내 첨가하였을 때 acetyl-CoA와 acetoacetate의 형태로 근육조직에서 전변되어 지방산 합성에 이용되고 이를 통해 근내지방 및 육색의 개선이 이루어졌다고 보고하였다. 또한 근내지방 축적은 육성 후기단계에서 이루어지며, 즉, 다시 말하면 지방의 축적 자체가 성숙후기에 이루어지기 때문에, 근육 생성을 위해 필요한 에너지 외에 과량의 에너지를 공급하면 근내지방도가 상승하는 것으로 알려져 있다. Blanchard 등 (1995)은 고에너지 저단백질 사료의 급여가 근내지방도를 유의적으로 향상시켰으며 육질의 연도 또한 증가시켰다고 보고하였다. 하지만 Jones 등(1992)연구에 의하면 상강도가 매우 낮은 유전적 특성을 가진 돼지에 높은 에너지 함량의 사료를 급여하여도 상강도는 증가하지 않았다. 국외 연구현황은 국내 연구현황에 비해 영양적인 면에서 압도적인 기초 자료들과 연구 성과들을 보유하고 있으며, 이에 대해 지속적인 연구가 이루어지고 있으며 해외 시장에 대한 연구 또한 활발하게 이루어지고 있다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

□ 제 1세부과제 : 고부가가치 돼지 생산을 위한 요인분석

제 1절 돼지품종별 육질관련 마커에 따른 변화

1. 재료 및 방법

가. 공시돼지 품종 및 두수

육질관련 유전자마커의 유전자형과 육질형질간의 상관관계를 조사하기 위하여 S 종돈장과 C연구소 종돈 292두를 도축하여 도체형질 및 육질형질을 조사하였다.

(표 1) 공시 돼지 품종별 두수

품종	듀록	버크셔	랜드레이스	요크셔	F1잡종	LYD비육돈	합계
두수 (두)	48	10	49	61	39	85	292

나. Genomic DNA 추출 정제

공시돈의 근육 또는 모근으로부터 G-hair spin kit(Intron BiotechnologyTM), 근육조직 5mg에 G-DEX Ilc Cell Lysis buffer 600ul를 첨가한 후 homogenizer를 이용하여 homogenize 시켜 65℃에 10분 반응시킨다. 여기에 G-DEX Ilc Protein PPT buffer 200ul를 첨가한 후 vortexing 하여 얼음에서 5분간 방치한다. 12,000rpm에서 5분간 원심분리한 후 1.5ml 새로운 튜브에 상층액을 옮겨서 동량의 phenol:chloroform: isoamylalcohol(25:24:1)혼합액을 가하여 잘 혼합한 후 실온에서 15분간 12,000rpm 원심분리한다. 상층액을 새로운 1.5ml 튜브에 옮긴 후 동량의 isopropanol을 넣고 10회 뒤집어 준 후 10분간 12,000rpm 원심분리한다. 맑은 상층액은 버리고 DNA pellet을 취하여 500ul 70% 에탄올을 가한 후 실온에서 1분간 12,000rpm 원심분리한다. 상층액을 피펫으로 제거한 후 잔류에탄올이 완전히 휘발될 정도로만 건조시킨다. 분리 정제된 DNA는 TE buffer에 완전히 용해하였다. 준비된 DNA용액은 NanoDrop ND-1000 spectrophotometer로 흡광도를 측정 후

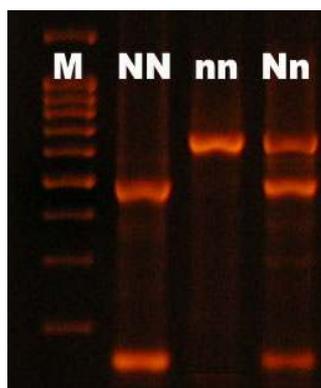
A260/A280 1.8~2.0의 DNA 용액들을 50ng/ul로 희석하여 PCR 증폭을 위한 주형으로 사용하였다.

다. PCR-RFLP 분석

(1). RYR 1 유전자형 분석

Primer	Primer sequence	pcr산물 크기	제한효소
Foward	5'-GGT CTC CGY GCT CTC GCA CTG-3'	526bp	<i>Hha I</i>
Reverse	5'-CCG CAC TGG AGT CTC TGA GTC-3'		

다형성에 대한 유전자형 결정을 위하여 상기 primer를 이용하여 PCR을 수행하였다. 반응액 조성은 50~100ng/ul의 주형 DNA, primer 각 10pmol 0.5ul, 2.5mM dNTP 5ul, 10x reaction buffer(10mM Tris-HCl, pH8.3, 50mM KCl, 1.5mM MgCl₂)2ul Taq polymerase 0.5ul 에 총 반응액 20ul로 하여 PCR system 9700(ABI사)을 사용하였다. PCR 조건은 94°C에서 5분간 denaturation 한 후 94°C에서 30초 denaturation, 60°C에서 30초간 annealing, 72°C에서 30초간 extension을 35cycle 수행한 후 마지막으로 72°C에서 5분간 최종 extension 과정을 수행하였다. 유전자형의 결정은 Hha I 제한효소를 이용한 PCR-RFLP를 수행하였고 방법은 제조사 매뉴얼에 따라 37°C에서 3시간이상 처리하였다. 절단된 단편을 확인하기 위하여 2% agarose gel에서 전기영동으로 확인하였다.



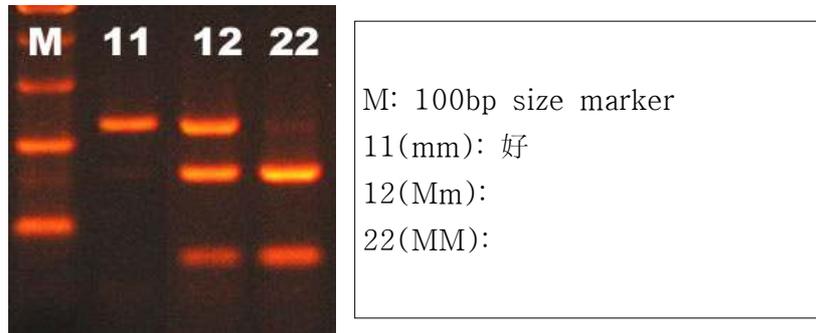
M: 100bp size marker
 NN: 정상
 nn: 발현
 Nn: 보유

(그림 1) PCR Product에 제한효소처리 후 사진

(2). MC4R 유전자형 분석

Primer	Primer sequence	pcr산물 크기	제한효소
Foward	5'-GGT CTC CGY GCT CTC GCA CTG-3'	452bp	<i>Taq I</i>
Reverse	5'-CCG CAC TGG AGT CTC TGA GTC-3'		

다형성에 대한 유전자형 결정을 위하여 상기 primer를 이용하여 PCR을 수행하였다. 반응액 조성은 50~100ng/ul의 주형 DNA, primer 각 10pmol 0.5ul, 2.5mM dNTP 5ul, 10x reaction buffer(10mM Tris-HCl, pH8.3, 50mM KCl, 1.5mM MgCl₂)2ul Taq polymerase 0.5ul 에 총 반응액 20ul로 하여 PCR system 9700(ABI사)을 사용하였다. PCR 조건은 94°C에서 2분간 denaturation 한 후 94°C에서 30초 denaturation, 62°C에서 30초간 annealing, 72°C에서 30초간 extension을 35cycle 수행한 후 마지막으로 72°C에서 7분간 최종 extension 과정을 수행하였다. 유전자형의 결정은 Taq I 제한효소를 이용한 PCR-RFLP를 수행하였고 방법은 제조사 매뉴얼에 따라 65°C에서 3시간이상 처리하였다. 절단된 단편을 확인하기 위하여 2% agarose gel에서 전기영동으로 확인하였다.



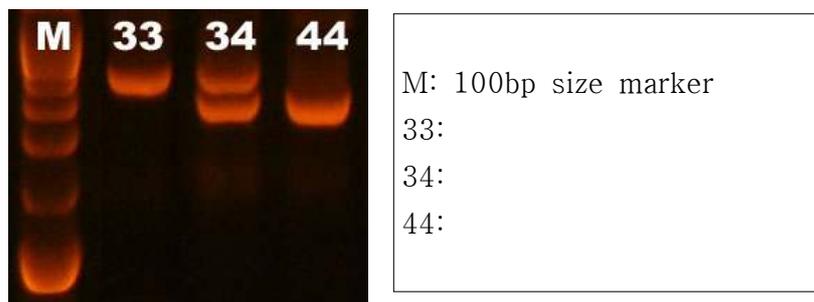
(그림 2). PCR Product에 제한효소처리 후 사진

(3). H-FABP 유전자형 분석

Primer	Primer sequence	pcr산물 크기	제한효소
Foward	5'-ATTGCTTCGGTGTGTTTGAG-3'	850bp	<i>Msp I</i>
Reverse	5'-TCAGGAATGGGAGTTATTGG-3'		

다형성에 대한 유전자형 결정을 위하여 상기 primer를 이용하여 PCR을 수행하였다. 반응액 조성은 50~100ng/ul의 주형 DNA, primer 각 10pmol 0.5ul, 2.5mM dNTP 5ul, 10x reaction buffer(10mM Tris-HCl, pH8.3, 50mM KCl, 1.5mM

MgCl₂)2ul Taq polymerase 0.5ul 에 총 반응액 20ul로 하여 PCR system 9700(ABI사)을 사용하였다. PCR 조건은 94℃에서 10분간 denaturation 한 후 94℃에서 1분 denaturation, 57℃에서 1분간 annealing, 72℃에서 1분간 extension을 35cycle 수행한 후 마지막으로 72℃에서 7분간 최종 extension 과정을 수행하였다. 유전자형의 결정은 HaeIII와 Msp I 제한효소를 이용한 PCR-RFLP를 수행하였고 방법은 제조사 매뉴얼에 따라 37℃에서 3시간이상 처리하였다. 절단된 단편을 확인하기 위하여 2% agarose gel에서 전기영동으로 확인하였다.

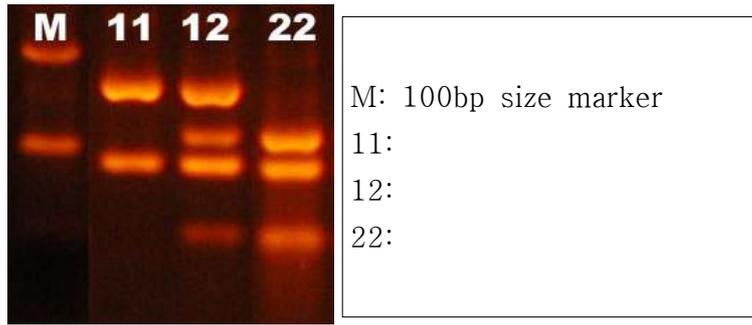


(그림 3). PCR Product에 제한효소처리 후 사진

(4). PRKAG3(RN) 유전자형 분석

Primer	Primer sequence	pcr산물 크기	제한효소
Foward	5'-GGAGCAAATGTGCAGACAAG- 3'	377bp	<i>BsaHI</i>
Reverse	5'-CCCACGAAGCTCTGCTTCTT-3'		

다형성에 대한 유전자형 결정을 위하여 상기 primer를 이용하여 PCR을 수행하였다. 반응액 조성은 50~100ng/ul의 주형 DNA, primer 각 10pmol 0.5ul, 2.5mM dNTP 5ul, 10x reaction buffer(10mM Tris-HCl, pH8.3, 50mM KCl, 1.5mM MgCl₂)2ul Taq polymerase 0.5ul 에 총 반응액 20ul로 하여 PCR system 9700(ABI사)을 사용하였다. PCR 조건은 94℃에서 4분간 denaturation 한 후 94℃에서 45초 denaturation, 61℃에서 45초간 annealing, 72℃에서 1분간 extension을 35cycle 수행한 후 마지막으로 72℃에서 7분간 최종 extension 과정을 수행하였다. 유전자형의 결정은 BsaHI 제한효소를 이용한 PCR-RFLP를 수행하였고 방법은 제조사 매뉴얼에 따라 37℃에서 3시간이상 처리하였다. 절단된 단편을 확인하기 위하여 2% agarose gel에서 전기영동으로 확인하였다.

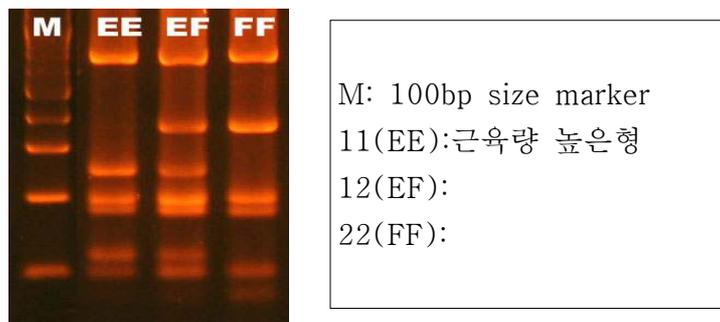


(그림 4). PCR Product에 제한효소처리 후 사진

(5). CAST 유전자형 분석

Primer	Primer sequence	pcr산물 크기	제한효소
Foward	5'-GCGTGCTCATAAAGAAAAAGC- 3'	1423bp	<i>RsaI</i>
Reverse	5'-TGCAGATACACCAGTAACAG-3'		

다형성에 대한 유전자형 결정을 위하여 상기 primer를 이용하여 PCR을 수행하였다. 반응액 조성은 50~100ng/ul의 주형 DNA, primer 각 10pmol 0.5ul, 2.5mM dNTP 5ul, 10x reaction buffer(10mM Tris-HCl, pH8.3, 50mM KCl, 1.5mM MgCl₂)2ul Taq polymerase 0.5ul 에 총 반응액 20ul로 하여 PCR system 9700(ABI사)을 사용하였다. PCR 조건은 94℃에서 5분간 denaturation 한 후 94℃에서 30초 denaturation, 55℃에서 40초간 annealing, 72℃에서 50초간 extension을 35cycle 수행한 후 마지막으로 72℃에서 2분간 최종 extension 과정을 수행하였다. 유전자형의 결정은 RsaI 제한효소를 이용한 PCR-RFLP를 수행하였고 방법은 제조사 매뉴얼에 따라 37℃에서 3시간이상 처리하였다. 절단된 단편을 확인하기 위하여 2% agarose gel에서 전기영동으로 확인하였다.

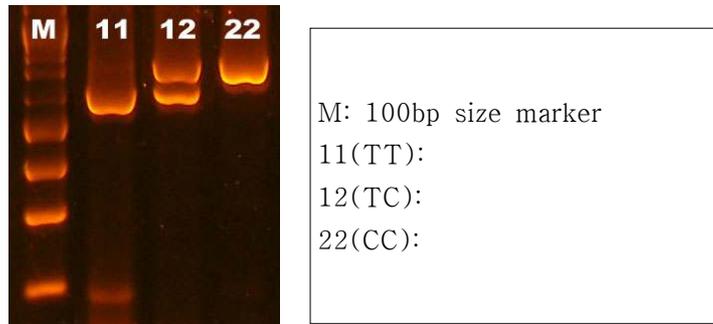


(그림 5). PCR Product에 제한효소처리 후 사진

(6). HMGA1 유전자형 분석

Primer	Primer sequence	pcr산물 크기	제한효소
Foward	5'-AGAAGGAGCCCAGCGAAGT- 3'	700bp	<i>NaeI</i>
Reverse	5'-ACAGTGCTCACCCAATGGC-3'		

다형성에 대한 유전자형 결정을 위하여 상기 primer를 이용하여 PCR을 수행하였다. 반응액 조성은 50~100ng/ul의 주형 DNA, primer 각 10pmol 0.5ul, 2.5mM dNTP 5ul, 10x reaction buffer(10mM Tris-HCl, pH8.3, 50mM KCl, 1.5mM MgCl₂)2ul Taq polymerase 0.5ul 에 총 반응액 20ul로 하여 PCR system 9700(ABI사)을 사용하였다. PCR 조건은 94℃에서 5분간 denaturation 한 후 94℃에서 30초 denaturation, 59℃에서 45초간 annealing, 72℃에서 50초간 extension을 40cycle 수행한 후 마지막으로 72℃에서 5분간 최종 extension 과정을 수행하였다. 유전자형의 결정은 *NaeI* 제한효소를 이용한 PCR-RFLP를 수행하였고 방법은 제조사 매뉴얼에 따라 37℃에서 3시간이상 처리하였다. 절단된 단편을 확인하기 위하여 2% agarose gel에서 전기영동으로 확인하였다.



(그림 6). PCR Product에 제한효소처리 후 사진

다. 돼지품종별 육질마커 유전자형에 따른 육질형질 변화

1차년도 각종 유전자 마커를 이용하여 육질형질을 분석한 결과 가장 유용한 변이를 보이는 육질관련 유전자 마커는 RN유전자 돌연변이형인 PRKAG3 유전자, 식육과 지방두께에 관련된 MC4R 유전자, 마블링육질에 관련된 FABP 유전자였다. 특히 FABP 유전자 중 *Msp I* 효소절단 유전자형이 변이를 보였다. PSS 유전자는 변이가 없어서 제외하였다. 각 유전자의 유전자형별, 품종별, 돼지 종류별 빈도는 아래와 같았다.

□ RN(PRKAG3)유전자형별 빈도

PRKAG3 유전자형은 11(199 I/199 I), 12(199 I/199 V), 22(199 V/199 V)의 3개형으로 판명된 292두 중 58두(64.0%)가 22형으로 가장 많았고 12형은 86두(29.4%), 11형은 19두(6.5%)였다.

(표 2) 각 품종별 PRKAG3 유전자형별 두수

품 종	유전자형			계
	11	12	22	
버크셔	3	2	5	10
듀록	3	20	25	48
랜드레이스	3	11	35	49
요크셔	1	19	41	61
F ₁ (LY)	3	6	30	39
비육돈(LYD)	6	28	51	85
계	19 (6.5)	86 (29.4)	187 (64.0)	292

(표 3) 각 품종별 HFABP(Msp I)유전자형별 두수

품 종	유전자형			계
	11	12	22	
버크셔	3	1	6	10
듀록	18	17	13	48
랜드레이스	5	3	41	49
요크셔	3	3	52	58
F ₁ (LY)	6	5	27	38
비육돈(LYD)	14	31	39	84
계	49 (17.0)	60 (20.9)	178 (62.0)	287

□ Msp-HFABP 유전자형별 빈도

HFABP유전자형은 지방산을 이동시키는 기능에 관련된 유전자로 돼지에서 근내 지방 비율과 상관관계가 있다. Msp I 효소로 절단된 HFABP 유전자는 2개의 동형 접합형과 1개의 이형 접합형인 11, 12, 22형으로 구분된다. 판명된 287두 중 22형이 178두(62.0%)로 가장 많았고, 12형이 60두(20.9%), 11형이 49(17.0%)를 차지했다.

□ MC4R 유전자형별 빈도

MC4R유전자는 사료섭취량, 일당증체량, 등지방두께 등 산육형질에 영향을 미치는 한편, 근내지방도, 연도, 보수력 등의 육질형질에도 영향을 준다는 연구결과도 보고되고 있다. MC4R 유전자형은 AA(11), AG(12), GG(22)형의 3개 타입으로 구분되며 분석된 공시돈 292두 중 12형이 127두(43.4%)로 가장 많았고 11형이 100두(34.2%), 22형이 65두(22.2%)의 출현 빈도를 보였다.

(표 4) 각품종별 MC4R 유전자형별 두수

품 종	유전자형			계
	11	12	22	
버크셔	1	3	6	10
듀록	18	22	8	48
랜드레이스	9	12	28	49
요크셔	31	28	2	61
F ₁ (LY)	5	21	13	38
비육돈(LYD)	36	41	8	85
계	100 (34.2)	127 (43.4)	65 (22.2)	292

2. 연구결과 및 고찰

가. RN(PRKAG3) 유전자 분석결과

(1) 전체두수의 RN(PRKAG3) 유전자형 특징

RN(PRKAG3)유전자 내 199I Codon 돌연변이 유전자형을 분석하였다. 199I 변이형은 199I/199I, 199I/199V, 199V/199V의 3가지 유전자형을 보였다. 199I/199I 유전자형이 육색에서 우수하였고, 가열감량과 전단력은 199I/199I유전자형과 199I/199V 유전자형이 우수하였다.

(표 5) RN(PRKAG3) 유전자형에 따른 전체 두수의 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	199I/199I	199I/199V	199V/199V
	19	86	187
등지방두께	16.17	16.71	16.98
밝기(L)	42.99 ^b	45.60 ^a	46.08 ^a
적색도(a)	7.33	7.07	7.38
황색도(b)	2.58	2.80	2.80
육색(Color)	3.84 ^a	3.01 ^b	2.86 ^b
마블링스코어	2.86 ^{ab}	2.94 ^a	2.74 ^b
드립로스(%)	2.29	2.41	2.68
산도(pH)	6.33	6.27	6.26
가열감량(%)	21.85 ^b	23.51 ^b	24.60 ^a
전단력	33.41 ^b	37.79 ^{ab}	39.18 ^a

^{a,b} : RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(2) 품종별 RN(PRKAG3) 유전자 분석결과

(가) 버크셔종

버크셔종의 경우 RN(PRKAG3)유전자 분석결과 밝기는 199I/199V 유전자형과 199V/199V 유전자형이 높았다.

(표 6) 버크셔종의 RN(PRKAG3) 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	199I/199I	199I/199V	199V/199V
	3	2	5
등지방두께	17.96	19.50	17.42
밝기(L)	41.43 ^b	48.81 ^a	47.77 ^a
적색도(a)	9.34 ^a	6.87 ^b	6.83 ^b
황색도(b)	2.82	2.69	3.35
육색(Color)	4.86 ^a	2.50 ^b	1.88 ^b
마블링스코어	3.04	2.50	2.58
드립로스(%)	1.45	2.23	2.93
산도(pH)	6.40	6.15	6.16
가열감량(%)	25.76	23.07	19.72
전단력	26.70	27.71	22.54

^{a,b} : RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(나) 듀록종

RN(PRKAG3)유전자 분석결과 밝기는 199V/199V 유전자형이 높았다.

(표 7) 듀록종의 RN(PRKAG3) 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	199I/199I	199I/199V	199V/199V
	3	20	25
등지방두께	18.10	15.11	16.53
밝기(L)	42.41 ^b	45.39 ^a	46.13 ^a
적색도(a)	8.41	7.41	7.21
황색도(b)	2.91	2.94	3.08
육색(Color)	4.09 ^a	3.08 ^b	2.75 ^b
마블링스코어	3.22	3.17	3.22
드립로스(%)	2.81	2.14	2.41
산도(pH)	6.20	6.44	6.25
가열감량(%)	20.98	23.20	25.29
전단력	30.89	30.94	34.95

* ^{a,b} : RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(다) 랜드레이스종

랜드레이스의 경우 RN(PRKAG3)유전자 분석결과 밝기는 199V/199V 유전자형이 높았고 드립로스는 199V/199V 유전자형과 199I/199V 유전자형이 우수했다.

(표 8) 랜드레이스의 RN(PRKAG3) 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	199I/199I	199I/199V	199V/199V
	3	11	35
등지방두께	19.95 ^{ab}	20.26 ^a	16.09 ^b
밝기(L)	43.99 ^b	46.14 ^{ab}	47.10 ^a
적색도(a)	7.00	7.17	7.49
황색도(b)	2.66	2.59	2.96
육색(Color)	3.53	2.99	2.82
마블링스코어	1.99	2.32	2.29
드립로스(%)	2.09 ^{ab}	1.96 ^b	3.24 ^a
산도(pH)	6.47	6.24	6.33
가열감량(%)	20.96	26.15	25.13
전단력	25.63 ^b	46.51 ^a	43.71 ^a

* ^{a,b} : RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(라) 요크셔종

요크셔종의 경우 RN(PRKAG3) 유전자 분석결과 밝기는 199I/199V 유전자형과 199V/199V 유전자형이 높았다.

(표 9) 요크셔종의 RN(PRKAG3) 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	199I/199I	199I/199V	199V/199V
	1	19	41
등지방두께	18.10	15.11	16.53
밝기(L)	42.41 ^b	45.39 ^a	46.13 ^a
적색도(a)	8.41	7.41	7.21
황색도(b)	2.91	2.94	3.08
육색(Color)	4.09 ^a	3.08 ^b	2.75 ^b
마블링스코어	3.22	3.17	3.22
드립로스(%)	2.81	2.14	2.41
산도(pH)	6.20	6.44	6.25
가열감량(%)	20.98	23.20	25.29
전단력	30.89	30.94	34.95

* ^{a,b} : RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(마) F₁(랜드레이스×요크셔)돼지

가열감량과 전단력은 199I/199I 유전자형이 우수하였고, 밝기는 199I/199V 유전자형과 199V/199V 유전자형이 높았다.

(표 10) F₁(랜드레이스×요크셔)의 RN(PRKAG3) 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	199I/199I	199I/199V	199V/199V
	3	6	30
등지방두께	18.00	17.00	19.30
밝기(L)	42.74 ^b	47.30 ^a	46.06 ^a
적색도(a)	7.18	7.34	7.03
황색도(b)	2.74	3.41	2.77
육색(Color)	4.01 ^a	2.38 ^b	2.87 ^b
마블링스코어	2.75	2.67	2.71
드립로스(%)	2.11	3.82	3.06
산도(pH)	6.52	6.40	6.32
가열감량(%)	17.12 ^b	23.63 ^a	25.79 ^a
전단력	31.17 ^b	33.67 ^b	42.02 ^a

* ^{a,b} : RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(바) 비육돈(LYD)

3품종 교배 비육돈의 경우에 육색형질에서 가열감량과 마블링스코어는 199I/199V 유전자형이 가장 우수하였다

(표 11) 비육돈의 RN(PRKAG3) 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	199I/199I	199I/199V	199V/199V
	6	28	51
등지방두께	17.40	15.71	15.99
밝기(L)	45.26	45.12	46.29
적색도(a)	6.10	6.89	7.66
황색도(b)	2.30	2.33	2.52
육색(Color)	2.95 ^{ab}	3.29 ^a	2.88 ^b
마블링스코어	3.12 ^{ab}	3.44 ^a	3.06 ^b
드립로스(%)	1.69	1.76	2.09
산도(pH)	6.11	6.11	6.13
가열감량(%)	27.02 ^a	21.71 ^b	22.59 ^b
전단력	46.35	45.57	40.36

* ^{a,b} : RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

나. Msp I -HFABP 유전자형 분석결과

(1) 전체두수의 Msp I -HFABP 유전자형 특징

한편, 전체두수 분석결과 MspI 효소처리 HFABP 유전자형간에는 산도를 제외한 조사된 모든 육질형질에서 통계적인 유의차가 있었다. 특히 가열감량과 드립로스에서는 199I/199V 유전자형이 가장 우수하였다(표 12).

(표 12) Msp I -HFABP 유전자형에 따른 돼지의 육질형질차이 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	49	60	178
등지방두께	15.72 ^b	16.87 ^{ab}	17.23 ^a
밝기(L)	44.61 ^b	44.70 ^b	46.35 ^a
적색도(a)	7.36 ^{ab}	6.67 ^b	7.45 ^a
황색도(b)	2.68 ^{ab}	2.60 ^b	2.88 ^a
육색(Color)	3.29 ^a	3.08 ^a	2.85 ^b
마블링스코어	2.85 ^a	2.96 ^a	2.75 ^b
드립로스(%)	2.60 ^a	2.16 ^b	2.67 ^a
산도(pH)	6.26	6.24	6.28
가열감량(%)	22.33 ^b	23.42 ^b	24.83 ^a
전단력	35.00 ^b	35.84 ^b	39.95 ^a

^{a,b} : Msp I -HFABP 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(2) 품종별 Msp I -HFABP 유전자 분석결과

(가) 버크셔종

버크셔종의 경우 Msp I -HFABP 유전자 분석결과 밝기는 22 유전자형과 12 유전자형이 높았고, 마블링스코어는 11 유전자형이 가장 높았다.

(표 13) 버크셔종의 Msp I -HFABP 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	3	1	6
등지방두께	16.12	20.65	18.50
밝기(L)	43.18 ^b	43.53 ^{ab}	46.90 ^a
적색도(a)	8.41	7.81	7.15
황색도(b)	3.18	2.30	3.13
육색(Color)	4.12 ^a	3.65 ^{ab}	2.17 ^b
마블링스코어	3.31 ^a	3.08 ^{ab}	2.33 ^b
드립로스(%)	1.75	1.96	2.71
산도(pH)	6.35	6.28	6.16
가열감량(%)	24.61	24.21	20.66
전단력	23.89	32.68	23.98

* ^{a,b} : Msp I -HFABP 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(나) 듀록종

듀록종의 경우 Msp I -HFABP 유전자 분석결과 드립로스, 가열감량 및 전단력은 11유전자형이 가장 우수하였다.

(표 14) 듀록종의 Msp I -HFABP 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	18	17	13
등지방두께	15.06	16.57	16.68
밝기(L)	44.82 ^b	45.40 ^{ab}	46.81 ^a
적색도(a)	7.57	7.19	7.34
황색도(b)	3.20	2.83	3.00
육색(Color)	3.12	2.97	2.78
마블링스코어	3.24	3.35	2.97
드립로스(%)	2.44 ^{ab}	1.88 ^b	2.75 ^a
산도(pH)	6.26	6.31	6.44
가열감량(%)	21.91 ^b	24.35 ^{ab}	26.80 ^a
전단력	27.07 ^b	34.40 ^a	39.08 ^a

^{a,b} : Msp I -HFABP 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(다) 랜드레이스종

랜드레이스의 경우 Msp I -HFABP유전자 분석결과 가열감량은 11유전자형이 가장 높았지만 통계적 유의차가 없었다.

(표 15) 랜드레이스의 Msp I -HFABP 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	5	3	41
등지방두께	16.78	16.30	17.31
밝기(L)	46.53	45.50	46.83
적색도(a)	7.40	6.84	7.42
황색도(b)	2.83	2.51	2.89
육색(Color)	2.82	2.64	2.91
마블링스코어	2.16	2.34	2.29
드립로스(%)	2.72	2.40	2.95
산도(pH)	6.38	6.32	6.31
가열감량(%)	21.70	27.37	25.39
전단력	35.59	41.50	44.38

^{a,b} : Msp I -HFABP 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(라) 요크셔종

요크셔종의 경우 Msp I -HFABP유전자 분석결과 가열감량은 22유전자형이 가장 우수하였지만, 전단력은 12유전자형이 가장 우수하였다.

(표 16) 요크셔종의 Msp I -HFABP 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	3	3	52
등지방두께	12.93	21.56	19.72
밝기(L)	41.49 ^b	45.97 ^a	45.76 ^a
적색도(a)	8.64 ^a	6.29 ^b	7.67 ^a
황색도(b)	1.96	3.43	2.79
육색(Color)	4.41 ^a	2.30 ^b	3.06 ^b
마블링스코어	2.59	2.04	2.45
드립로스(%)	1.68	2.20	2.47
산도(pH)	6.28	6.29	6.32
가열감량(%)	20.48 ^b	26.13 ^{ab}	26.33 ^a
전단력	52.26 ^a	23.61 ^b	46.03 ^a

^{a,b} : Msp I -HFABP 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(마) F₁(랜드레이스×요크셔)돼지

마블링스코어, 가열감량 및 전단력은 11 유전자형이 우수하였지만, 드립로스는 12 유전자형이 우수하였다.

(표 17) F₁(랜드레이스×요크셔)의 Msp I -HFABP 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	6	5	27
등지방두께	15.26	17.64	20.00
밝기(L)	45.10	46.19	46.19
적색도(a)	7.70	6.34	7.07
황색도(b)	3.17	2.94	2.80
육색(Color)	3.35	2.74	2.79
마블링스코어	3.01 ^a	2.04 ^b	2.77 ^{ab}
드립로스(%)	4.58 ^a	2.57 ^b	2.69 ^b
산도(pH)	6.32	6.45	6.35
가열감량(%)	18.26 ^b	23.50 ^a	26.55 ^a
전단력	32.36 ^b	36.37 ^{ab}	41.89 ^a

^{a,b} : Msp I -HFABP 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(바) 비육돈(LYD)

3품종 교배 비육돈의 경우에 육색과 마블링스코어, 가열감량 및 드립로스는 12 유전자형이 가장 우수하였다.

(표 18) 비육돈의 Msp I -HFABP 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	14	31	39
등지방두께	17.84	16.00	15.25
밝기(L)	45.67 ^{ab}	44.58 ^b	46.89 ^a
적색도(a)	6.70	6.73	8.00
황색도(b)	2.03 ^b	2.24 ^b	2.73 ^a
육색(Color)	2.96 ^{ab}	3.25 ^a	2.89 ^b
마블링스코어	2.90 ^b	3.49 ^a	3.07 ^b
드립로스(%)	1.72 ^{ab}	1.71 ^b	2.23 ^a
산도(pH)	6.16	6.07	6.14
가열감량(%)	24.48 ^a	21.55 ^b	22.72 ^{ab}
전단력	45.07	40.97	43.16

^{a,b} : Msp I -HFABP 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

다. MC4R 유전자형 분석결과

(1) 전체두수의 MC4R 유전자형 특징

MC4R 유전자형 분석결과 11 유전자형과 12 유전자형이 등지방두께가 얇았고, 가열감량과 전단력은 11유전자형과 22유전자형이 우수하였다(표 19).

(표 19) MC4R 유전자형에 따른 돼지의 육질형질차이 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	100	127	65
등지방두께	16.41 ^b	16.34 ^b	18.00 ^a
밝기(L)	45.58	46.05	45.37
적색도(a)	7.33	7.16	7.42
황색도(b)	2.77	2.74	2.86
육색(Color)	3.00	2.89	3.09
마블링스코어	2.91	2.80	2.69
드립로스(%)	2.55	2.48	2.72
산도(pH)	6.25	6.26	6.29
가열감량(%)	23.77 ^b	24.97 ^a	23.17 ^b
전단력	37.35 ^b	41.56 ^a	34.63 ^b

^{a,b} : Msp I -HFABP 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(2) 품종별 MC4R 유전자 분석결과

(가) 버크셔종

버크셔종의 경우 MC4R유전자 분석결과 마블링스코어와 드립로스는 11유전자형이 가장 우수하였다.

(표 20) 버크셔종의 MC4R 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	1	3	6
등지방두께	15.17	19.72	17.61
밝기(L)	41.70	26.25	45.67
적색도(a)	7.44	7.05	7.89
황색도(b)	2.61	2.90	3.22
육색(Color)	4.92	2.64	2.69
마블링스코어	4.33 ^a	2.78 ^b	2.39 ^b
드립로스(%)	1.09 ^b	2.96 ^a	2.25 ^{ab}
산도(pH)	6.57	6.22	6.18
가열감량(%)	22.21	19.51	23.55
전단력	18.19	25.18	25.75

* ^{a,b} : RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(나) 듀록종

듀록종의 경우 MC4R유전자 분석결과 드립로스는 11유전자형이 가장 우수하였고, 전단력은 22유전자형이 가장 우수하였다.

(표 21) 듀록종의 MC4R 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	18	22	8
등지방두께	15.76	16.11	16.54
밝기(L)	45.72	45.44	45.70
적색도(a)	7.10 ^b	7.33 ^b	8.07 ^a
황색도(b)	2.81 ^b	3.01 ^b	3.47 ^a
육색(Color)	3.00	3.06	2.69
마블링스코어	3.17	3.26	3.10
드립로스(%)	1.66 ^c	2.30 ^b	3.86 ^a
산도(pH)	6.30 ^{ab}	6.40 ^a	6.21 ^b
가열감량(%)	24.70 ^{ab}	24.78 ^a	21.31 ^b
전단력	35.33 ^a	33.80 ^a	26.07 ^b

* ^{a,b} : RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(다) 랜드레이스종

랜드레이스의 경우 MC4R유전자 분석결과 드립로스과 전단력은 22유전자형이 가장 우수하였다.

(표 22) 랜드레이스의 MC4R 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	9	12	28
등지방두께	16.60 ^{ab}	13.53 ^b	18.87 ^a
밝기(L)	47.52	47.38	46.25
적색도(a)	7.94 ^a	6.93 ^b	7.42 ^{ab}
황색도(b)	3.05	2.81	2.83
육색(Color)	2.64 ^{ab}	2.62 ^b	3.08 ^a
마블링스코어	2.23	2.37	2.25
드립로스(%)	3.79 ^a	2.89 ^{ab}	2.65 ^b
산도(pH)	6.29	6.27	6.35
가열감량(%)	24.80	25.67	25.03
전단력	40.72 ^b	50.50 ^a	41.34 ^b

* ^{a,b} : RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(라) 요크셔종

요크셔종의 경우 MC4R유전자 분석결과 등지방두께는 11유전자형이 가장 얇았고, 적색도는 12유전자형이 가장 높았다.

(표 23) 요크셔종의 MC4R 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	31	28	2
등지방두께	18.21 ^b	19.85 ^{ab}	28.00 ^a
밝기(L)	45.63	45.38	46.05
적색도(a)	7.28 ^b	8.03 ^a	7.84 ^{ab}
황색도(b)	2.87	2.67	2.43
육색(Color)	2.98	3.20	3.75
마블링스코어	2.46	2.36	3.00
드립로스(%)	2.68	2.13	1.82
산도(pH)	6.29	6.33	6.46
가열감량(%)	25.08	26.98	22.58
전단력	43.88	48.91	32.90

* ^{a,b} : RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(마) F₁(랜드레이스×요크셔)돼지

가열감량은 11유전자형이 가장 낮았고, 드립로스는 12유전자형이 가장 우수하였다.

(표 24) F₁(랜드레이스×요크셔)의 MC4R 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	5	21	13
등지방두께	13.99	19.80	19.16
밝기(L)	45.42	46.15	46.01
적색도(a)	7.66	6.77	7.36
황색도(b)	3.12 ^{ab}	2.63 ^b	3.13 ^a
육색(Color)	3.29	2.66	3.06
마블링스코어	2.85	2.70	2.65
드립로스(%)	4.89 ^a	2.52 ^b	3.47 ^{ab}
산도(pH)	6.15	6.35	6.42
가열감량(%)	21.03 ^b	26.78 ^a	23.14 ^b
전단력	35.53	43.03	36.67

* ^{a,b} : RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(바) 비육돈(LYD)

3품종 교배 비육돈의 경우에 육색과 마블링스코어는 11유전자형이 가장 높았고, 밝기는 12유전자형이 가장 높았다.

(표 25) 비육돈의 MC4R 유전자형과 육질형질 비교

품 종	유전자형		
	11	12	22
	36	41	8
등지방두께	15.93	15.71	17.80
밝기(L)	45.08 ^b	46.59 ^a	45.48 ^{ab}
적색도(a)	7.73	7.06	6.55
황색도(b)	2.36	2.56	2.21
육색(Color)	3.17 ^a	2.88 ^b	3.10 ^{ab}
마블링스코어	3.40 ^a	3.09 ^{ab}	2.64 ^b
드립로스(%)	1.82	2.14	1.55
산도(pH)	6.14	6.10	6.15
가열감량(%)	21.82	23.12	23.34
전단력	40.72	44.81	38.52

^{a,b}: RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

제 2 절 돼지 품종별 산육형질관련 유전자 마커 변화

1. 전체 검정돈의 유전적 마커에 따른 산육형질 비교

대한양돈협회 제 1검정소에서 2007년 7월~2008년 2월까지 검정된 검정돈 1,466두의 검정성적을 마커 유전자형에 따른 산육성적 차이를 비교하였다.

(표 26) 대한양돈협회 제1검정소 공시검정돈 품종별 성장형질의 평균과 표준편차

품종	듀록	랜드레이스	요크셔
두수	603두	373두	490두
체장(cm)	105.49±0.59	107.10±0.82	105.32±0.63
정육율(%)	57.24±1.69	57.61±1.74	57.97±1.51
일당증체량(g)	1,043.9±91.09	988.6±68.55	979.1±85.69
사료요구율(%)	2.26±0.15	2.39±0.15	2.41±0.17
등지방두께(cm)	1.37±0.17	1.33±0.15	1.30±0.14

가. RYR1(PSS) 유전자

RYR1(PSS)은 NN 유전자형이 1,446두(98.6%)로 대부분을 차지했고 Nn 유전자형은 18두(1.2%), nn유전자형 2두(0.2%)였다. 유전자형간에 산육형질간에 차이가 없었다.

(표 27) PSS 유전자형에 따른 돼지의 산육형질차이 비교

품종	유전자형		
	NN	Nn	nn
	1,446	18	2
일당증체량(g)	1,000.0	972.3	892.8
사료요구율(%)	2.36	2.40	2.49
등지방두께(cm)	1.34	1.28	1.47
정육율(%)	57.57	56.82	58.10

나. RN(PRKAG3) 유전자

RN(PRKAG3) 유전자의 경우 199I/199I 유전자형이 980두(67.3%)로 가장 많았다. 정육율과 일당증체량은 199V/199V 유전자형이 가장 높았고, 등지방두께는 199I/199I 유전자형이 가장 유의성 있게 얇았다.

(표 28) RN(PRKAG3) 유전자형에 따른 산육형질 비교

품 종	유전자형		
	199I/199I	199I/199V	199V/199V
	980	403	73
정육율(%)	57.63 ^b	57.46 ^{ab}	57.21 ^a
일당증체량(g)	997.2 ^b	1002.2 ^{ab}	1022.0 ^a
사료요구율(%)	2.37	2.36	2.34
등지방두께(cm)	1.33 ^c	1.35 ^b	1.40 ^a

^{a,b}: RN 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

다. MC4R 유전자

MC4R 유전자형의 경우 12 유전자형이 605두(42.4%)로 가장 많았다. 일당증체량은 11 유전자형이 가장 우수했고 22 유전자형의 등지방 두께가 가장 얇았다.

(표 29) MC4R 유전자형에 따른 돼지의 산육형질차이 비교

산육형질	유전자형		
	11	12	22
	590	605	233
정육율(%)	57.31	57.42	57.52
일당증체량(g)	1,004.8 ^a	989.3 ^b	982.6 ^b
사료요구율(%)	2.35 ^b	2.37 ^{ab}	2.38 ^a
등지방두께(cm)	1.35 ^b	1.34	1.32 ^a

^{a,b} : MC4R 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

라. HFABP(Msp I 효소) 유전자

HFABP(Msp I 효소) 유전자의 경우 22 유전자형이 615두(43.0%)로 가장 많았다. 그러나 유전자형간의 산육형질간의 차이를 보이지 않았다. 22 유전자형의 정육율이 가장 높았고 등지방 두께가 가장 얇았다.

(표 30) Msp I -HFABP 유전자형에 따른 돼지의 산육형질차이 비교

산육형질	유전자형		
	11	12	22
	439두	375두	615두
정육율(%)	57.16 ^b	57.27 ^b	57.97 ^a
일당증체량(g)	1004.2 ^a	1010.4 ^a	990.4 ^b
사료요구율(%)	2.36 ^{ab}	2.35 ^b	2.37 ^a
등지방두께(cm)	1.37 ^a	1.36 ^a	1.30 ^b

^{a,b} : Msp I -HFABP 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

바. HMGA 유전자

HMGA 유전자의 경우 11유전자형이 886두(60.5%)로 가장 많았다. 사료요구율은 22유전자형이 가장 높았고, 등지방두께는 12유전자형이 가장 얇았다.

(표 31) HMGA 유전자형에 따른 산육형질 비교

산육형질	유전자형		
	11	12	22
	886	508	70
정육율(%)	57.35	57.50	57.42
일당증체량(g)	998.0	991.3	982.0
사료요구율(%)	2.36 ^b	2.38 ^a	2.40 ^a
등지방두께(cm)	1.35 ^a	1.33 ^b	1.36 ^a

^{a,b} : HMGA 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

2. 검정돈의 품종별 유전적 마커에 따른 산육형질 비교

가. 듀록종

(1) RN(PRKAG3) 유전자

RN(PRKAG3) 유전자의 경우 199I/199I유전자형이 291두(48.5%)로 가장 많았다. 일당증체량은 199V/199V유전자형이 가장 높았고, 등지방두께는 199I/199I유전자형이 가장 유의성 있게 얇았다.

(표 32) RN(PRKAG3) 유전자형에 따른 산육형질 비교

산육형질	유전자형		
	199I/199I	199I/199V	199V/199V
	291	247	62
정육율(%)	56.43	56.43	56.41
일당증체량(g)	993.5 ^b	993.5 ^b	1,015.7 ^a
사료요구율(%)	2.35 ^a	2.35 ^{ab}	2.32 ^b
등지방두께(cm)	1.41 ^b	1.43 ^{ab}	1.45 ^a

^{a,b} : RN(PRKAG3) 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(2) MC4R 유전자

MC4R 유전자형의 경우 11유전자형이 257두, 12유전자형이 272두(42.4%)로 조사되었다. 정육율은 12 유전자형과 22유전자형이 높게 조사되었고, 등지방두께는 22 유전자형이 가장 얇은 것으로 조사되었다.

(표 33) MC4R 유전자형에 따른 돼지의 산육형질차이 비교

산육형질	유전자형		
	11	12	22
	257	272	55
정육율(%)	56.27 ^b	56.62 ^a	56.54 ^{ab}
일당증체량(g)	1,001.8	988.9	986.7
사료요구율(%)	2.34	2.35	2.35
등지방두께(cm)	1.42 ^a	1.42 ^a	1.38 ^b

^{a,b} : MC4R 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(3) HFABP(Msp I 효소) 유전자

HFABP(Msp I 효소) 유전자의 경우 11 유전자형이 280두(50.0%)로 가장 많았다. 일당증체량은 12 유전자형과 22 유전자형이 높았고, 등지방두께는 11유전자형과 12 유전자형이 얇았다.

(표 34) Msp I - HFABP 유전자형에 따른 돼지의 산육형질차이 비교

산육형질	유전자형		
	11	12	22
	280	219	89
정육율(%)	56.43	56.33	56.52
일당증체량(g)	98.8 ^b	1005.1 ^a	1002.4 ^{ab}
사료요구율(%)	2.36	2.34	2.33
등지방두께(cm)	1.41 ^b	1.41 ^b	1.46 ^a

^{a,b} : Msp I - HFABP 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(4) HMGA 유전자

HMGA 유전자의 경우 12유전자형이 279두(46.3%)로 가장 많았다. 사료요구율은 22유전자형이 가장 높았지만 통계적인 유의차가 없었다. 등지방두께는 11유전자형과 12유전자형이 얇았다.

(표 35) HMGA 유전자형에 따른 산육형질 비교

산육형질	유전자형		
	11	12	22
	259	279	64
정육율(%)	56.55	56.33	56.44
일당증체량(g)	997.8	997.1	980.4
사료요구율(%)	2.34	2.35	2.38
등지방두께(cm)	1.42 ^a	1.42 ^{ab}	1.43 ^b

^{a,b} : HMGA 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

나. 랜드레이스종

(1) RYR1(PSS) 유전자

RYR1(PSS)은 NN 유전자형이 370두(99.2%)로 대부분을 차지했고 Nn 유전자형은 3두(0.8%)였다. 일당증체량은 NN유전자형이 높았게 조사되었다.

(표 36) PSS 유전자형에 따른 돼지의 산육형질차이 비교

산육형질	유전자형		
	NN	Nn	nn
	370	3	—
정육율(%)	57.75	58.47	—
일당증체량(g)	1,000.5 ^a	894.3 ^b	—
사료요구율(%)	1.32	1.20	—
등지방두께(cm)	2.36 ^b	2.51 ^a	—

^{a,b} : PSS 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

(2) RN(PRKAG3) 유전자

RN(PRKAG3) 유전자의 경우 199V/199V 유전자형이 313두(84.8%)로 가장 많았다. 정육율은 199I/199V 유전자형이 가장 높았고, 등지방두께는 199I/199V 유전자형이 가장 얇았지만 통계적 유의차는 없었다.

(표 37) RN(PRKAG3) 유전자형에 따른 산육형질 비교

산육형질	유전자형		
	199I/199I	199I/199V	199V/199V
	5	51	313
정육율(%)	57.38 ^b	58.16 ^a	57.70 ^b
일당증체량(g)	1029.9	989.0	999.7
사료요구율(%)	2.33	2.38	2.36
등지방두께(cm)	1.34	1.28	1.32

^{a,b} : RN(PRKAG3) 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

다. MC4R 유전자

MC4R 유전자형의 경우 22 유전자형이 173두(47.8%)로 가장 높게 조사되었다. 일당증체량은 11 유전자형이 가장 높게 조사되었고, 등지방두께는 12 유전자형과 22 유전자형이 얇게 조사되었지만 통계적인 유의차는 없었다.

(표 38) MC4R 유전자형에 따른 돼지의 산육형질차이 비교

산육형질	유전자형		
	11	12	22
	29	160	173
정육율(%)	57.42	57.78	57.84
일당증체량(g)	1,008.3	1,003.5	992.2
사료요구율(%)	2.36	2.36	2.37
등지방두께(cm)	1.36	1.31	1.31

^{a,b} : MC4R 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

라. HFABP(Msp I 효소) 유전자

HFABP(Msp I 효소) 유전자의 경우 22 유전자형이 213두(58.0%)로 가장 많았다. 정육율은 22유전자형이 가장 높았고, 일당증체량과 사료요구율은 11 유전자형과 12 유전자형이 높았다.

(표 39) Msp I -HFABP 유전자형에 따른 돼지의 산육형질차이 비교

산육형질	유전자형		
	11	12	22
	75	79	213
정육율(%)	57.28 ^b	57.23 ^b	58.13 ^a
일당증체량(g)	1009.8 ^a	1009.4 ^a	990.8 ^b
사료요구율(%)	2.34 ^a	2.36 ^a	2.38 ^b
등지방두께(cm)	1.37	1.37	1.28

^{a,b} : HFABP(Msp I 효소) 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

마. HMGA 유전자

HMGA 유전자의 경우 11유전자형이 278두(74.5%)로 가장 많았다. 일당증체량은 22유전자형이 가장 높았고, 사료요구율은 11유전자형과 12유전자형이 높았다.

(표 40) HMGA 유전자형에 따른 산육형질 비교

산육형질	유전자형		
	11	12	22
	278	94	1
정육율(%)	57.53 ^b	58.36 ^a	57.72 ^{ab}
일당증체량(g)	1,002.0 ^b	990.1 ^b	1,141.8 ^a
사료요구율(%)	2.36 ^a	2.38 ^a	2.05 ^b
등지방두께(cm)	1.33	1.27	1.35

^{a,b} : HMGA 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

다. 대요크셔종

가. RYR1(PSS) 유전자

RYR1(PSS)은 NN 유전자형이 475두(96.9%)로 대부분을 차지했고, Nn 유전자형은 15두(3.1%)였다.

(표 41) PSS 유전자형에 따른 돼지의 산육형질차이 비교

산육형질	유전자형		
	NN	Nn	nn
	475	15	—
정육율(%)	58.04	58.07	—
일당증체량(g)	989.9	987.8	—
사료요구율(%)	1.30	1.29	—
등지방두께(cm)	2.39	2.37	—

^{a,b} : PSS 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

나. RN(PRKAG3) 유전자

RN(PRKAG3) 유전자의 경우 199V/199V 유전자형이 376두(77.2%)로 가장 많았다. 사료요구율은 199I/199I 유전자형이 가장 높게 조사되었다.

(표 42) RN(PRKAG3) 유전자형에 따른 산육형질 비교

산육형질	유전자형		
	199I/199I	199I/199V	199V/199V
	6	105	376
정육율(%)	57.56	57.92	58.06
일당증체량(g)	973.9	1,002.9	986.7
사료요구율(%)	2.55 ^a	2.38 ^b	2.39 ^b
등지방두께(cm)	1.37	1.31	1.29

^{a,b} : RN(PRKAG3) 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

다. MC4R 유전자

MC4R 유전자형의 경우 11유전자형이 304두(63.1%)로 가장 높게 조사되었다. 사료요구율은 12유전자형이 가장 높게 조사되었고, 등지방두께는 12유전자형이 가장 얇게 조사되었지만 통계적인 유의차는 없었다.

(표 43 MC4R 유전자형에 따른 돼지의 산육형질차이 비교

산육형질	유전자형		
	11	12	22
	304	173	5
정육율(%)	58.07	57.97	57.74
일당증체량(g)	997.5	975.6	968.7
사료요구율(%)	2.38 ^b	2.41 ^a	2.35 ^b
등지방두께(cm)	1.30	1.29	1.36

^{a,b} : MC4R 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

라. HFABP(Msp I 효소) 유전자

HFABP(Msp I 효소) 유전자의 경우 22 유전자형이 313두(66.0%)로 가장 많았다. 일당증체량은 11유전자형이 가장 높았고, 등지방두께는 22유전자형이 가장 얇게 조사되었다.

(표 44) Msp I -HFABP 유전자형에 따른 돼지의 산육형질차이 비교

산육형질	유전자형		
	11	12	22
	84	77	313
정육율(%)	57.38 ^b	58.11 ^a	58.18 ^a
일당증체량(g)	1013.7 ^a	993.7 ^b	982.0 ^c
사료요구율(%)	2.38	2.39	2.39
등지방두께(cm)	1.36 ^a	1.32 ^b	1.27 ^c

^{a,b} : HFABP(Msp I 효소) 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

마. HMGA 유전자

HMGA 유전자의 경우 11유전자형이 349두(71.4%)로 가장 많았다. 사료요구율은 12유전자형과 22유전자형이 높았다.

(표 45) HMGA 유전자형에 따른 산육형질 비교

산육형질	유전자형		
	11	12	22
	349	135	5
정육율(%)	57.99	58.15	58.09
일당증체량(g)	993.1	981.0	996.3
사료요구율(%)	2.38 ^b	2.41 ^a	2.39 ^{ab}
등지방두께(cm)	1.30	1.27	1.36

^{a,b} : HMGA 유전자형간 유의차 있음(P < 0.10).

제 3절 고부가가치 돼지 요인 연구

1. 고부가가치 도체 결정요인 연구

가. 도체등급데이터의 특성

고부가가치의 돼지를 규명하기 위한 첫 단계로 생산자가 받을 수 있는 돼지도체 도매가격을 극대화시킬 수 있는 요인의 규명이다. 2005년도 전국 14개 도매시장에서 등급판정되어 경매처리된 도체의 가격결정요인을 분석하였다. 축산물등급판정소에서 제공한 200여만두의 도체등급과 거래가격 데이터를 E등급을 제외하고 분석가능한 데이터를 선별하여 통계분석했다. 또한 박피도체와 탕박도체로 구분하였다.

본 분석연구에 이용된 돼지두수는 박피도체가 985,403두, 탕박도체가 939,287두, 합계 1,924,690두였다. 박피도체 두수의 평균 도체중은 $80.3 \pm 7.96\text{Kg}$, 평균 등지방두께는 $16.5 \pm 4.63\text{mm}$ 였고, 평균도체등급점수는 3.9(A등급=5, B등급=4, C등급=3, D등급=2), 평균 도체단가는 Kg당 $3,751 \pm 556$ 원이었다(표 469). 탕박도체 두수의 평균 도체중은 $81.1 \pm 8.61\text{Kg}$, 평균 등지방두께는 $19.6 \pm 4.90\text{mm}$ 였고, 평균도체등급점수는 3.8, 평균 도체단가는 Kg당 $3,495 \pm 513$ 원이었다(표 47).

(표 46) 박피도체형질별 평균치와 표준편차(2005년 전국 거래두수)

요인	평균	표준편차	최소값	최대값
도체중(kg)	80.3	± 7.96	51	119
등지방두께(mm)	16.5	± 4.63	6	29
도체등급점수	3.9	± 1.06	2(D)	5(A)
지육단가(원/kg)	3,751	± 556	2,000	5,340

* 도체등급점수 : A등급=5, B등급=4, C등급=3, D등급=2

(표 47) 탕박도체형질별 평균치와 표준편차(2005년 전국 거래두수)

요인	평균	표준편차	최소값	최대값
도체중(kg)	81.1	± 8.61	61	129
등지방두께(mm)	19.6	± 4.90	8	31
도체등급점수	3.8	± 1.02	2(D)	5(A)
지육단가(원/kg)	3,495	± 513	2,000	6,802

* 도체등급점수 : A등급=5, B등급=4, C등급=3, D등급=2

나. 도체등급별 비율과 가격

돼지 박피도체의 성별 등급비율과 가격을 보면 암돼지와 거세돈의 성별 등급별 비율은 비슷하였다(표 48). 즉, 암돼지의 A등급비율은 39.62%, B등급 비율은 30.37%, C등급 비율은 16.06%, D등급 비율은 13.95%였고, 거세돈의 A등급 비율은 38.06%, B등급 비율은 31.64%, C등급 비율은 16.09%, D등급 비율은 14.21%였다. 그러나 암돼지 A등급 평균가격은 4,109원이었으나 거세돈 A등급 평균가격은 3,749원으로 암, 거세돈의 평균단가 차이는 Kg당 322원이었다.

한편, 탕박도체의 성별 등급비율과 가격을 보면 암돼지와 거세돈의 성별 등급별 비율은 B등급과 D등급이 약간 차이를 보였다. 즉, 암돼지의 A등급 비율은 32.03%, B등급 비율은 32.84%, C등급 비율은 21.31%, D등급 비율은 13.82%였던 반면, 거세돈의 A등급 비율은 31.99%, B등급 비율은 36.45%로 암돼지의 B등급보다 4% 많았고, C등급 비율은 21.39%, D등급 비율은 10.16%로 암돼지의 D등급보다 3.5% 많았다(표 49).

또한, 탕박도체의 암돼지와 거세돈의 평균 단가차이는 200원으로 박피도체의 322원보다 차이가 적었다.

(표 48) 박피도체 등급별 비율과 가격 분석

성별	등급	A	B	C	D	전체
암	두수	248,213	190,229	100,614	87,389	626,445
	등급비율	39.62%	30.37%	16.06%	13.95%	100.0%
	평체	78.16	78.66	81.40	90.75	80.59
	가격	4,109	3,869	3,636	3,493	3,874
거세	두수	134,016	111,395	56,650	50,018	352,079
	등급비율	38.06%	31.64%	16.09%	14.21%	100.0%
	평체	77.66	77.51	80.82	90.83	79.99
	가격	3,749	3,588	3,368	3,152	3,552
수	두수	-	-	1,324	5,555	6,879
	등급비율	-	-	19.25%	80.75%	100.0%
	평체	-	-	77.85	80.81	80.24
	가격	-	-	2,804	2,637	2,669
전체	두수	382,229	301,624	158,588	142,962	985,403
	등급비율	38.79%	30.61%	16.09%	14.51%	100.0%
	평체	77.98	78.23	81.16	90.39	80.37
	가격	3,983	3,765	3,533	3,341	3,751

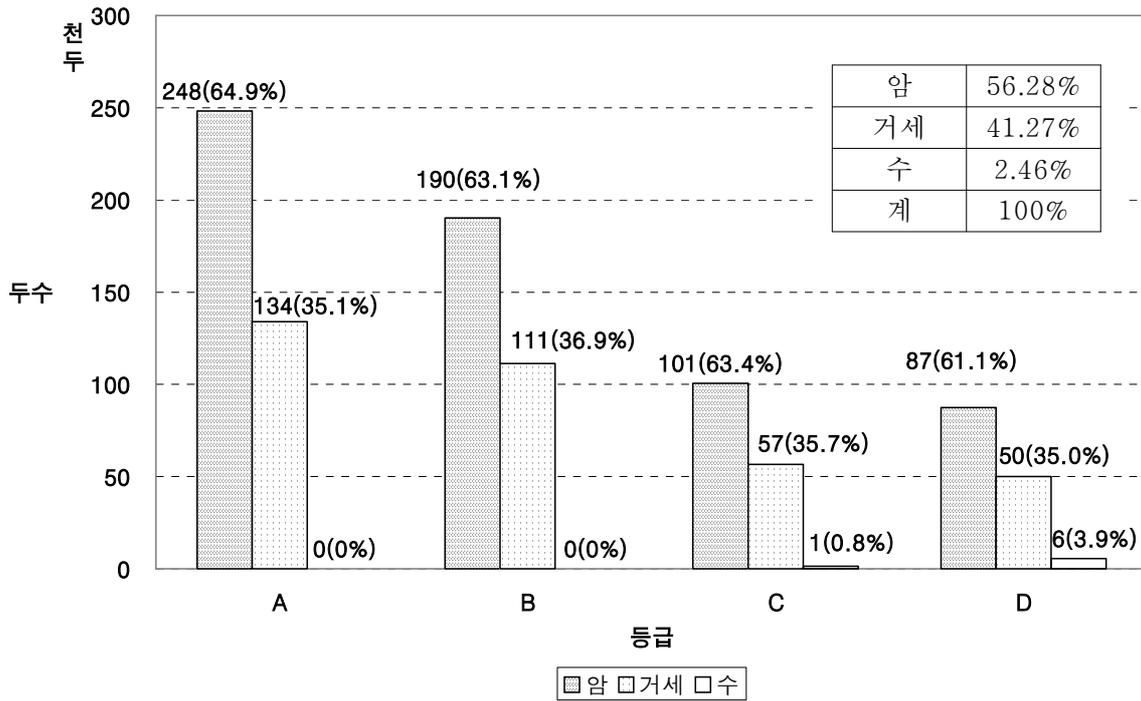
(표 49) 박피도체 등급별 비율과 가격 분석

성별	등급	A	B	C	D	전체
암	두수	169,341	173,573	112,647	73,055	528,616
	등급비율	32.03%	32.84%	21.31%	13.82%	100.0%
	평균	85.40	81.30	77.62	76.36	81.14
	가격	3,766	3,675	3,471	3,188	3,593
거세	두수	124,006	141,295	82,906	39,394	387,601
	등급비율	31.99%	36.45%	21.39%	10.16%	100.0%
	평균	85.16	81.22	77.91	75.66	81.21
	가격	3,525	3,458	3,287	3,054	3,402
수	두수	-	-	4,643	18,427	23,070
	등급비율	-	-	20.13%	79.87%	100.0%
	평균	-	-	86.01	80.17	81.34
	가격	-	-	2,894	2,788	2,809
전체	두수	293,347	314,868	200,196	130,876	939,287
	등급비율	31.23%	33.52%	21.31%	13.93%	100.0%
	평균	85.30	81.26	77.94	76.69	81.17
	가격	3,664	3,577	3,382	3,092	3,495

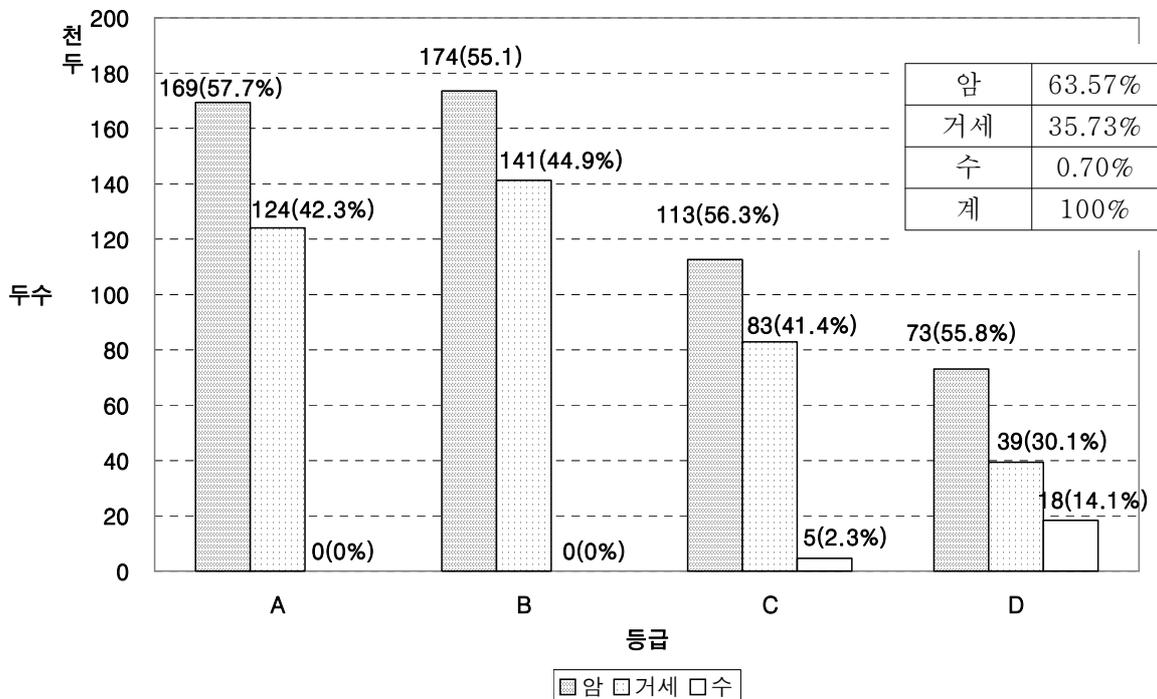
다. 도체등급별 성별두수 비율

박피도체의 경우 A등급의 암수비율은 암태지가 64.9%, 거세돈이 35.1%였고, B등급의 경우 암태지 63.1%, 거세돈 36.9%였다. 이러한 비율은 C등급, D등급에서도 유사하였고 전체돼지 중 수태지의 비율은 2.5%에 그쳤다(그림 7).

탕박도체 A등급의 암수비율은 암태지가 57.7%, 거세돈이 42.3%였고, B등급의 경우 암태지 55.1%, 거세돈 44.9%였다. 이러한 비율은 C등급, D등급에서도 유사하였고 전체돼지 중 수태지의 비율은 0.7%에 그쳤다(그림 8).



(그림 7) 박피도체의 등급별 출현두수 성별 비율



(그림 8) 탕박도체의 등급별 출현두수 성별 비율

라. 고부가가치를 위한 돼지도체 형질 연구

(1) 도체가격 결정 요인 분석

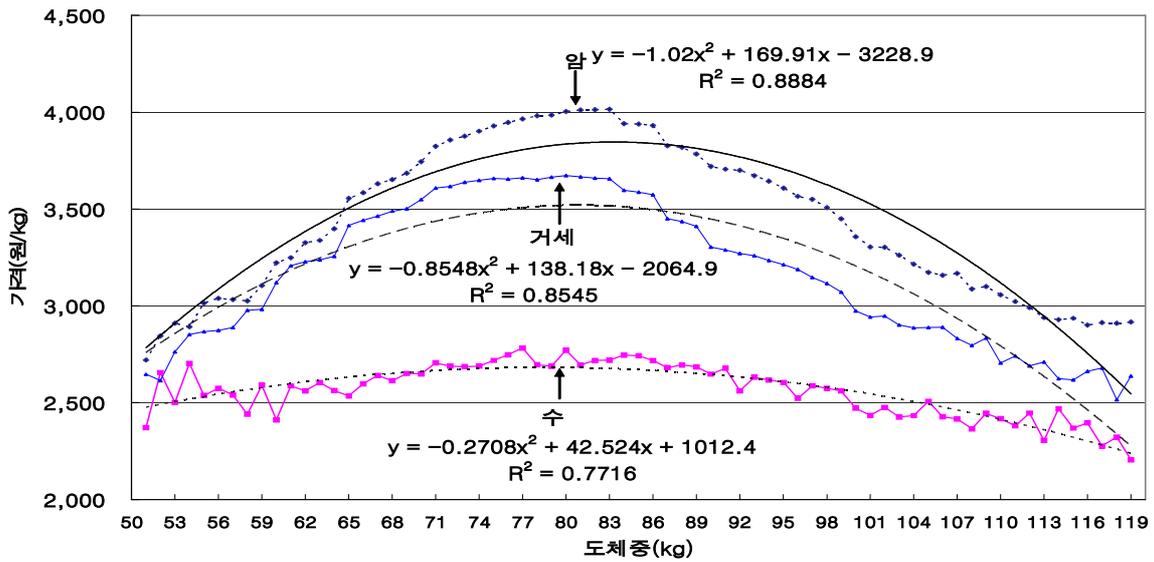
2005년 1년간 거래된 박피 도체 985,403두 단가를 월별, 등급, 도체중, 등지방두께, 성별요인에 따라 분산분석을 통해 분석한 결과 가장 많은 영향(변이)을 준 요인은 계절요인으로 월별요인이 전체 가격변이의 40.3%를 차지했다. 그 다음으로 큰 변이를 보이는 요인은 도체중(10.0%), 성별(9.5%), 등지방두께(9.0%), 등급(4.0%)의 순서였다. 또한 상기 1년간 거래된 탕박도체 939,287두 단가를 월별, 등급, 도체중, 등지방두께, 성별요인에 따라 분산분석을 통해 분석한 결과 가장 많은 영향(변이)을 준 요인은 계절요인으로 월별요인이 전체 가격변이의 44.3%를 차지했다. 그 다음으로 큰 변이를 보이는 요인은 도체중(6.8%), 등지방두께(5.3%), 성별(4.9%), 등급(3.6%)의 순서였다. 예상외로 등급요인은 큰 영향을 미치지 못하고 있다. 생산자가 관리하고 통제할 수 있는 요인은 상기요인 중 출하시점에서의 도체중과 등지방두께 형질이므로 따라서 이 두 가지 요인에 따른 가격의 변화를 조사 연구했다.

(2) 도체 체중에 따른 가격의 변화

매년 출하체중이 증가하는 경향을 보이면서 최고 가격을 보이는 도체중도 무거워지고 있다. 2005년도에 거래된 약 1백만두의 박피 도체중 무게에 따른 도체 단가를 보면 암돼지는 83.3Kg(생체 122.5Kg), 거세돈은 80.8Kg(생체 118.9Kg), 수돼지는 78.5Kg(생체 115.5Kg) 시점에서 각각 Kg당 3,846원, 3,519원, 2,681원의 최고 단가를 보였다(그림9, 표 50).

(표 50) 박피도체 Kg당 최고단가의 성별 도체중(2005년 전국거래두수)

성별	최고가격	도체중	생체중
암	3,846	83.2	122.4
거세	3,519	80.8	118.8
수	2,681	78.5	115.4

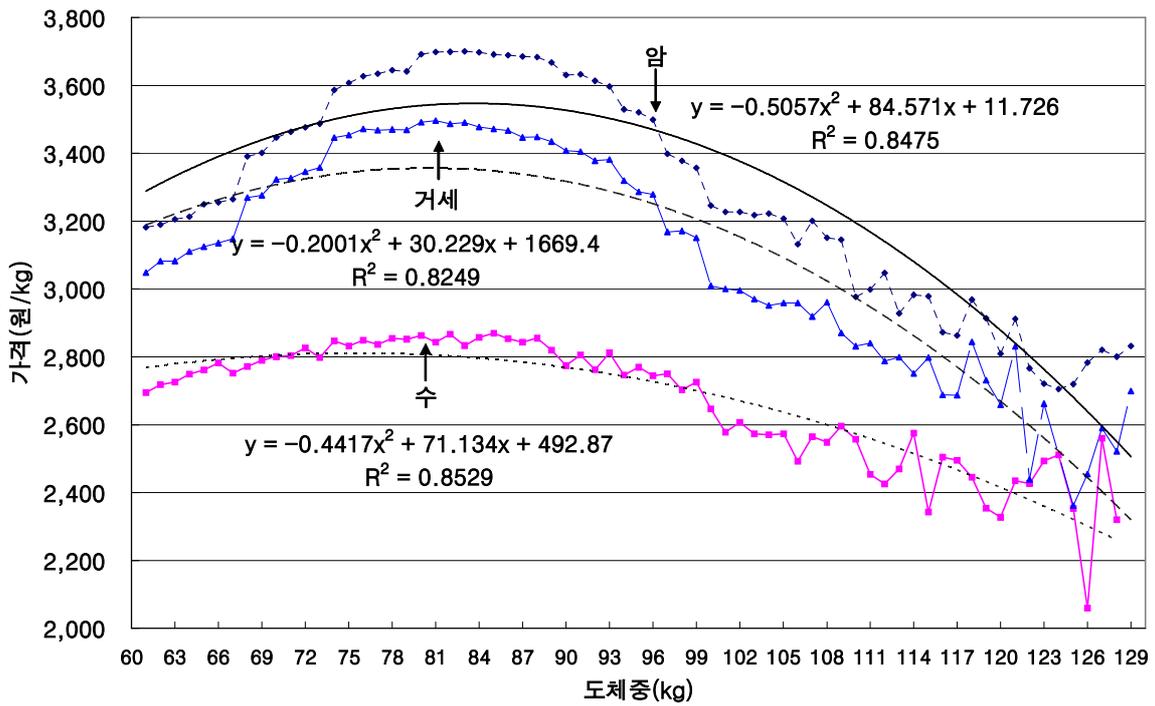


(그림 9) 박피 도체중에 따른 성별 도체 Kg당 단가변화

탕박도체의 경우 암태지는 도체중 81.6Kg(생체 107.2Kg), 거세돈은 75.5Kg(생체 96.8Kg), 수태지는 80.5Kg(생체 103.2Kg) 시점에서 각각 3,547원, 3,356원, 2,811원이었다(그림10, 표 51)

(표 51) 탕박도체 Kg당 최고단가의 성별 도체중(2005년 전국거래두수)

성별	최고가격	도체중	생체중
암	3,547	83.6	107.2
거세	3,356	80.5	103.2
수	2,811	75.5	96.8



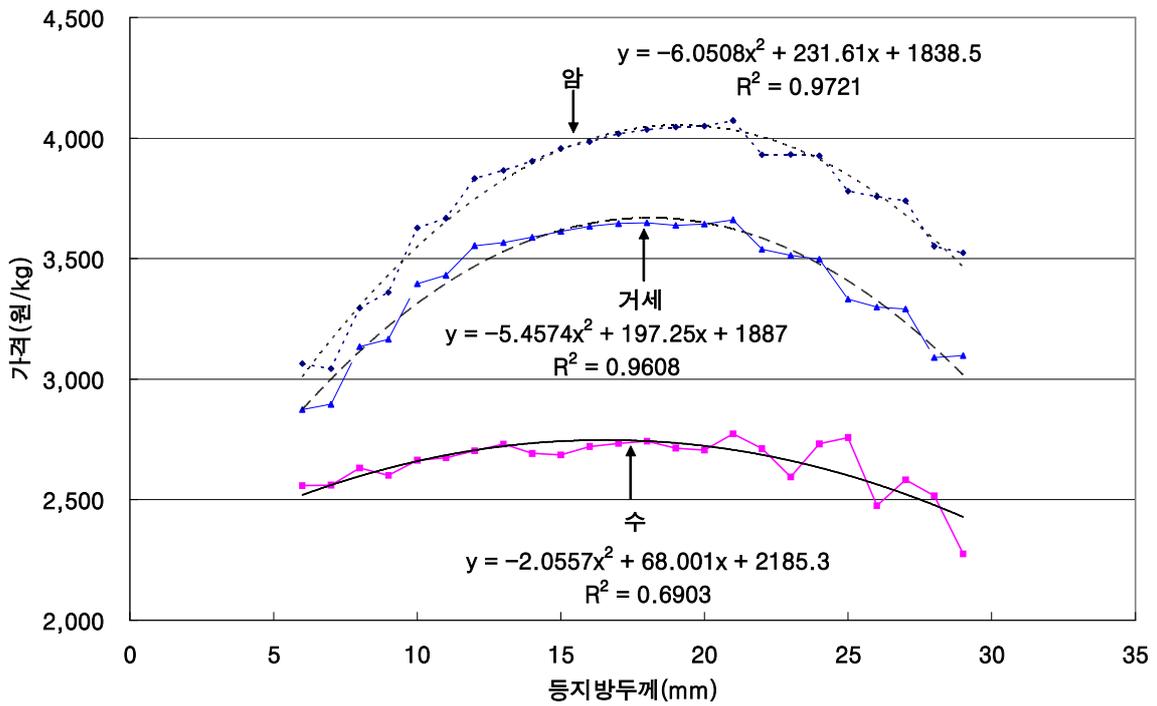
(그림 10) 탕박 도체중에 따른 성별 도체 Kg당 단가변화

(3) 도체 등지방두께에 따른 가격의 변화

2005년도의 박피도체의 등지방두께에 따른 도체단가를 보면 암태지는 등급판정소의 등지방두께가 19.1mm, 거세돈은 18.0mm, 수태지는 16.5mm에서 각각 도체 Kg당 4,054원, 3,669원, 2,747원의 최고단가를 보였다(그림8, 표49).

(표 52) 박피도체 Kg당 최고단가의 성별 등지방두께(2005년 전국거래두수)

성별	최고가격	등지방두께
암	4,054	19.1
거세	3,669	18.0
수	2,747	16.5

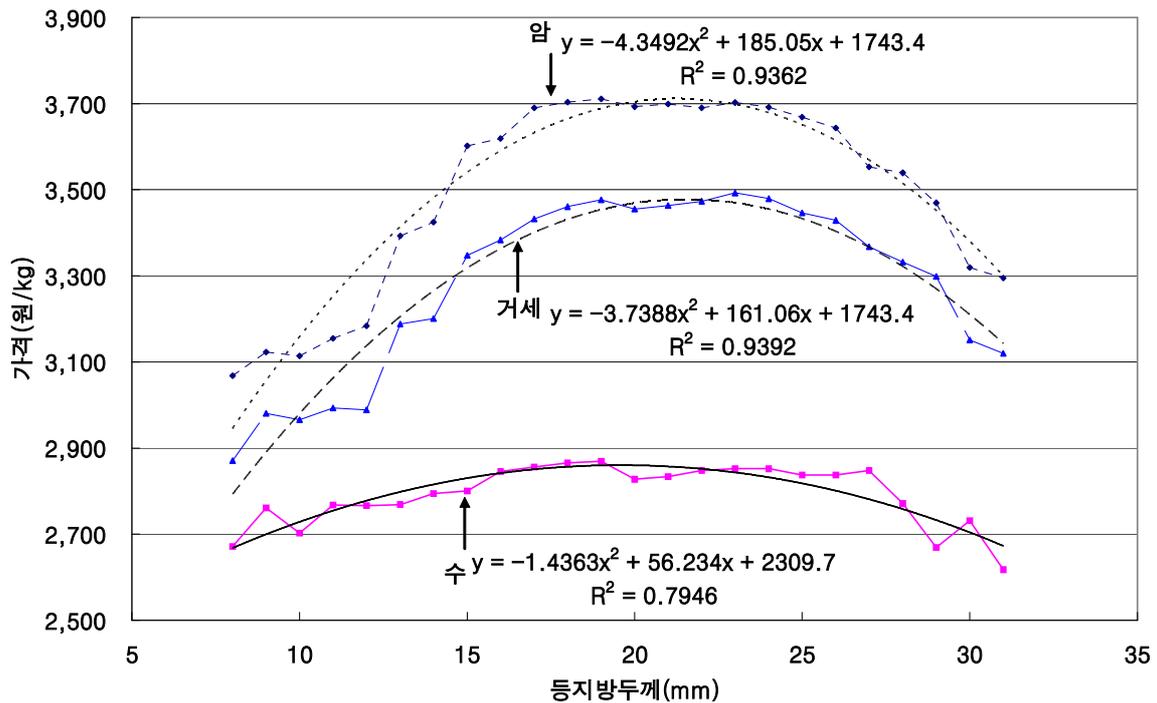


(그림 11) 박피 도체의 등지방두께에 따른 성별 Kg당 단가변화

탕박도체의 등지방두께에 따른 도체단가를 보면 암태지는 등지방두께가 21.2mm, 거세돈은 21.5mm, 수태지는 19.5mm에서 각각 도체 Kg당 3,711원, 3,477원, 2,860원의 최고단가였다(그림 12, 표 53).

(표 53) 탕박도체 Kg당 최고단가의 성별 등지방두께(2005년 전국거래두수)

성별	최고가격	등지방두께
암	3,711	21.2
거세	3,477	21.5
수	2,860	19.5

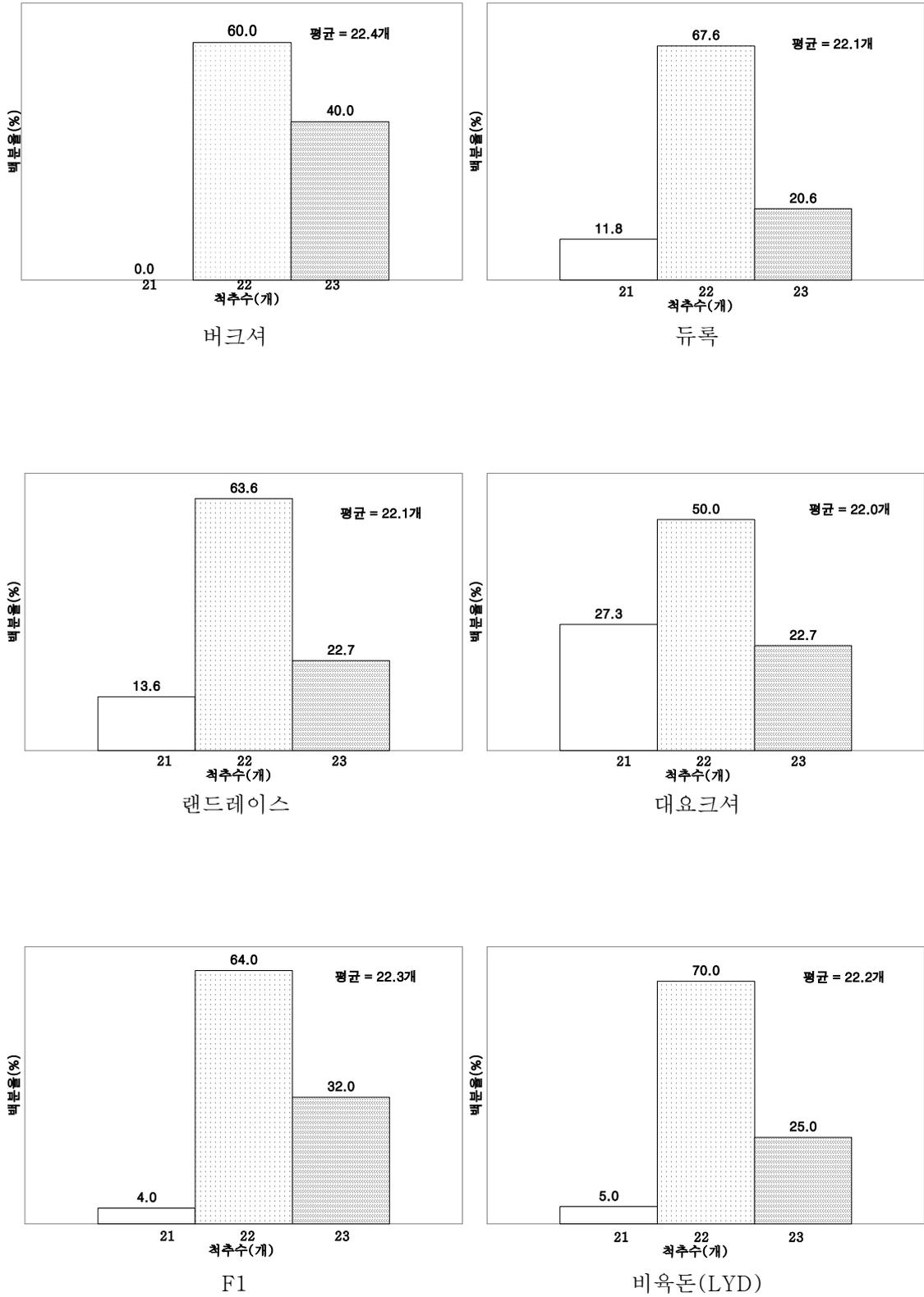


(그림 12) 탕박 도체의 등지방두께에 따른 성별 Kg당 단가변화

2. 공시돈 도축 형질 자료를 이용한 고부가가치돈 결정요인 연구

가. 품종별 척추수와 부위육 생산량간의 상관관계

돼지는 척추수가 20개~24개의 변이를 보이고 있다. 척추수는 체장길이의 중요한 요인이 되고 체장이 길면 삼겹살 부위 생산량이 많아질 것으로 추정하게 된다. 본 시험 연구 공시돈 153두에 대한 품종별 척추숫자와 생돈체장, 도체장, 삼겹살무게, 등심무게를 측정하였다(그림 13). 품종별로 큰 차이는 없었으나 의외로 버크셔와 F1의 척추수가 근소하게 많았다.



(그림 13) 돼지품종별 치추숫자분포

나. 품종별 척추수와 도체형질간의 상관관계

척추수와 도체형질간의 상관관계를 분석한 결과 전체적으로 척추수는 생체장과 도체장간의 상관도가 각각 0.31, 0.35였으나 삼겹살 무게와는 거의 상관관계가 없었고 등심무게와는 0.11의 낮은 상관관계를 보였다(표 54, 55). 낮은 상관도는 공시두수가 적기 때문으로 보여 보다 많은 두수의 조사와 연구가 필요하다.

(표 54) 돼지 품종별 평균 척추수와 체장 및 삼겹살과 등심 무게

	척추수	생체장	도체장	삼겹살무게	등심무게
버크셔	22.4±0.18	123.3 ^a ±1.47	85.7 ^a ±1.10	11.3 ^a ±0.52	3.05 ^{ab} ±0.09
듀록	22.1±0.10	118.1 ^b ±0.88	81.8 ^c ±0.59	10.5 ^{ab} ±0.28	2.96 ^b ±0.05
랜드레이스	22.1±0.12	123.4 ^a ±1.47	84.8 ^a ±0.74	10.6 ^a ±0.35	3.19 ^a ±0.10
대요크셔	22.0±0.12	121.0 ^{ab} ±1.47	82.6 ^{bc} ±0.74	11.3 ^a ±0.36	3.14 ^a ±0.09
F1	22.3±0.12	121.9 ^a ±1.20	84.8 ^{ab} ±0.69	9.9 ^b ±0.33	3.08 ^a ±0.07
비육돈	22.2±0.09	114.0 ^c ±1.47	83.0 ^b ±0.55	9.8 ^b ±0.26	2.50 ^c ±0.09

^{a,b,c} : 품종간 유의차가 있음(P < 0.05).

(표 55) 공시돈 전체두수의 척추수와 각 도체형질 상관도

	생체장	도체장	삼겹살무게	등심무게
척추수	0.31	0.35	-0.05	0.11
생체장		0.55	0.21	0.22
도체장			0.05	0.18
삼겹살무게				-

버크셔의 척추수와 각 도체형질간의 상관관계를 분석한 결과 척추수의 생체장과 도체장간의 상관도가 각각 0.50과 0.63으로 높은 상관관계를 보였고, 전체두수와는 달리 삼겹살 무게, 등심 무게와도 각각 -0.41, -0.30의 다소 높은 음의 상관도를 보였다. 그러나 척추수가 많아지면 삼겹살 무게와 등심무게도 무거워지는 것이 일반적이므로 음의 상관관계를 보이는 결과는 제한적인 공시두수 때문인 것으로 보인다(표 56).

(표 56) 버크셔의 척추수와 각 도체형질 상관도

	생체장	도체장	삼겹살무게	등심무게
척추수	0.50	0.63	-0.41	-0.30
생체장		0.75	-0.02	-0.12
도체장			-0.04	-0.64
삼겹살무게				0.02

듀록종의 척추수와 각 도체형질간의 상관관계를 분석한 결과 척추수의 생체장과 도체장과의 상관도가 각각 0.23과 0.16으로 낮게 나타났다. 또한 삼겹살 무게와 등심무게와의 상관도도 각각 -0.02와 0.10으로 상관관계가 거의 없거나 매우 낮게 나타났다(표 57).

(표 57) 듀록의 척추수와 각 도체형질 상관도

	생체장	도체장	삼겹살무게	등심무게
척추수	0.23	0.16	-0.02	0.10
생체장		0.30	0.21	-0.13
도체장			0.13	-0.10
삼겹살무게				-0.24

랜드레이스 품종의 척추수와 각 도체형질간의 상관관계를 분석한 결과 척추수의 도체장과의 상관도가 0.59로 매우 높게 나타났다. 그러나 생체장, 삼겹살무게, 등심무게와는 -0.32, -0.21, 0.36으로 다소 낮은 상관관계를 보이고 있다(표 58).

(표 58) 랜드레이스의 척추수와 각 도체형질 상관도

	생체장	도체장	삼겹살무게	등심무게
척추수	-0.32	0.59	-0.21	0.36
생체장		0.11	0.60	-0.24
도체장			0.08	0.34
삼겹살무게				-0.38

대요크셔 품종의 척추수와 각 도체형질간의 상관관계를 분석한 결과 척추수의 생체장과 도체장간의 상관도는 0.36과 0.43으로 나타났다. 삼겹살무게와는 거의 상관관계가 없었고, 등심무게와는 -0.15로 낮은 상관관계를 보였다.

(표 59) 대요크셔의 척추수와 각 도체형질 상관도

	생체장	도체장	삼겹살무게	등심무게
척추수	0.36	0.43	0.02	-0.15
생체장		0.43	0.07	0.12
도체장			0.04	0.17
삼겹살무게				0.43

F₁ 잡종돈의 척추수와 각 도체형질간의 상관관계를 분석한 결과 척추수의 생체장과 삼겹살 무게의 상관도는 각각 0.43, 0.45였고, 도체장과의 상관도는 0.25로 다소 낮았다. 등심무게와의 상관도는 없었다(표 60).

(표 60) F₁ 잡종돈의 척추수와 각 도체형질 상관도

	생체장	도체장	삼겹살무게	등심무게
척추수	0.43	0.25	0.45	-
생체장		0.70	0.23	-0.31
도체장			0.10	-0.14
삼겹살무게				-0.17

3품종 비육돈(LYD)의 척추수와 각 도체형질간의 상관관계를 분석한 결과 척추수의 생체장과의 상관도는 0.56으로 높게 나타났다. 도체장과 삼겹살 무게, 등심무게와의 상관도는 각각 0.26, -0.29, 0.31로 다소 낮게 나타났다.

(표 61) 3품종 비육돈(LYD)의 척추수와 각 도체형질 상관도

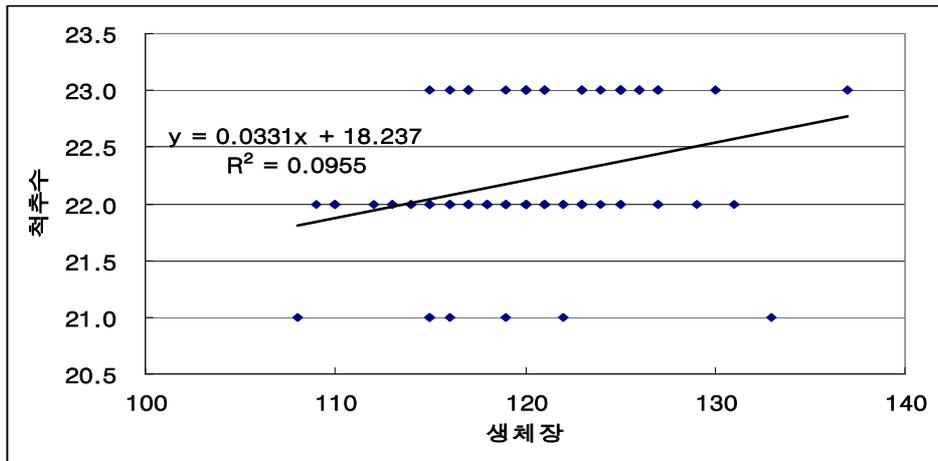
	생체장	도체장	삼겹살무게	등심무게
척추수	0.56	0.26	-0.29	0.31
생체장		0.12	-0.48	0.33
도체장			0.01	0.60
삼겹살무게				-0.19

다. 생체장 및 도체장 측정을 통한 척추수 추정

공시돈의 생체장 측정을 통한 척추수를 추정한 추정식은 아래와 같다.

$$\text{척추수} = 0.0331 * \text{생체장} + 18.237 (R^2=0.0955)$$

즉, 생체장이 10cm 늘어나면 척추수는 0.331개가 늘어난다(그림 11).

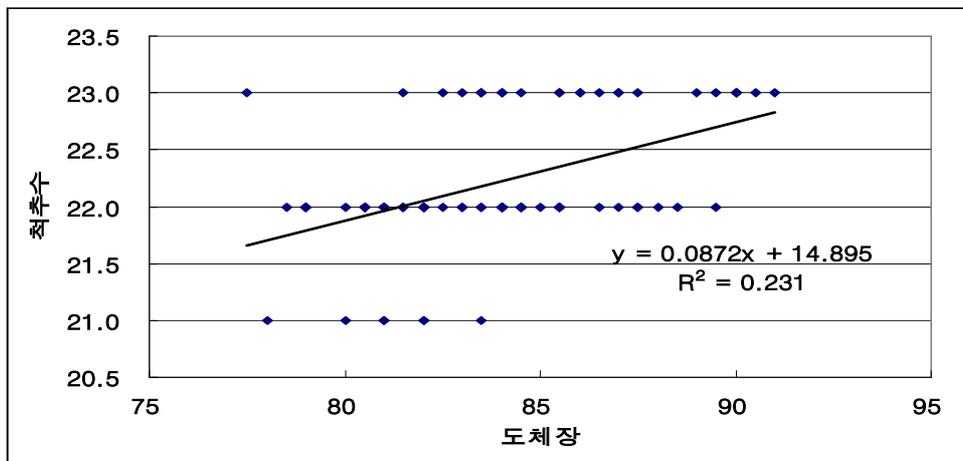


(그림 14) 생체장과 척추수간의 추정 관계식

공시돈의 도체장 측정을 통한 척추수를 추정한 추정식은 아래와 같다.

$$\text{척추수} = 0.0872 * \text{도체장} + 14.895 (R^2=0.231)$$

즉, 도체장이 10cm 늘어나면 척추수는 0.872개가 늘어난다(그림 15).



(그림 15) 도체장과 척추수간의 추정 관계식

제 4절 고수율·고급 육질 돼지의 경제적 요인 분석

1. 돼지의 고수율 요인의 경제적 영향 분석

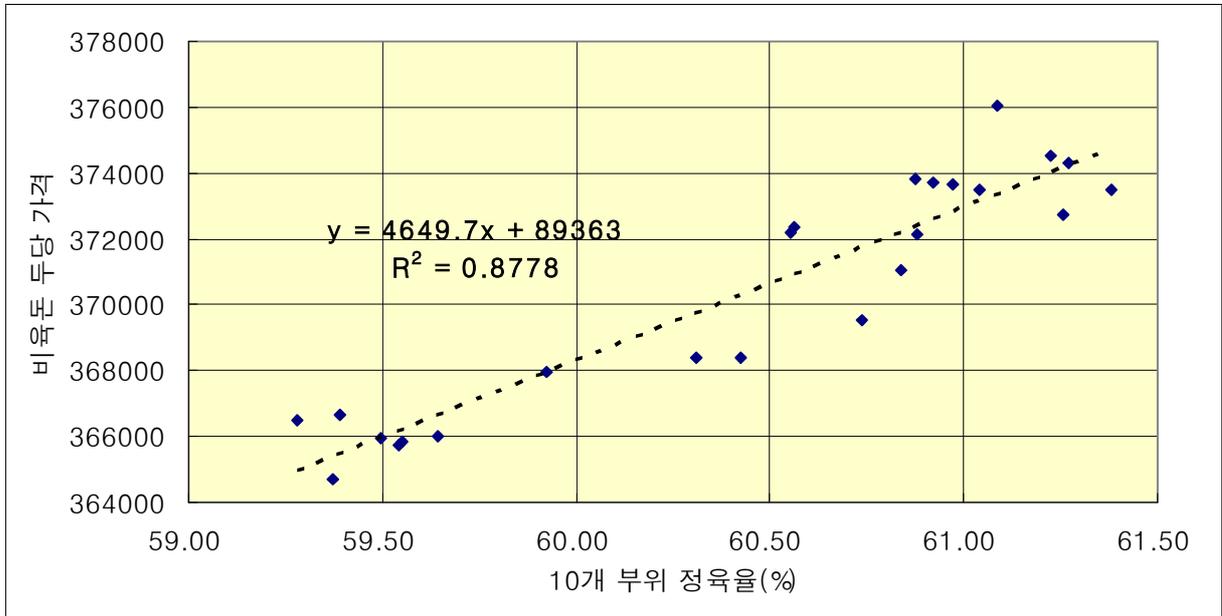
가. 도축 시험 돼지 및 방법

돼지의 도체 특성 및 주요 부위별 중량이 돼지 가격에 미치는 영향을 조사 분석하였다. B조합의 7개 농장의 3품종(YLD) 비육돈 840두의 각 부위별 중량을 측정하여 각 부위별 가격과 두당 가격을 계산 하였다(표 62, 63). 비육돈 840두의 탕박 평균 돈 체중은 87.8 kg으로 생체중 환산 114.3 kg이었다. 또한 전지, 갈비, 목살, 삼겹살, 안심, 등심, 후지 등 7개 부위와 항정, 갈매기살, 잡육 등 10개 주요 부위 정육량은 두당 평균 53.2 kg으로 1차 가공 부산물은 두당 평균 32.4 kg 생산 했다. 평균 지육 가격을 4,000 원으로 설정 했을 때의 주요 10개 부위별 판매 가격을 적용한 평균 두당 가격은 386,564 원 이었다.

(표 62) 농장별 3품종 비육돈 두당 수율구성과 가격

농가	A	B	C	D	E	F	G	합계 (평균)	
시험두수	35	210	210	70	35	70	210	840	
평균도체중 (kg)④	82.6	85.6	87.4	89.3	95.0	86.8	88.1	87.8	
도체등지방 두께(mm)	18.9	18.6	18.9	22.7	21.0	20.1	21.7	20.3	
주 요 부 위 (k g / 두) (단 가) (원 / k g)	전지 (5,500원)	7.7	8.0	8.4	8.2	8.8	8.1	8.0	8.2
	갈비 (10,200원)	3.7	3.8	4.0	4.1	4.3	3.9	3.9	4.0
	목심 (11,300원)	4.3	4.4	4.5	4.5	4.9	4.5	4.4	4.5
	삼겹 (11,600원)	10.1	10.3	10.4	10.7	11.2	10.3	10.6	10.5
	안심 (7,000원)	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9
	등심 (5,000원)	5.1	5.4	5.3	5.5	6.1	5.7	5.4	5.5
	항정 (14,500원)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3
	갈매기 (12,500원)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	후지 (5,000원)	14.6	15.4	15.6	15.8	17.1	15.9	15.3	15.7
	잡육 (2,500원)	3.2	3.3	3.3	3.4	3.7	3.3	3.2	3.2
소계⑤	50.0	52.1	53.1	53.7	57.8	53.0	52.4	53.2	
정육율 (⑤/④)(%)	60.6	60.8	60.8	60.1	60.8	61.1	59.5	60.5	
주요부위가격 (원/두)	365,507	378,410	386,270	390,892	418,274	383,479	383,112	386,564	

단순히 두당가격과 보정정육율간의 회귀공식을 보면 보정정육율 1%증가시마다 비육돈의 부가가치는 4,649.7원 상승하고 있다(그림 16).



(그림 16) 정육율과 두당 가격간의 관계

다. 정육율에 영향을 미치는 요인

(1) 정육율과 각 요인별 중요도

정육율에 미치는 영향을 다중회귀 방법으로 분석하면 도체중요인은 유의성 있는 영향을 주지 못했다. 실제 정육율과 도체중간의 단순상관도는 $-0.267(P < 0.206)$ 이었으나 유의성을 보이지 않았다.

시험돈의 도축생체중을 110kg으로 보정한후 도체중, 등지방두께, 주요 5대 부위인 등심, 전지, 목살, 삼겹, 후지 중량도 동일한 비율로 보정하여 정육율에 가장 큰 영향을 주는 요인을 분석하였다.

도체중보정후 정육율에 작용하는 각 요인을 다중회귀방식으로 분석했다.

각 요인의 모수추정치를 표준화시켜 각 모수의 중요도를 보면 후지와 등심의 중량 변화가 가장 중요하였고 등지방 두께도 못지않게 중요하였다(표 64). 표준화모수추정치(STB)는 추정모수를 변수평균을 뺀 후 표준편차로 나눈 값으로 클수록 중요도가 높다.

(표 64) 보정도체중 관련 요인이 정육율에 미치는 영향 추정 모수

변수요인	추정모수	t 수치	pr> t	표준화모수추정치
절편	21.009	3.59	0.0023	0
후지	0.686	3.60	0.0022	0.30594
등심	1.559	4.27	0.0005	0.30988
등지방두께	-0.128	-3.34	0.0039	-0.29548
전지	0.968	3.08	0.0068	0.26756
목살	0.192	1.93	0.0709	0.19275
삼겹살	0.716	2.29	0.0351	0.14428

(2) 정육율과 각 요인간의 상관도

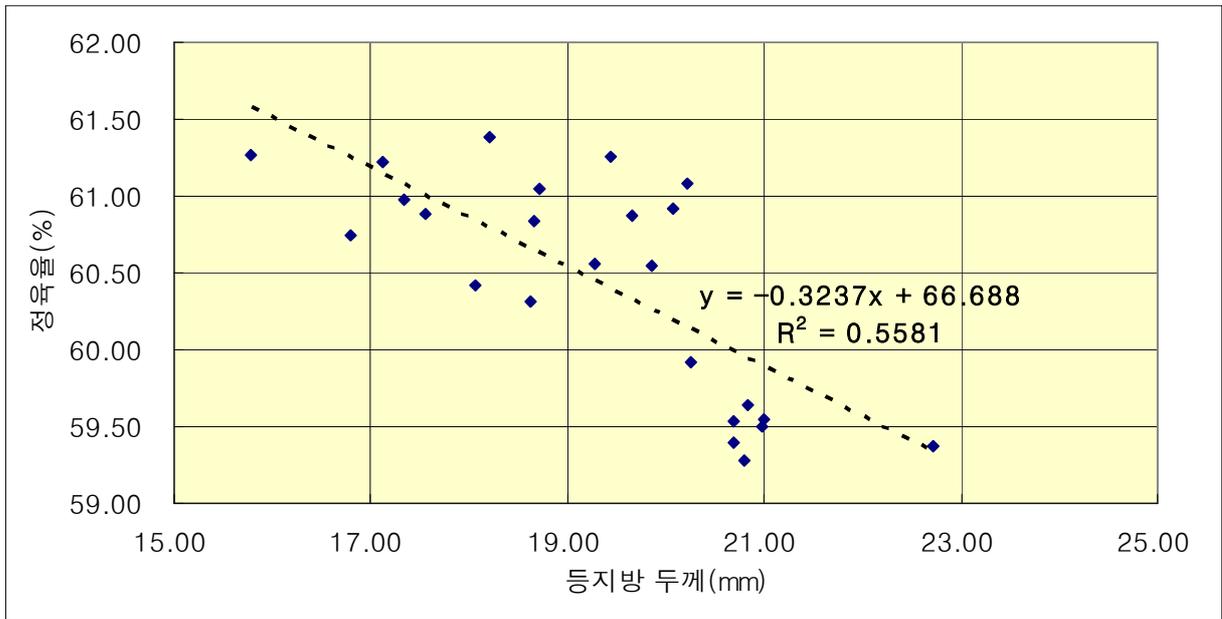
정육율과 각 요인간의 상관도 분석결과 등지방 두께와의 상관도는 -0.747(P<0.001), 후지와는 0.785(P<0.001), 등심과는 0.509(P<0.011), 전지와는 0.682(P<0.001), 목살과는 0.726(P<0.001)으로 유의성 있는 높은 상관도를 보였으나 삼겹살과는 -0.030(P<0.885)으로 유의성 없는 낮은 역상관 관계를 보였다(표 65).

(표 65) 보정도체중의 정육율과 각 요인별 상관도

항목	등지방두께	후지	등심	전지	목살	삼겹살
단순 상관도	-0.747 (P<0.001)	0.785 (P<0.001)	0.509 (P<0.011)	0.682 (P<0.001)	0.726 (P<0.001)	-0.030 (P<0.885)

(3) 등지방두께와 정육율간의 관계

생체중 110kg 으로 보정한 데이터의 등지방두께와 정육율간의 단순 회귀공식을 보면 지방두께 1mm 증가시마다 정육율은 0.3237%씩 하락했다(그림 17).



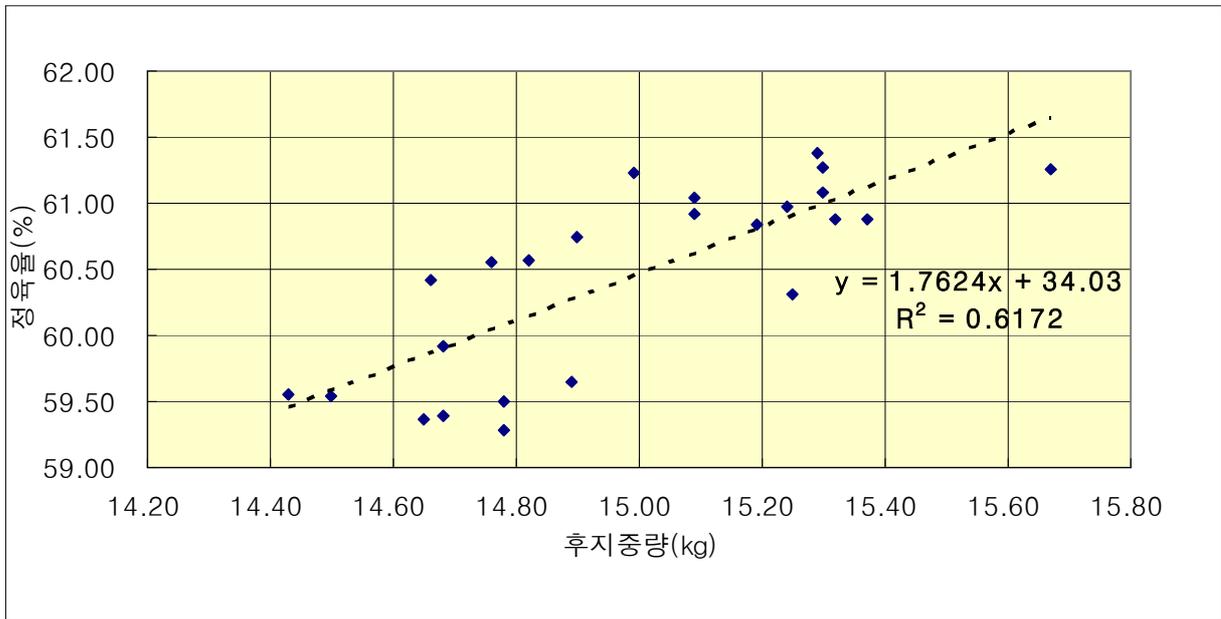
(그림 17) 등지방두께와 정육율(도체중보정)

라. 비육돈의 주요 5개 부위와 정육율간의 관계

생체중 110kg 보정후 정육율과 주요 5개 부위와의 관계를 보면 후지 중량의 변화가 가장 높은 0.617(P<0.001)의 설명력(R2)을 보였고 그 뒤를 전지가 0.1811(P<0.001), 등심이 0.0466(P<0.023), 목살이 0.0364(P<0.026)의 유의성 있는 설명력을 보였고, 삼겹살이 0.0144(P<0.131)이었으나 유의성은 없었다.

$$\begin{aligned}
 \text{보정정육율(\%)} = & 10.3065 + 0.8608 \times \text{후지(kg)} + 1.1435 \times \text{전지(kg)} \\
 & (P<0.0126) \qquad \qquad \qquad (P<0.008) \\
 & + 1.4782 \times \text{등심(kg)} + 3.2996 \times \text{목살(kg)} + 0.6152 \times \text{삼겹살(kg)} \\
 & (P<0.0045) \qquad \qquad (P<0.0126) \qquad \qquad (P<0.1317) \\
 & \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad (R^2=0.8957)
 \end{aligned}$$

생체중 110kg 보정 후지중량과 정육율간의 단순회귀 공식을 보면 후지중량 1kg 증가시마다 정육율은 1.7624%씩 상승했다(그림 18).

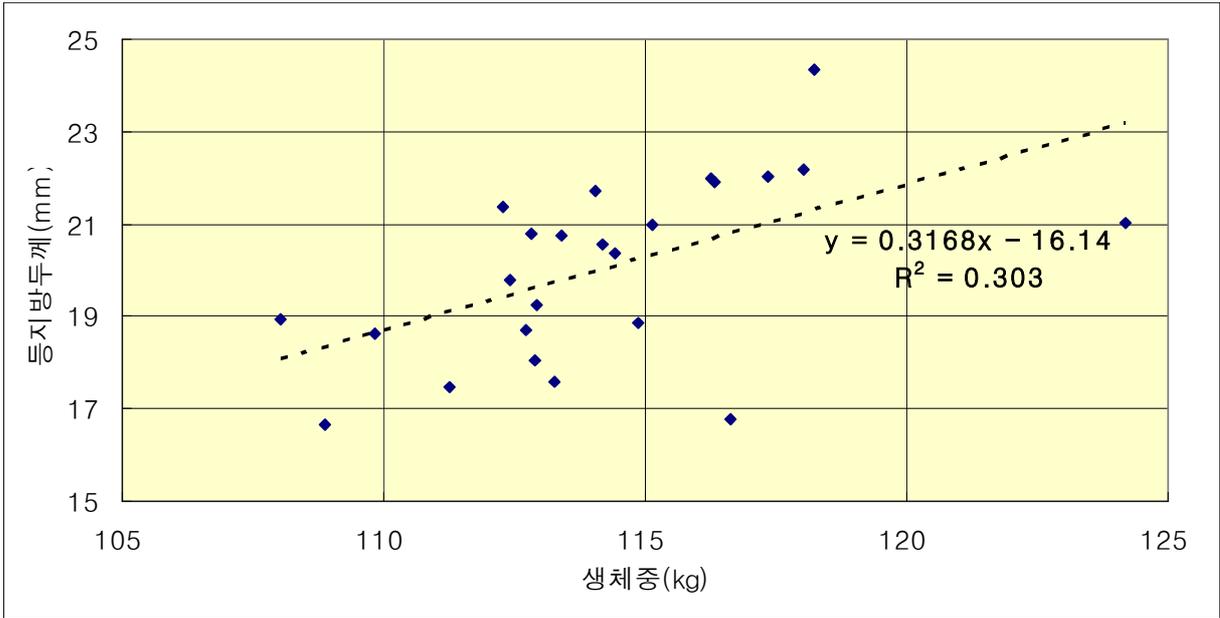


(그림 18) 후지중량과 정육율(도체중 보정)

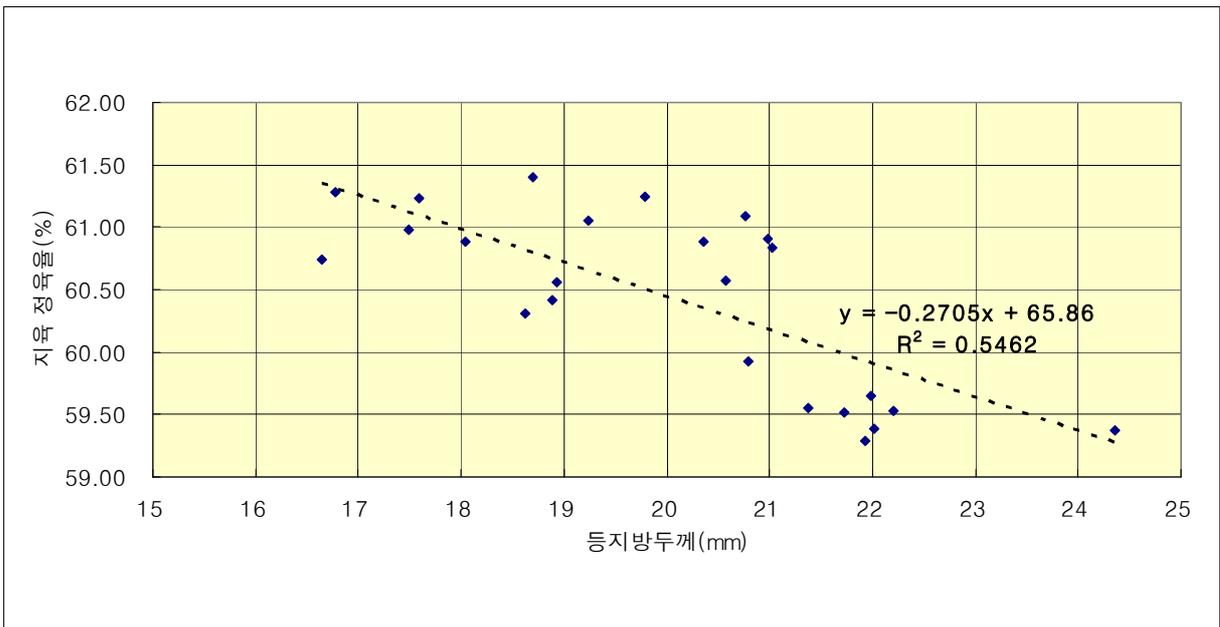
2. 비육돈의 수율과 부가가치를 극대화하기 위한 방안

가. 출하체중 증가시키는 방안

비육돈의 부가가치(판매가격)를 극대화하기 위해서는 최대한 출하도축체중을 늘이는 것이다. 상기 840두 시험도축 데이터, 평균탕박도축체중 87.8kg (생체 114.3kg), 10개 주요부위 평균 정육율 60.5%, 도체평균 등지방두께 20.3mm 를 반영한다면 출하체중을 생체 120kg(탕박도체중 92.2kg), 생체 130kg(탕박도체중 99.8kg)으로 증가시키고 정육율을 60.5% 그대로 유지하는 방안은 비육돈의 등지방 두께를 줄이는 것이다. 현재는 생체중이 1kg 증가시마다 등지방이 0.318mm 씩 증가하고, 등지방이 1mm 증가시마다 정육율은 0.2705%씩 하락하고 있다(그림 19, 20).



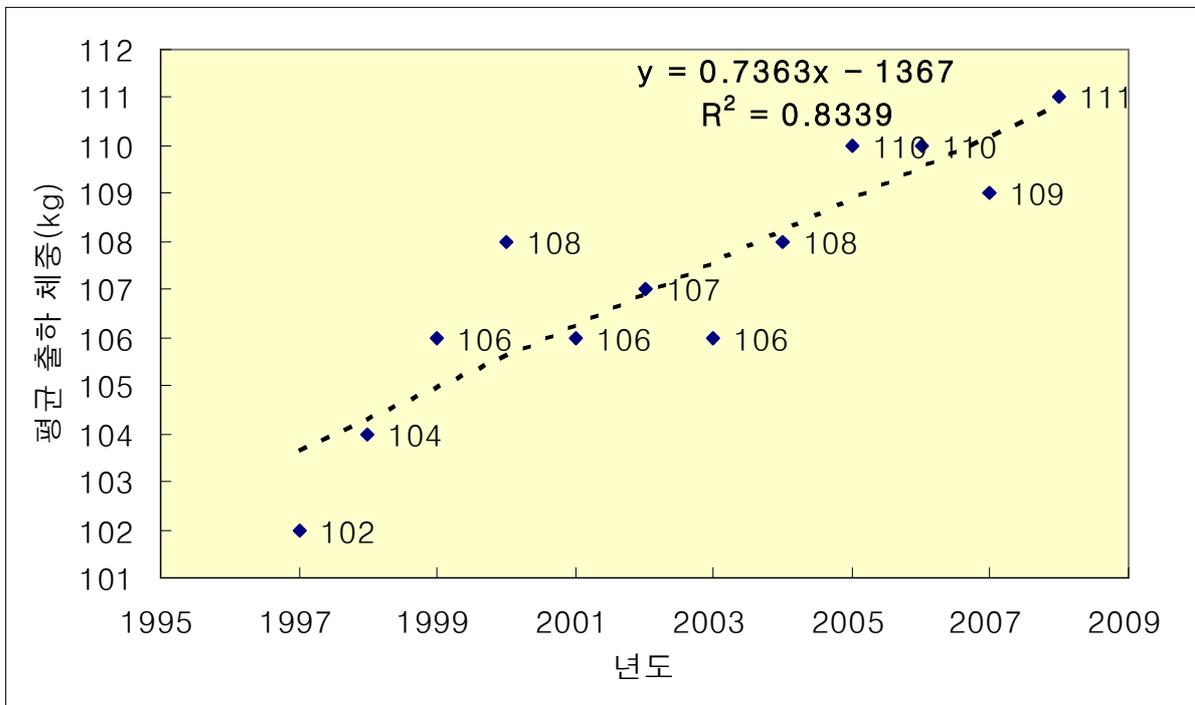
(그림 19) 생체중과 등지방 두께와의 관계



(그림 20) 등지방 두께에 따른 정육율 변화

즉 현재는 비육돈을 120kg 체중으로 출하하게 되면 등지방 두께는 22.0mm 가 되고 주요 10개 부위 정육율은 현재의 60.5%에서 59.9%로 하락하게 된다. 또 125kg 체중으로 출하하게 되면 등지방 두께는 23.6mm 로 두꺼워지고 정육율은 59.5%로 낮아진다. 따라서 출하체중을 증가시킨다 하더라도 현재 출하체중의 지방 두께 20.3mm 를 유지하기 위해서는 120kg 출하시에는 비육돈의 등지방 두께를

지금보다는 1.7mm 125kg 출하시에는 3.3mm 를 얇아져야 현재의 정육율을 유지할 수 있다. 등지방 두께만 적합하다면 도체중이 더 커지더라도 높은 정육율을 유지하면서 비육돈의 부가가치를 더 높일 수 있다는 결론을 얻을 수 있다. 지난 15년간의 평균 비육돈 출하체중은 크게 증가해왔다. 1997년에는 102kg 이었으나 2008년의 평균출하체중은 111kg 을 기록하고 있다. 매년 평균 0.7363kg씩 증가해 온 것이다. 만일 지금까지와 같은 출하체중 증가율이 유지된다면 2019년에 120kg 까지 출하체중이 증가하게 된다. 미국의 경우에는 평균출하체중이 120kg(265파운드)에 달하고 있다. 따라서 돼지의 부가가치를 높이기 위해서는 출하체중을 증가시킬 여력이 있는 것이다.



(그림 21) 년도별 평균 비육돈 출하체중(kg) (식육편람, 2008)

나. 정육율을 높이는 방안

정육율에 가장 크게 영향을 주는 부위는 후지이고 그 다음이 등심, 전지, 목살 부위였고 삼겹살의 중량은 크게 영향을 주지 못하고 있다. 따라서 돼지의 외형상 체장보다는 체폭이 정육율에 더 큰 영향을 주는 것으로 판단된다. 왜냐하면 삼겹살은 체장에 큰 영향을 받는 반면에 다른 부위는 체폭에 더 큰 영향을 받기 때문이다. 따라서 체폭과 관련된 등심단면적 측정 항목이 앞으로 중요한 형질로 간주되어야 할 것이다.

3. 돼지의 고수율 요인의 경제적 영향 분석 결론

돼지의 부가가치를 높이는 가장 큰 요인은 도체중이며 도체중이 동일한 체중일 경우에는 정육율이 그 다음 부가가치 상승요인이 된다. 정육율을 높이는 중요한 요인은 등지방두께이며 주요 5대 부분육 중 후지, 등심, 전지, 목살, 삼겹살 순서로 그 중량이 정육율에 영향을 많이 주었다.

그러나 동일한 도체중 기준으로 부가가치(가격)를 높이는 요인은 정육율과 삼겹살 무게가 양대 요인이었다.

그러나 도체중을 증가시키면 등지방이 두꺼워지면서 정육율이 하락하는 저해 요인이 발생한다. 이것을 해결하기 위한 방안은 종돈의 등지방 두께를 유전적으로 낮추는 것이다. 물론 저영양 사료를 급여하면 등지방두께는 얇아지지만 출하일령이 늦어지게 된다. 고부가가치의 비육돈을 생산하기 위해서 저해요인 없이 돼지 판매가격에 가장 큰 영향을 주는 출하체중의 증가, 정육율을 향상시켜야 한다. 2008년 현재의 평균 출하체중 110kg 으로부터 120kg 으로 출하체중을 증가시키면 생체중 10kg(탕박도체중 7.68kg)늘어나게 된다. 현재의 정육율을 유지할 수 있다면 판매가격은 두당 35,328원(7.68kg×4,000원)상승한다. 현재의 정육율을 유지하기 위해서는 지금의 110kg평균 등지방 두께 19.3mm 보다 2.7mm 낮추어야 출하체중 120kg시점에서도 등지방 두께 20.3mm 와 현재의 주요 10개 부위 정육율 60.5%를 유지할 수 있다.

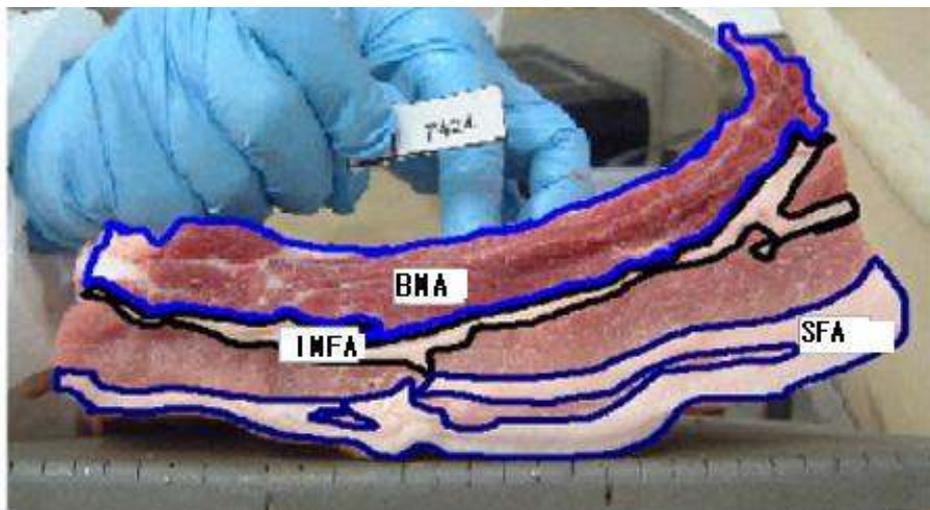
또한 정육율을 높일 수 있는 부위별 중량 요인을 분석한 결과 체폭과 연관되는 후지, 전지, 목살, 등심의 중량이 무거워야 한다. 따라서 종돈 선발시 등심단면적과 체폭 형질의 측정과 개량을 중시해야 한다.

제 5 절 삼겹살의 품질 기준 연구

1. 외국의 삼겹살 품질 기준 연구 조사

가. 삼겹살 부위 형질 정의

독일과 호주등의 육가공업계는 보다 선명한 겹을 나타내는 베이컨생산을 위해서 삼겹살 부분육 기준을 살코기 비율로 정하고 있다. 보다 높은 살코기 비율의 삼겹살을 생산하기 위해서 삼겹살 구성부위별 유전적인 특성을 파악하고 지방 비율 또는 살코기 비율을 추정할 수 있는 방안을 연구했다. 나아가서 도체 등급판정단계에서 삼겹살 단면적으로 삼겹부위 전체의 살코기비율을 예측하는 공식도 개발하였다. 호주의 Hermesch와 O'Shea(2004)는 공시돈 5,014두에 대한 삼겹살 부위 특성연구에서 마지막 갈비 삼겹살 단면적 사진을 이미지 분석방법으로 피하지방, 근간지방, 갈비부착 근육부위를 측정하여 실제 삼겹살의 지방을 예측하는 모델을 제시하였다.



BMA: 갈비부위 근육 면적 IMFA: 근간지방 면적 SFA: 피하지방면적
(그림 22) 마지막 갈비부위 삼겹살 단면적과 구성부위

나. 삼겹살부위 형질의 특성과 지방예측방법

Hermesh와 O'Shea(2004)와 연구결과를 보면 공시돈의 평균 P2 지방두께(P2)는 10.0mm, 피하지방 면적(SFA)은 24.1cm^2 , 근간지방 면적(IMFA)은 8.18cm^2 , 갈비부위 근육면적(BMA)은 48.1cm^2 였고 예측된 삼겹살 지방 비율(FATPC)은 24.8%였다 (표 65).

(표 66) 공시돈의 마지막 갈비삼겹살 지방 비율 조사 결과

형질	약자	두수	평균	표준편차	변이비율(%)
삼겹살 지방비율(%)	FATPC	2331	24.8	5.55	22
갈비부위 근육면적	BMA	2399	48.1	8.16	17
근간지방면적 (cm ²)	IMFA	2400	8.18	3.92	48
피하지방면적 (cm ²)	SFA	2396	24.1	6.88	28
P2지점지방 두께(mm)	P2	2316	10.0	2.67	27

Shaw 와 Rossetto(2003)는 이러한 삼겹살형질을 이용하여 아래와 같은 평균지방비율 예측 공식을 제시하였다.

$$\blacksquare \text{ FATPC(\%)} = 13,689 + (0.484 \times \text{IMFA}) + (0.549 \times \text{P2}) - (0.226 \times \text{BMA}) + (0.271 \times \text{SFA}).$$

다. 삼겹살부위 형질의 유전적 특성

Hermesch와 O'Shea(2004)는 상기공시돈 5,014두의 혈연관계를 구명하여 512부돈, 3244두의 모돈과 6,544복 데이터를 조사하여 삼겹살 부위 형질의 유전력을 추정했다. FATPC 형질은 유전력이 0.34, BMA는 0.25, IMFA는 0.23, SFA는 0.32, P2는 0.26으로 밝혔다(표66). 또한 등심육색의 유전력은 0.19, 등심산도(pH)는 0.21이었다.

(표 67) 삼겹살 부위 및 등심 형질의 유전력

형질	약자	유전력(h ²)
삼겹살 지방 비율	FARPC	0.34
갈비부위 근육면적	BMA	0.25
근간지방면적	IMFA	0.23
피하지방면적	SFA	0.32
P2지방두께	P2	0.26
등심육색	CLD	0.19
등심산포(pH)	PH24	0.21

FATPC와 FATPC를 추정하기 위한 형질인 BMA와의 유전적 상관도는 -0.48 , IMFA와는 0.71 , SFA와는 0.84 , P2형질과는 0.8 의 높은 상관도를 보였다.

(표 68) 삼겹살 지방비율과 각 형질간의 유전적 상관도

형질	갈비근육면적 (BMA)	근간지방면적 (IMFA)	피하지방면적 (SFA)	P2지방두께
유전적상관도	-0.48	0.71	0.84	0.85

한편, 박 등(2005)도 국내에서 듀록의 MC4R 유전자변이를 조사한결과 듀록의 22유전자형이 다른 유전자형에 비하여 등지방이 두껍고 일당증체량이 무거웠다고 보고했다.

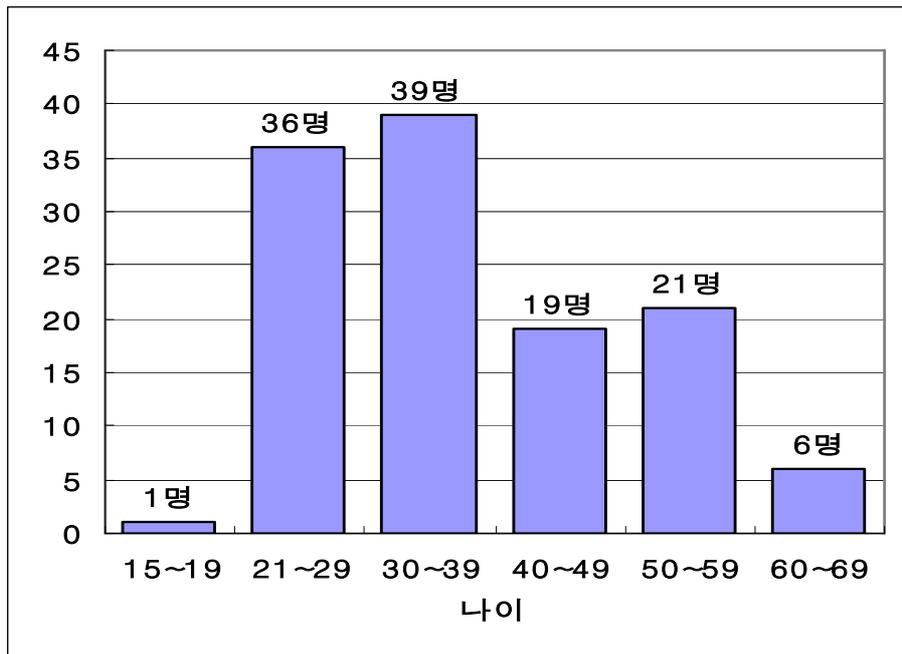
2. 한국의 삼겹살 품질기준 연구(앙케이트 조사)

한국의 돼지도체등급판정 시 육질평가 기준이 설정되어 있으나 등심의 육색, 육질에 관한 것이고 아직 삼겹살의 품질기준에 대한 연구가 본격적으로 이루어지지 않고 있다. 삼겹살 품질의 기준은 소비자의 입장에서 가장 구매하고 싶은 규격의 제품이여야 한다는 원칙에서 소비자와 육가공 및 유통전문가들의 의견을 반영하여 삼겹살 품질기준(안)을 마련하고 일반소비자들과 유통업계 관계자들을 대상으로 선호하는 삼겹살 부위를 조사하여 삼겹살 품질에 따른 등급화 기준 설정 가능성을 조사하였다.

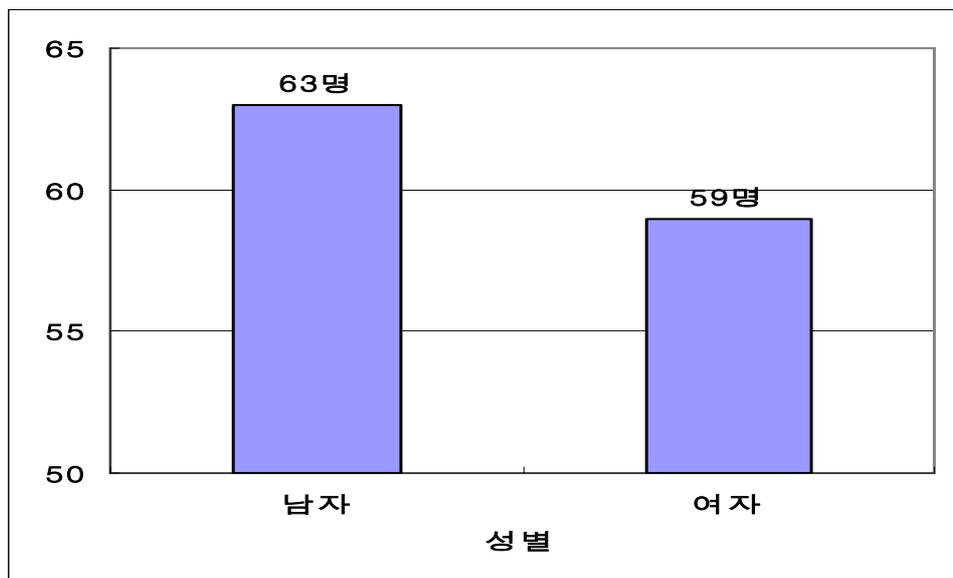
가. 삼겹살 품질 등급화를 위한 앙케이트 조사

(1) 조사응답자 연령 및 성별 분포

총 122명이 응답해 주었고 30~39세가 39명, 21~29세가 36명으로 각각 32%, 29%로 가장 많았다. 성별로는 남자가 63명, 여자가 59명으로 각각 52%, 48%였다.



(그림 23) 삼겹살 품질선호 육질 앙케이트



(그림 24) 삼겹살 품질선호 육질 앙케이트

(2) 조사응답자의 직업과 소속

조사응답자 122명중 대형유통업체 직원 14명, 삼겹살식당 등 외식업체 주인 또는 직원이 12명, 정육점주인 1명, 대학교 육가공 연구실 학생 8명으로 35명(29%)이 돼지고기 연구 또는 유통관련자였고 87명(71%)이 일반소비자였다.

(3) 선호하는 돼지고기 부위

선호하는 부위 3가지를 선택하였는데 가장 선호하는 부위는 삼겹살로 전체 응답자의 65%(79명)를 차지했고 그 뒤를 목살 27%(33명), 갈비 19%(23명)였다.

(표 69) 가장 선호하는 부위

부위	삼겹살	목살	갈비	등심 또는 한삼	갈매기살
응답수	79명	33명	23명	22명	16명
응답비율(%)	59%	24%	17%	13%	9%

(4) 돼지고기 구입 기준

돼지고기 구입시 선택하는 기준에 대해 신선도가 43명(%)으로 가장 많았고, 그 뒤를 육색, 가격의 순이었다.

(표 70) 돼지고기 구입시 선택 기준

기준	신선도	육색	가격	원산지	지방의 부착정도
응답수	43명	30명	28명	22명	22명
비율(%)	30%	21%	19%	15%	15%

(5) 삼겹살 구입 기준

삼겹살 구입시 선택 기준 2가지 꼽을때의 우선순위는 지방(또는 살코기) 부착정도였고, 그 다음으로 삼겹살 3층구분여부, 육색, 등이었다.

(표 71) 삼겹살 구입시 선택 기준

기준	지방비율	3층여부	육색	지방색
응답수	65명	37명	24명	19명
비율(%)	44%	26%	17%	13%

(6) 품질기준으로 선호하는 삼겹살 형태

응답자들이 가장 선호하는 삼겹살 형태는 삼겹살 근육과 지방층이 뚜렷하고 지방 비율이 30~40%인 형태를 선호했다.

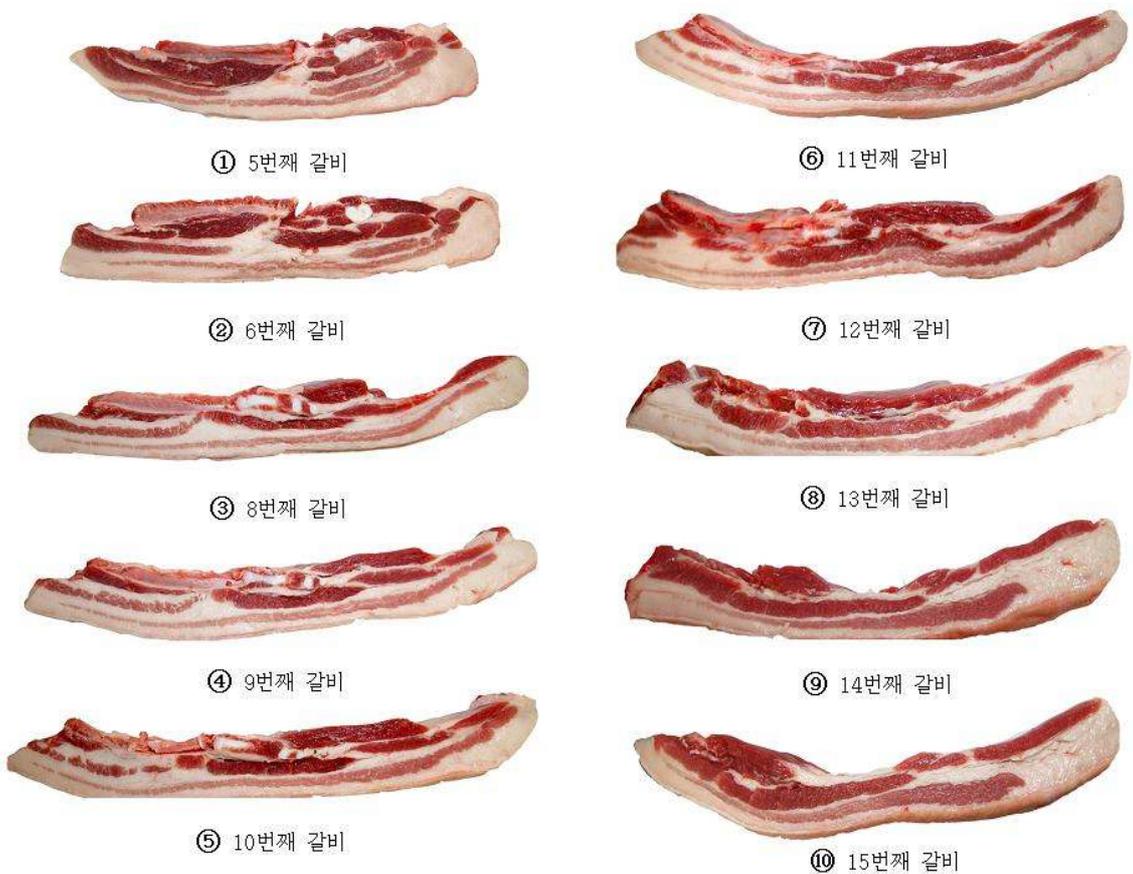
설문지에 제공된 16개 형태의 삼겹살 사진에 대한 응답자의 선호 순위별 응답번호에 가중치를 주어 형태별 종합점수를 계산하였다. 즉, 1순위로 선택된 번호에는 3점, 2순위로 선택된 번호에는 2점, 3순위로 선택된 번호에는 1점을 배정하여 각 형태별 종합점수를 계산했다. 그 결과 (6)번이 169점으로 가장 선호하는 부위였고 그 다음은 (4)번 (92점), 8번 (88점), (7)번 (82점), (3)번 (82점), (5)번 (82점), (2) (48점)의 순서였다. 즉, 소비자들은 3겹이상으로 근육과 지방층이 뚜렷하고 지방비율이 20%~40%범위의 삼겹형태를 선호했다.

		지방비율			
		지방 50%	지방 40%	지방 30%	지방 20%
근육 및 지방층 수	4겹	(1)	(2)	(3)	(4)
	3겹	(5)	(6)	(7)	(8)
	2겹	(9)	(10)	(11)	(12)
	1겹	(13)	(14)	(15)	(16)

(그림 25) 설문지에 제시된 삼겹살 형태별 분류

(7) 선호하는 갈비 순서에 따른 삼겹살 부위

응답자들이 선호하는 갈비 순서에 따른 삼겹살 부위는 비교적 살코기와 지방의 구분이 뚜렷한 부위를 선호하였다. 설문지에 10개 형태의 갈비 순서별 삼겹살 응답번호에 가중치를 주어 종합점수를 계산했다. 1순위로 선택된 번호에는 3점, 2순위로 선택된 번호에는 2점, 3순위로 선택된 번호에는 1점을 배정하여 각 형태별 종합점수를 계산했다. 그 결과 13번째 갈비가 89점으로 가장 선호하는 부위였고 그 다음은 10번째 갈비(68점), 11번째 갈비(67점), 14번째 갈비(64점)의 순위로 선호했다.



(그림 26) 설문지에 제시된 갈비 순위별 삼겹살 형태 분류

나. 소비자가 선호하는 형태 기준으로 구분한 삼겹살 등급 방안

육류 유통 전문가들은 삼겹살 등급분류는 간단한 기준이어야 실용성이 높다고 주문했다. 또한 앙케이트 조사 결과, 소비자들은 삼겹살 선택 기준을 지방부착도와 삼겹구분정도의 기준을 가장 우선시하고 있다. 또한 삼겹살 형태별 선호부위는 지방이 20~40%, 또한 3겹이상 4겹이 뚜렷이 구분되는 삼겹살 형태를 선호하므로 이러한 기준으로 삼겹살 등급을 A, B, C등급으로 구분한다면 설문지에 제시된 삼겹살 형태 번호중 A등급은 (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8)부위로, B등급은 (1), (5), (9), (10), (11), (12)부위로 C등급은 (13), (14), (15), (16)부위로 구분하는 방안을 마련했다(그림 27).

지 방 비 율

		지방 50%	지방 40%	지방 30%	지방 20%
근육 및 지방층 구분	4겹	(1) B	(2) A	(3) A	(4) A
	3겹	(5) B	(6) A	(7) A	(8) A
	2겹	(9) B	(10) B	(11) B	(12) B
	1겹	(13) C	(14) C	(15) C	(16) C

(그림 27) 소비자와 전문가의 기준에 따라 분류한 삼겹살 형태에 따른 A, B, C, 등급 방안

□ 제 1협동과제 : 초음파기계를 이용한 생체 등심 마블링 스코어 측정

제 1절 초음파 기계를 활용한 생체 마블링스코어 측정

1. 서론

현대 소비자들이 선호하는 돈육은 정육정보다는 근내지방도나 마블링이 우수한 돈육을 선호한다(NPPC, 1995). 그러므로 근내지방도는 돈육의 육질을 평가할 수 있는 육질형질중 대표하고 할 수 있다. 육종돈군에서 근내지방도를 정확하고 신뢰할 수 있는 예측하으로서 육질형질의 유전전개량을 크게 증가시킬 수 있다. 근내지방도의 예측방법으로는 개체의 능력을 평가할 수 있는 후대검정이나 전형매 및 반형매 검정을 이용할 수 있다. 과거에 양돈산업이나 육우산업에서는 초음파기계를 이용하여 등지방두께와 등심단면적을 예측하였다. 이러한 기술을 돼지의 정육량을 증가시키는데 일조를 하였다. 육량형질인 정육량(lean percentage)을 증가시키는 반면에 육질형질인 근내지방도(intretramuscular fat)는 감소하여, 실제 돈육의 육질 저하에 원인이 되었다. 현재 전세계적으로 돈육의 육질 형질을 개량하기 위해 많은 노력이 이루어지고 있다. 과거에 아이오와주립대학의 연구자들은 생우에서 근내지방도를 예측하기 위해 초음파기계를 활용하여 이미지를 수집하고 분석하여 마블링스코어를 예측하기 위한 방정식을 개발하였다(Amin 등 1997, Hassen 등 2000, Wilson 등 2001). 본 연구에서는 그 기술을 바탕으로 하여 생돈에서 초음파기계를 활용하여 근내지방도를 예측하기 위한 이미지를 수집하고, 수집된 이미지를 분석하여 도체(carass)에서 측정한 근내지방도와 초음파기계를 활용하여 측정한 이미지의 상관도를 분석하여 예측 모형을 개발하고자 한다.

2. 재료 및 방법

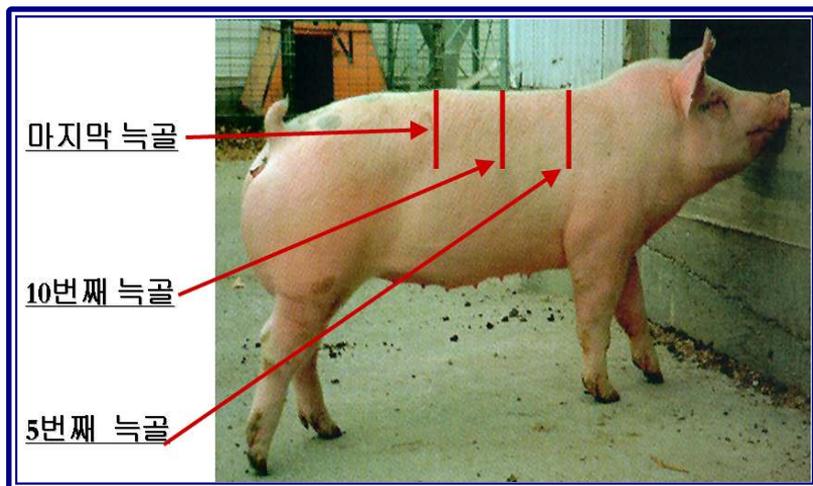
가. 초음파기계를 활용한 등심부위 이미지 수집

초음파 기계를 활용하여 생돈에서 이미지를 스캔하는 것은 그리 쉽지는 않다. 왜냐하면 생돈의 경우에는 고정틀에 고정하기가 쉽지 않을 뿐만아니라 개체마다 이미지를 스캔하기 위한 적절한 위치가 동일하기 않기 때문이다. 그러므로 숙련된 기술자나 생돈을 도축한 후 근육의 구조를 정확하게 이해하고 있는 사람이 이미지를 스캔하는 것이 정확도를 높일 수 있다.

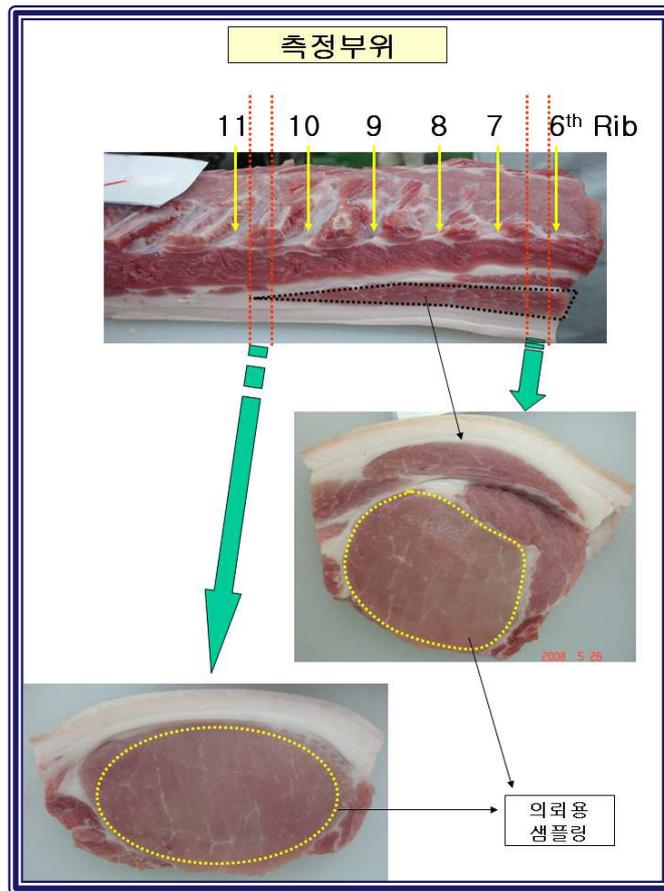


(그림 1) 생돈 마블링스코어 측정용 초음파 기계(모델 : Aloka SSD 500V)
 탐촉자 : 3.5MHz, 프로브길이 : 12.5cm

일반적으로 돼지 지방은 등심근을 따라 전방(머리쪽 부위)에서 후방(꼬리쪽 부위)까지 균형있게 축적된다. 그리고 배최장근 단면적으로 크기는 첫 번째 늑골부위에서는 매우 작고, 마지막 늑골부위에서는 가장 크다. 다시 말해서 근육의 성향은 이미지를 수집하는데 있는데 있어 각 개체마다 다르고 또한 가장 크게 영향을 미친다. 그래서 마블링스코어를 측정하는 부위는 탐촉자(probe)를 이용하여 돼지 앞다리 견갑골 뒤로 손바닥 하나뒤 10번째 갈비지점 또는 마지막 갈비(15번째 갈기)와 앞다리 뒤쪽(5번째 갈비)의 중간지점에서 이미지를 스캔하여 수집하면 된다. 초음파기계의 화상을 보면서 측정할 수 있는 방법은 등세모근(trapezius muscle)이 끝나는 지점 우측에 Box를 만들어 측정한다.



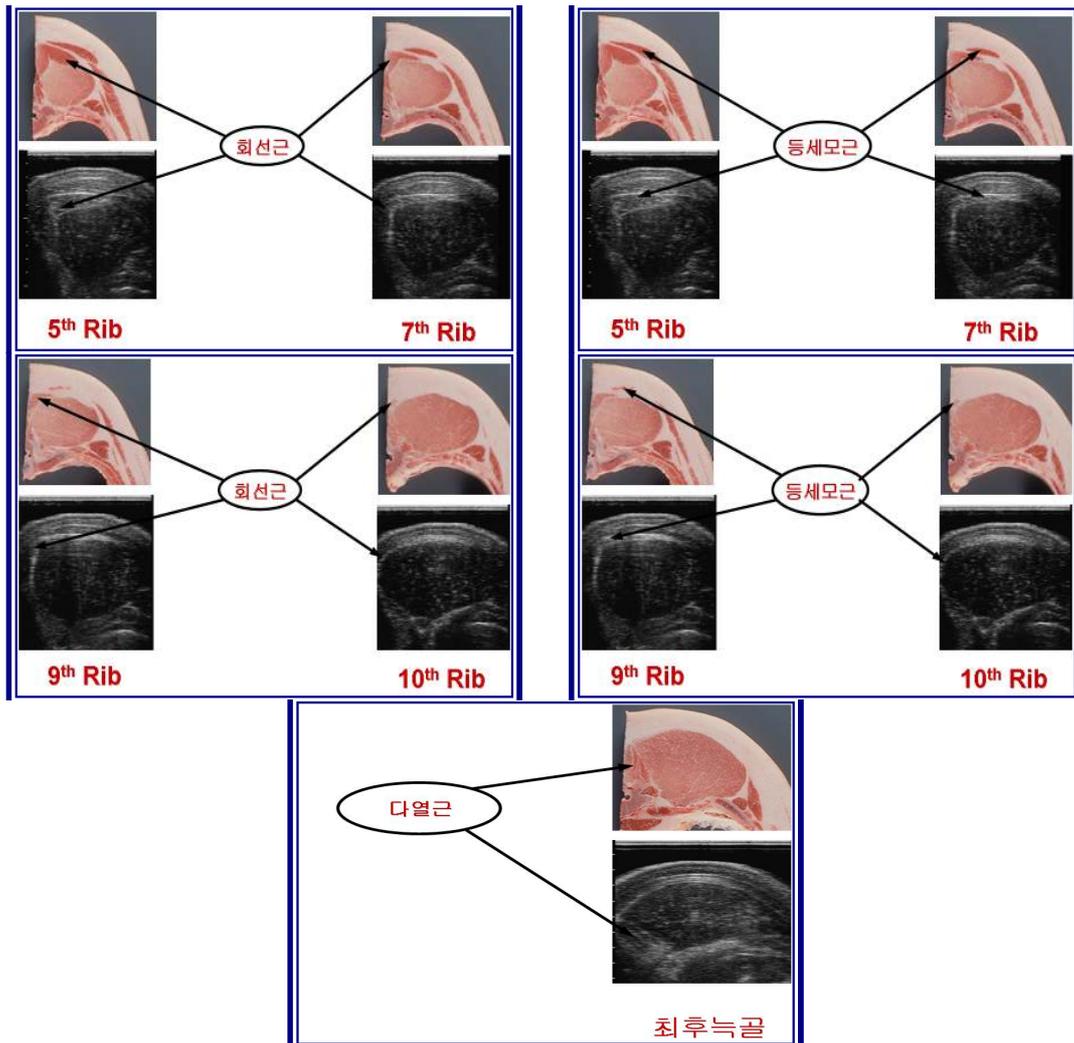
(그림 2) 돼지 늑골부위의 구조



(그림 3) 10번째~11번째 늑골부위 등심샘플



(그림 4) 이미지에서 늑골(rib) 부위

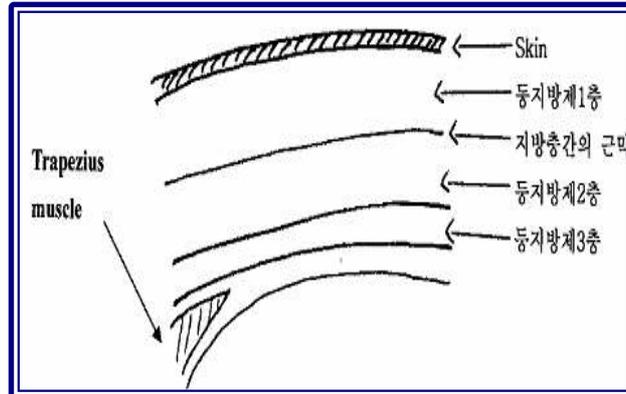


(그림 5) 늑골부위별 근육조직과 초음파 이미지 변화

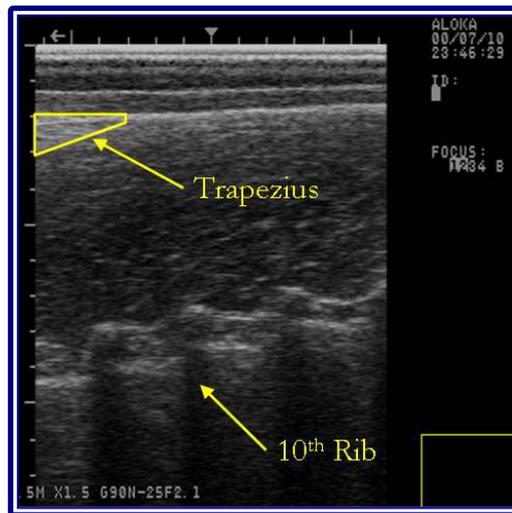
움직이는 생돈에서 정확한 이미지를 측정하는 것은 매우 어려운 일이다. 그러나 다음과 같은 세 요인을 고려하여 이미지를 스캔할 경우에 보다 정확한 이미지를 측정할 수 있다.

- 첫째, 10번째늑골과 11번째 늑골사이에서 측정
 - 최장근(longissimus dorsi)의 모양
 - 회선근(spinalis)과 등세모근(trapezius)의 존재
- 둘째, 근육의 이미지 변화
 - 늑골부위에 따른 근육의 모양 변화
- 셋째, 해부학적 영향
 - 탐촉자의 위치
 - 지방두께
 - 외부온도

- 모근



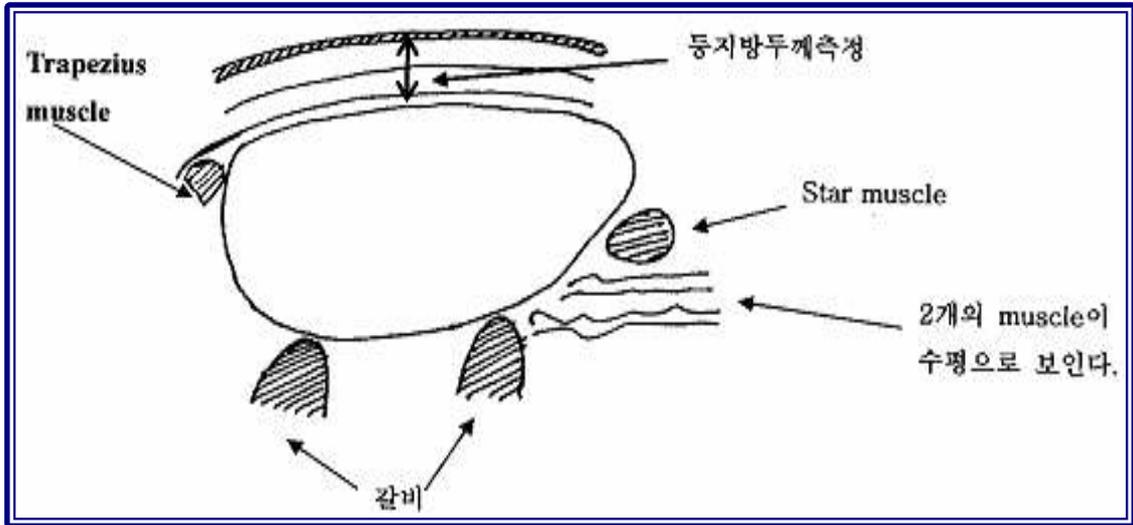
(그림 6) 돼지의 지방구조 및 등세모근의 위치



(그림 7) 생돈에서 초음파기계를 활용하여 스캔한 이미지

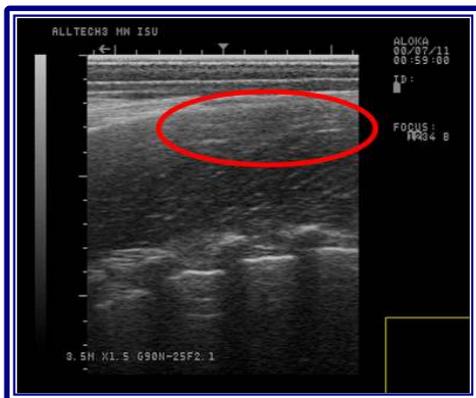
위의 이미지에서 빗살무늬는 근육살결이다. 따라서 가로로 백색으로 반사하는 것은 허상이므로 피해야 한다. 이미지가 진한중이나 원형지점은 탐촉자를 좌우 또는 상하로 움직여서 없애고 고른 이미지를 수집해야 한다. 이미지를 수집하는데 있어서 어려운 점은 각 개체별 체중에 따른 등지방의 편차가 크다는 것이다. All-in, All-out 시스템이 정착된 종돈장의 경우에는 검정체중의 편차가 거의 일정한 반면에 그렇지 못한 종돈장의 경우에는 숙련된 전문가가 직접 검정을 실시해야 한다. 다음 그림은 생돈의 10번째 늑골부위에서 측정된 등지방층과 등세모근의 모양을 모식도로 표시하였다. 돼지의 등지방은 일반적으로 표피조직, 등지방 1층, 등지방 2층 및 등지방 3층으로 구분된다. 초음파 기계의 파동이 지방층을 뚫고 다시 되돌아 오는데에는 등지방 두께가 많은 영향을 미칠 수 있으므로 이미지는 스캔하여 캡처하는 검정자는 많은 연습과 훈련이 필요하다. 등지방두께나 등심단면적을 측정하기 위해서는 등세모근이 없어지는 지점에서 탐촉자를 고정시킨후 이미지를 측정해야 한다. 또한 오른쪽 2개 근육

이 수평으로 보일때가 이상적이며 star muscle이 보이는 왼쪽으로 단면적 궤도를 그리면 된다.



(그림 8) 등심단면적의 세부 내용

이미지를 스캔하는 위치에 따라 최장근을 뚫고 나온 늑골의 위치가 달라지고 늑골의 위치에 따라 등심근의 두께가 달라질 수 있다. 그러므로 늑골의 위치에 따라 한 개체에서 측정된 마블링스코어가 달라질 수 있고, 또한 등지방두께와 등심단면적이 달라질 수 있다. 다음은 문제가 되는 이미지 사례를 나타내었다.



지방반사된 이미지



너무 어두운 이미지



초음파 기계 셋팅이 잘못 이미지



등세모근이 없음



등세모근(trapezius)이 너무 길게 나타남
등심이미지가 일정하지 않음

다음은 이미지를 스캔(scan)하여 캡처(capture)할 때 고려해야 할 사항을 나타내었다.

<ul style="list-style-type: none"> ■ 정확한 위치 <ul style="list-style-type: none"> ■ 등세모근을 포함 ■ 선명한 이미지 <ul style="list-style-type: none"> ■ 선명한 무늬 ■ 식별할 수 있는 경계선 ■ 일정한 이미지 ■ 적절한 내부 <ul style="list-style-type: none"> ■ 근육간 경계 ■ 선명한 늑골 ■ 기계셋팅 <ul style="list-style-type: none"> ■ Overall, Near, Far, Focus 	
---	--

(그림 9) 이미지 수집시 고려해야 할 사항

초음파기계를 활용하여 생돈에서 등심 이미지를 스캔할 경우에는 먼저 기계셋팅이 적절한지를 확인한후, 탐촉자(probe)를 좌우 상하로 이동하여 최적의 이미지를 캡처하는 것이 바람직하다. 최적의 이미지란 등세모근이 적절하게 보이는 정확한위치인 10번째 늑골부위, 무늬가 일정하면서 경계선이 식별가능한 선명한 이미지, 늑골과 늑골사이를 연결하는 근육간의 경계 및 선명한 늑골부위등을 고려하여 이미지를 캡처하면 된다.

나. Image분석용 소프트웨어를 활용한 저장 및 분석

(1) Image 저장(Biosoft Toolbox for Swine)

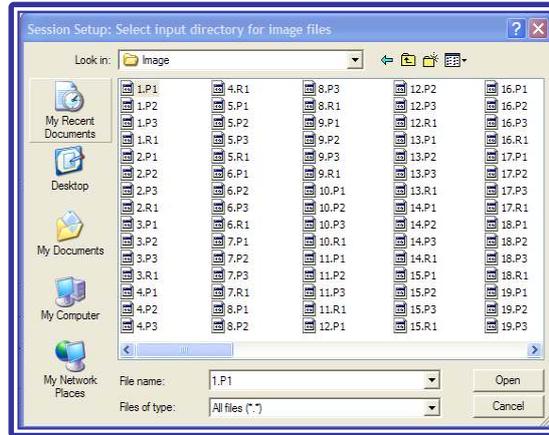
캡처한 이미지를 노트북이나 휴대용 저장장치에 저장할 경우에는 Biotronic.Inc사에서 구입한 소프트웨어를 활용하여 이미지를 저장하면 된다. 이미지를 저장하여 적절하게 캡처되었는지를 확인할 수 있는 방법으로 이용할 수 있다.

▶ BioSoft Toolbox Image Browser

돼지에서 BioSoft Toolbox의 이미지 브라우저 프로그램은 이미 캡처한 이미지를 저장하는 프로그램이다. 그러나 이 프로그램내에 저장한 이미지를 삭제할 수 있는 기능은 없다. 이후에 저장한 이미지를 분석하는 프로그램도 저장하는 프로그램과 형식과 구조가 매우 유사하므로 초보자가 저장 및 분석하는데 매우 편하게 되어 있다. 이 프로그램은 캡처한 이미지를 조사하여 올바르게 측정되었는지의 유무를 판단할 수 있다.

◎ 1단계 : 농장자료 및 검정 및 개체 자료 입력

◎ 2단계 : 이미지 저장 폴더 선택



◎ 3단계 : 분석 결과를 저장할 폴더선택

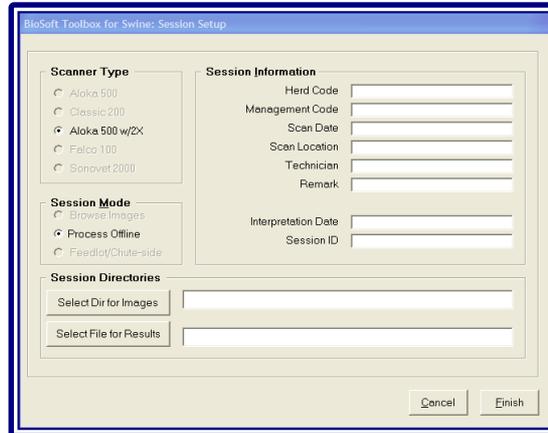


4단계 : 이미지 저장 브라우저

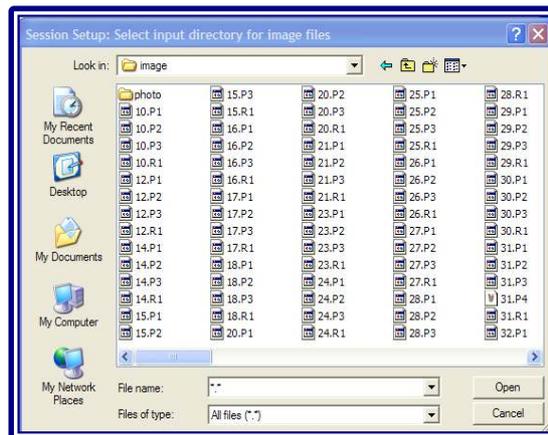


나. 이미지 분석 : Offline Interpretation Software

◎ 1단계 : 농장자료 및 검정 및 개체 자료 입력



◎ 2단계 : 'Select Dir for Image' 버튼을 클릭하여 이미지 저장폴더를 선택



◎ 3단계 : 'Select or create output for the results' 버튼을 클릭하여 결과 저장 텍스트 위치 선택



◎ 4단계 : 이미지 분석 브라우저



동일한 개체에 4반복으로 이미지를 스캔하여 ROI(BOX)를 활용하여 개체의 마블링스코어를 측정하게 된다. 생돈에서 측정한 이미지이므로 4반복된 이미지가 동일할 수는 없으므로 분석자가 적절한 이미지를 선택하여야 하고 좋지 않은 이미지일 경우에는 분석에 포함시켜서는 안된다. 한 개체당 4개의 이미지의 평균을 구하여 개체의 마블링스코어를 측정하게 된다. 이미지 분석 브라우저에서 한 이미지의 ROI 박스를 좌우 또는 상하로 이동하여 좋은 위치에서 마블링스코어를 측정한다. 보통은 등세모근(trapezius) 바로 앞 10번째 늑골부위와 11번째 늑골부위 상단에 ROI 박스를 위치시켜 마블링스코어를 측정하지만 분석자의 적절한 판단에 의해 좌우 상하로 이동할 수는 있다.



Image 1

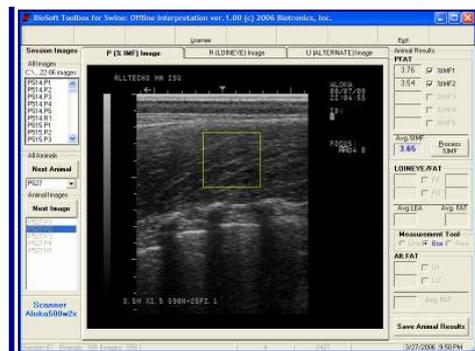


Image 2



Image 3



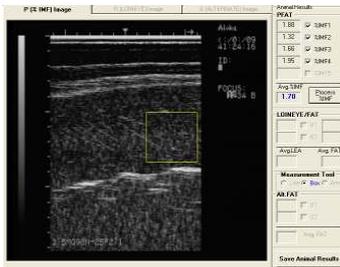
Image 4

생돈에서 초음파기계를 이용하여 마블링스코어를 측정하는 단계를 세 단계로 나눌 수 있다(그림 1). 첫 번째 초음파기계를 활용하여 정확한 부위의 등심 이미지를 스캔하는 단계이다. 이 단계에서 얼마나 정확하게 10번째 늑골부위의 등심 이미지를 스캔(scan)하느냐에 따라 개체의 마블링스코어의 정확도가 달라질 수 있다. 두 번째 단계는 스캔한 이미지를 캡처(capture) 하는 것이다. 탐촉자(tranducer)를 상하로 이동하면서 스캔한 이미지를 정확하게 캡처해야 한다. 세 번째는 캡처한 이미지를 분석(image analysis)하는 것이다. 일반적으로 한 개체에 4반복의 이미지를 캡처하여 이미지 분석용 소프트웨어(software, Biotronics Inc)를 활용하여 이미지를 분석하여 개체의 마블링스코어를 예측할 수 있다.



(그림 10) 초음파 기계를 활용한 마블링스코어 측정 과정

※ 초음파 기계(Aloka SSD 500)를 활용해 측정한 마블링스코어 이미지 분석 결과



BW4418



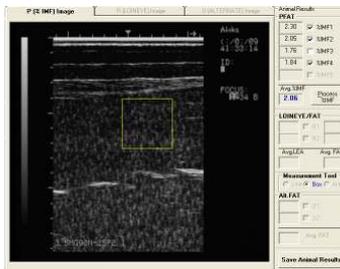
BW4419



BW4420



BW4422



BW4544



BW4621



BW4911



BW4918



BW4920



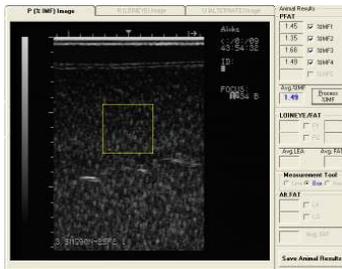
BW4922



DW4777



DW4779



DW4839



DW4840



DW4844



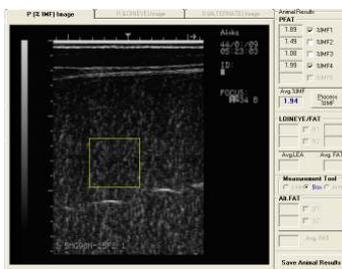
DW4856



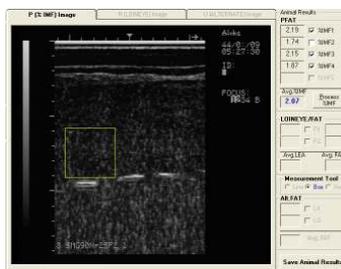
DW4898



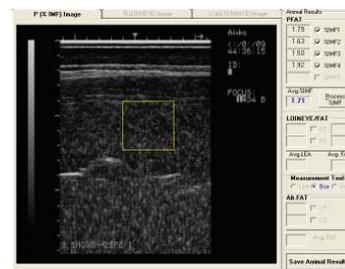
DW4899



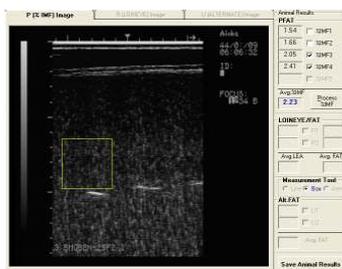
DW4907



DW4909



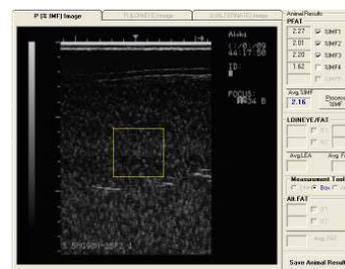
DW4936



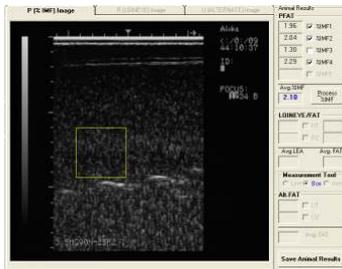
DW4987



DW5028



DW5121



DW5129



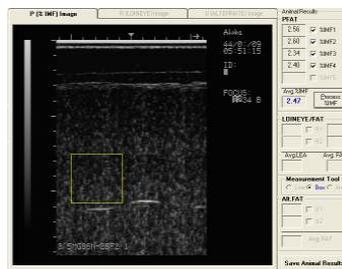
DW5132



DW5144



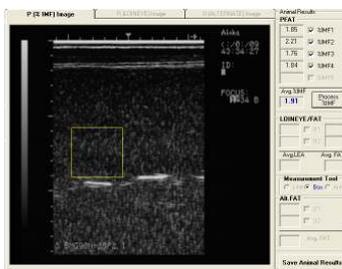
DW5147



DW5153



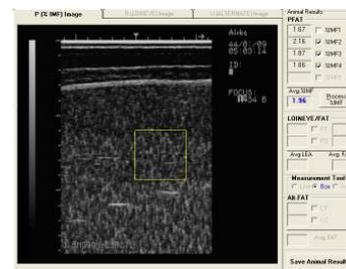
DW5175



DW5229



DW5236



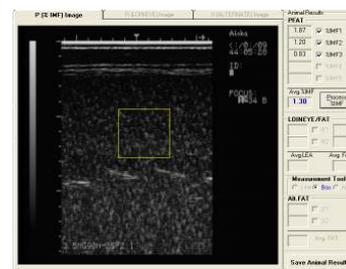
DW5265



DW5321



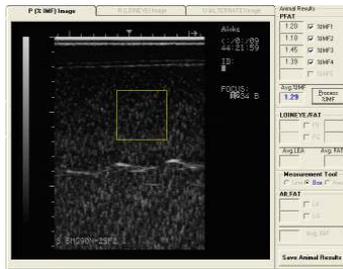
DW5327



DW5333



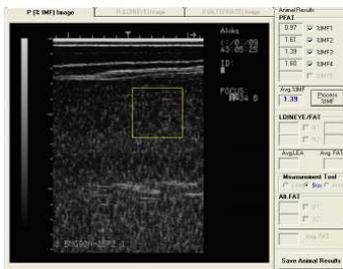
DW5336



DW5480



LW4790



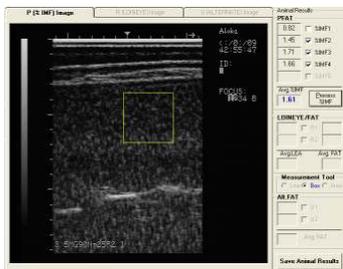
LW5193



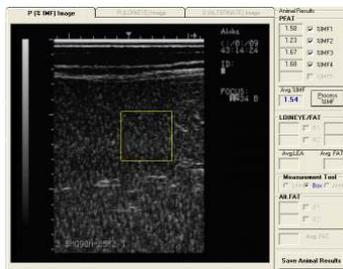
LW5206



LW5210



LW5217



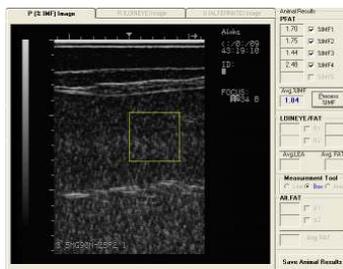
LW5220



LW5292



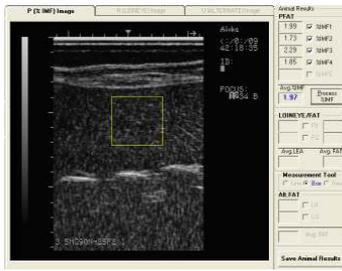
LW5391



LW5399



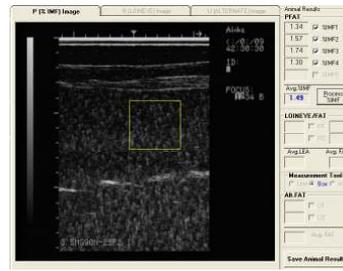
LW5416



YW4809



YW4816



YW4824



YW4884



YW4946



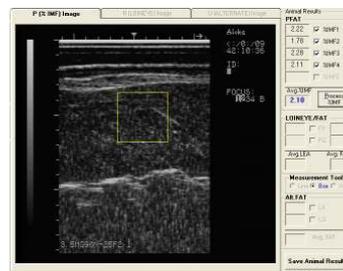
YW5013



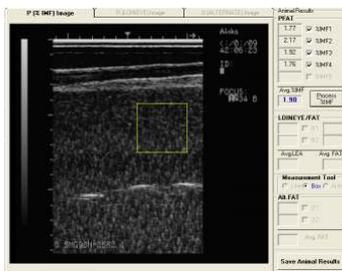
YW5014



YW5249



YW5255



YW5257



F2



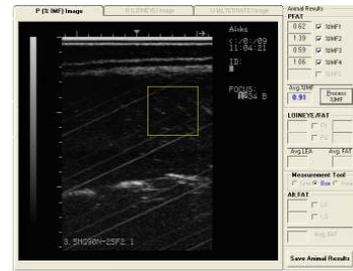
F3



F4



F5



F6



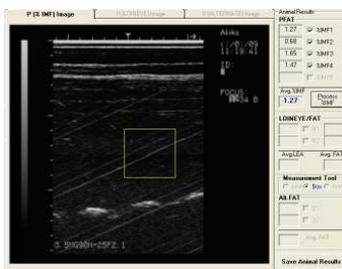
F7



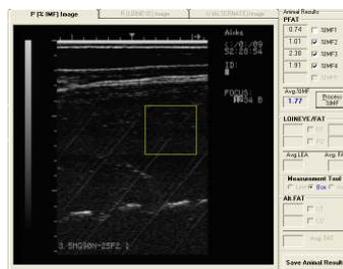
F8



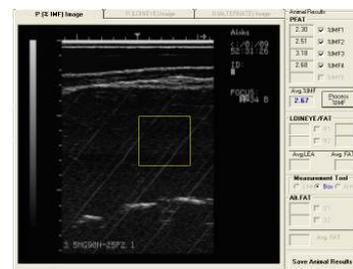
F9



F10



F11



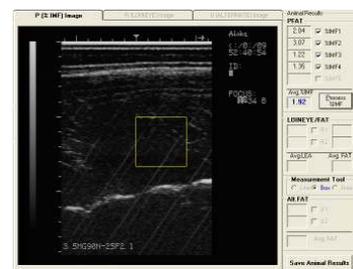
F12



F13



F14



F15



F1



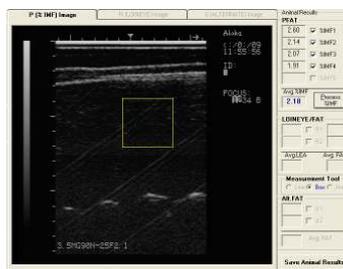
LYD-1



LYD-2



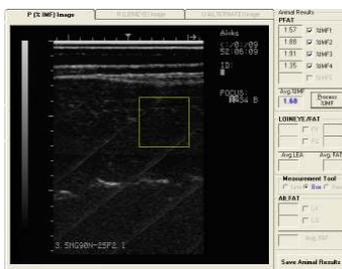
LYD-3



LYD-4



LYD-5



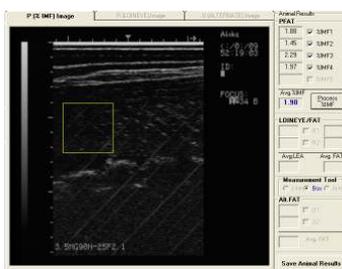
LYD-6



LYD-7



LYD-8



LYD-9



LYD-10

3. 결과 및 고찰

가. 품종별 육질형질의 특성 조사

버크셔, 듀록, 랜드레이스, 대요크셔 및 비육돈을 대상으로 하여 초음파기계를 활용한 마블링스코어를 측정하고 사후 24시간후 pH, 육색, 가열감량, 전단력, 화학적 근내지방도(CIMF) 및 기계적 마블링스코어(UIMF)를 측정한 단순평균이 (표 1, 2)에 나타내었다.

(표 1) 돼지 품종별 육질형질의 평균과 표준편차

품 종	체중 (Kg)	*pH _{24h}	냉각후 최종 육색			가열감량 (%)
			L*(명도)	a*(적색도)	b*(황색도)	
버크셔	115.36	5.61	49.21	5.85	2.63	25.94
	±7.27	±0.16	±4.10	±1.44	±1.15	±3.33
듀록	114.97	5.83	45.75	7.36	3.07	24.37
	±11.11	±0.12	±2.40	±1.02	±0.68	±4.91
랜드레이스	111.61	5.74	46.97	7.56	2.93	26.31
	±12.14	±0.20	±2.90	±1.07	±0.85	±4.32
대요크셔	113.90	5.75	46.29	7.50	2.64	26.26
	±15.17	±0.18	±2.38	±1.38	±7.77	±6.11
F1(L×Y)	118.74	5.83	46.06	6.78	2.82	24.93
	±9.06	±0.14	±2.53	±1.34	±0.76	±5.70
비육돈(LYD)	106.67	5.83	47.13	7.76	2.73	24.05
	±7.89	±0.12	±2.69	±4.43	±0.92	±4.44
전체	114.91	5.68	48.57	6.22	2.68	25.53
	±8.21	±0.18	±3.97	±1.88	±1.09	±4.28

* pH_{24h} : 사후 24시간후 최종 pH

사후 강직이 완료된 사후 24시 pH의 경우 사후 대사 범위를 평가하는 지표로 이용되며, 사후 대사가 극히 적게 일어나는 암적색육(DFD)의 판별 기준의 하나로서 pH_{24h}가 6.0이상을 사용하기도 한다. 사후 24시 최종 pH측정 결과 듀록, F1,(LY), 비육돈(LYD)가 다소 높은 값을 나타냈으나 모든 품종 모두 정상 범위의 사후 대사가 진행된 것으로 평가되었다. 식육의 육색을 보다 객관적으로 평가하기 위해 기계적 측정법(Miinolta chromameter)을 이용하여 최종 근육의 육색을 측정하였다. 명도는 육질판정시 사용되는 항목으로 이상돈육은 50 초과, 암적색은 43이하가 판정기준이다. 이를 고려했을 때 본 실험군의 육색이 전체적으로 우수한 것으로 평가된다. 가열감량은 식육을 심부온도 약 71℃로 가열하였을 때 유리되는 육즙

의 양을 백분율로 나타낸 것으로서 우리나라와 같이 구이문화가 소비량의 대부분을 차지하는 경우에는 가장 중요한 형질중에 하나이다. 본 실험에서는 듀록이 감량이 가장 적었다. 식육의 연도는 시료를 일정한 크기로 채취한 후 심부온도 약 71℃까지 가열한 후, 근섬유 직각 방향으로 절단하는데 필요한 힘을 측정하여 전단력으로 나타낸다. 이와 같은 전단력 값이 낮을 수록 식육이 연하다고 판단된다. 본 실험에서는 버크셔종이 가장 낮은 수치를 보여 다른 품종에 비해 연한 것으로 나타났고, 랜드레이스종과 대요크셔종이 가장 높은 수치를 보였다. 실험실에서 측정된 화학적 근내지방도는 듀록종이 가장 우수한 것으로 조사되었고, 기계적 근내지방도는 삼원교잡종인 비육돈이 가장 우수한 것으로 조사되었다.

(표 2) 돼지 품종별 육질형질의 평균과 표준편차

품 종	전단력(N)	화학적 근내지방도 (CIMF)	기계적 근내지방도 (UIMF)
버크셔	36.38	2.40	2.23
	±9.22	±1.04	±0.82
듀록	32.75	2.79	2.40
	±11.15	±1.13	±0.87
랜드레이스	44.60	2.11	2.10
	±13.83	±0.68	±0.64
대요크셔	44.89	2.23	2.25
	±15.19	±6.67	±0.61
F1(L×Y)	37.79	2.13	2.17
	±11.24	±0.70	±0.69
비육돈(LYD)	41.22	2.73	2.68
	±12.63	±0.69	±0.68
전체	37.00	2.41	2.25
	±10.12	±0.99	±0.81

돼지 품종별 육질형질의 최소자승평균과 표준오차를 (표 3, 4)에 나타내었다. 사후 강직이 완료된 사후 24시 최종 pH는 듀록, 비육돈, F1이 가장 높은 것으로 조사되었고, 다음으로 대요크셔, 랜드레이스, 버크셔순이었고, 품종간 유의차가 있었다($P<0.05$). 미놀타 색도계를 이용한 측정된 명도에서는 버크셔, 비육돈순이었고, 품종간 유의적 차이가 있었다($P<0.05$). 반면에 듀록의 명고는 다른 품종에 비해 유의적으로 나타 조사되었다. 적색도에서는 명도와는 반대로 버크셔종이 가장 낮게 조사되었고, 비육돈이 가장 높았고, 품종간 유의차가 있었다. 황색도는 듀록이 가장 높게 조사되었고, 랜드레이스, F1순이었고, 품종간 유의차가 있었다. 가열감량은 식육으로 심부온도가 71℃가 될 때까지 가열했을 때 유리되는 수분의 양을 측정하는 방법으로 육즙손실과 여관지 흡수법과는 다른 방식으로 보수력을 측정하는 방법으로 우리나라의 식문화와 같이 구이문화에서는 가장 중요한 육질형질중의 하나라고 할 수 있다.

가열감량은 듀록, F1, 비육돈(LYD)이 가장 낮았고, 다음으로 버크셔, 랜드레이스, 대요크셔순이었다.

(표 3) 돼지 품종별 육질형질의 최소자승평균과 표준오차

품 종	pH24h	냉각후 최종 육색			가열감량 (%)
		L*(명도)	a*(적색도)	b*(황색도)	
버크셔	5.61 ^c ±0.01	49.21 ^a ±0.15	5.85 ^c ±0.07	2.63 ^b ±0.04	25.94 ^a ±0.28
듀록	5.83 ^a ±0.02	45.75 ^c ±0.59	7.36 ^{ab} ±0.27	3.07 ^a ±0.17	24.37 ^b ±0.65
랜드레이스	5.74 ^b ±0.03	46.97 ^b ±0.62	7.56 ^a ±0.28	2.93 ^a ±0.18	26.34 ^a ±0.69
대요크셔	5.75 ^{ab} ±0.03	46.29 ^b ±0.61	7.50 ^a ±0.28	2.64 ^{ab} ±0.17	26.25 ^a ±0.68
F1(L×Y)	5.83 ^a ±0.03	46.06 ^b ±0.68	6.78 ^b ±0.31	2.82 ^a ±0.19	24.93 ^{ab} ±0.76
비육돈(LYD)	5.83 ^a ±0.02	47.14 ^b ±0.51	7.76 ^a ±0.24	2.73 ^a ±0.15	24.05 ^b ±0.57

※ ^{a, b}표시가 다른 것은 통계적 유의치가 있음(p<0.05)

(표 4) 돼지 품종별 육질형질의 최소자승평균과 표준오차

품 종	전단력(N)	화학적 근내지방도 (CIMF)	기계적 근내지방도 (UIMF)
버크셔	36.68 ^{cd} ±0.30	2.40 ^b ±0.04	2.23 ^b ±0.02
듀록	32.75 ^d ±1.52	2.79 ^a ±0.15	2.40 ^a ±0.12
랜드레이스	44.60 ^a ±1.60	2.11 ^b ±0.16	2.10 ^b ±0.13
대요크셔	44.89 ^a ±1.58	2.23 ^b ±0.16	2.25 ^b ±0.13
F1(L×Y)	37.79 ^{bc} ±1.77	2.13 ^b ±0.18	2.17 ^b ±0.14
비육돈(LYD)	41.22 ^{ab} ±1.33	2.73 ^a ±0.13	2.68 ^a ±0.11

※ ^{a, b}표시가 다른 것은 통계적 유의치가 있음(p<0.05)

연도를 나타내는 객관적인 수치인 전단력은 수치가 높을 수록 질긴 식육을 의미하는데, 듀록, 버크셔가 가장 우수하였고, 랜드레이스, 대요크셔가 가장 질긴 것으로 조사되었고, 품종

간에 유의차가 있었다. 실험식에서 측정된 화학적 근내지방도는 듀록과 비육돈이 가장 높게 조사되었고, 다음으로 버크셔, 대요크셔, F1, 랜드레이스순으로 조사되었다. 초음파기계를 활용하여 측정된 기계적 근내지방도는 비육돈이 가장 높게 조사되었고, 다음으로 듀록, 버크셔, 대요크셔, F1, 랜드레이스순으로 조사되었고, 품종간 유의차가 있었다($P < 0.05$).

나. 돼지품종별 육질형질의 상관도 분석

실험돈의 육질형질간 상관도분석 단순상관분석인 Pearson의 단순상관분석과 Spearman의 순위상관분석을 실시하였다(그림 5).

(표 5) 전체 실험돈의 육질형질별 상관도상관

육질형질	체중	*pH _{24h}	CIMF	UIMF	Minota			가열감량	전단력	
					L	a	b			
체중		-0.04	0.00	-0.01	0.04	-0.06	0.07	0.09	-0.03	
*pH _{24h}	-0.06		-0.02	0.01	-0.49	0.10	-0.16	-0.11	0.08	
CIMF	0.02	0.02		0.76	0.17	0.21	0.28	0.11	-0.03	
UIMF	0.02	0.02	0.82		0.15	0.22	0.25	0.17	0.01	
Minota	L	0.07	-0.50	0.11	0.13		-0.08	0.64	0.28	-0.03
	a	-0.03	0.17	0.25	0.24	-0.11		0.39	-0.01	0.11
	b	0.09	-0.14	0.25	0.25	0.58	0.50		0.09	-0.05
가열감량	0.13	-0.08	0.12	0.18	0.23	0.02	0.09		0.33	
전단력	0.01	0.07	0.01	0.03	0.02	0.12	-0.06	0.33		

※ Pearson correlations are upper right section and Spearman rank correlations are lower left section.

육질형질간 상관분석 결과, 사후 24시 pH는 가열감량과 유의적인 부(-)의 상관관계를 보였다. 그 이유는 사후 24시 pH가 높을수록 단백질 조직이 안정되어 가열시 배출되는 수분은 적다. 화학적 근내지방도와 기계적 근내지방도는 고도의 정(+)의 상관관계로 조사되었고, 육색과는 정의 상관관계를 보였고, 가열감량과도 정의 상관관계로 조사되었다. 명도, 황색도는 가열감량과 정의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 그 이유는 명도는 낮은 산도에 의한 단백질 변성에 의해서 높아지기도 하며, 단백질 변성은 보수력의 저하를 가져오기도 한다. 따라서 명도와 가열의 정의 상관관계는 단백질 변성에 의한 것으로 사료된다. 전단력의

경우, 가열감량이 증가할수록 연도가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 식육내 수분손실로 인해 저작감이 저하되기 때문인 것으로 판단된다.

(표 6)에는 버크셔종의 육질형질간 상관도분석 단순상관분석인 Pearson의 단순상관분석과 Spearman의 순위상관분석 결과를 나타내었다.

(표 6) 버크셔종의 육질형질별 상관도상관

육질형질	체중	*pH _{24h}	CIMF	UIMF	Minota			가열감량	전단력	
					L	a	b			
체중		-0.05	0.01	0.05	0.06	0.07	0.10	0.12	0.08	
*pH _{24h}	-0.02		-0.15	-0.15	-0.44	-0.17	-0.34	-0.41	-0.06	
CIMF	0.05	-0.18		0.75	0.21	0.27	0.33	0.08	-0.12	
UIMF	0.07	-0.19	0.79		0.19	0.23	0.30	0.09	-0.08	
Minota	L	0.07	-0.38	0.15	0.148		0.06	0.72	0.38	-0.02
	a	0.09	-0.19	0.28	0.23	0.05		0.53	0.08	0.04
	b	0.11	-0.33	0.32	0.32	0.68	0.56		0.22	-0.01
가열감량	0.17	-0.23	0.07	0.09	0.33	0.09	0.19		0.16	
전단력	0.09	-0.01	-0.12	-0.07	-0.02	0.05	0.01	0.12		

※ Pearson correlations are upper right section and Spearman rank correlations are lower left section.

버크셔종의 사후 24시 pH는 미놀타 육색과 부(-)의 상관관계를 보였다. 화학적 근내지방도는 기계적 근내지방도는 고도의 정(+)의 상관관계로 조사되었고, 육색과는 정(+)의 상관관계를 보였고, 가열감량과도 정의 상관관계로 조사되었고, 전단력과는 부(-)의 상관관계로 조사되었다. 전단력과 가열감량은 정의 상관관계를 보여 가열감량이 증가할수록 연도가 감소하는 것으로 나타났다.

(표 7) 듀룩종의 육질형질별 상관도상관

육질형질	체중	*pH _{24h}	CIMF	UIMF	Minota			가열감량	전단력	
					L	a	b			
체중		-0.13	0.01	-0.46	-0.06	-0.13	0.25	-0.38	-0.41	
*pH _{24h}	-0.11		0.27	0.19	-0.24	-0.17	-0.41	0.06	0.09	
CIMF	-0.19	0.21		0.63	0.27	0.04	0.04	0.27	0.26	
UIMF	-0.47	0.20	0.78		0.37	0.07	-0.19	0.51	0.68	
Minota	L	-0.16	-0.20	0.29	0.40		-0.24	0.31	0.61	0.27
	a	-0.06	-0.10	0.12	0.05	-0.33		0.49	-0.20	-0.03
	b	0.34	-0.35	-0.09	-0.26	0.16	0.38		-0.03	-0.37
가열감량	-0.45	0.06	0.31	0.48	0.61	-0.14	-0.07			
전단력	-0.54	0.01	0.30	0.56	0.22	-0.02	-0.47	0.57		

※ Pearson correlations are upper right section and Spearman rank correlations are lower left section.

(표 7)에는 듀룩종의 육질형질간 상관도분석 단순상관분석인 Pearson의 단순상관분석과 Spearman의 순위 상관도분석 결과를 나타내었다. 듀룩종의 사후 24시 pH는 미놀타 육색과 부(-)의 상관관계를 보였다. 화학적 근내지방도는 기계적 근내지방도와는 고도의 정(+)의 상관관계로 조사되었고, 육색과는 정의 상관관계를 보였고, 가열감량과도 정의 상관관계로 조사되었고, 연도와는 정(+)의 상관관계로 조사되었다. 명도는 가열감량과 정(+)의 상관관계로 조사되었고, 황색도와 적색도는 가열감량과 부의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 전단력의 경우, 가열감량이 증가할수록 연도가 감소하는 것으로 나타났다.

(표 8)에는 랜드레이스종의 육질형질간 상관도분석 단순상관분석인 Pearson의 단순상관분석과 Spearman의 순위 상관도분석 결과를 나타내었다. 랜드레이스종의 사후 24시 pH는 육색과 부(-)의 상관관계를 보였다. 화학적 근내지방도는 기계적 근내지방도는 고도의 정(+)의 상관관계로 조사되었고, 육색과는 정(+)의 상관관계를 보였고, 가열감량과도 정의 상관관계로 조사되었다.

(표 8) 랜드레이스종의 육질형질별 상관도상관

육질형질	체중	*pH _{24h}	CIMF	UIMF	Minota			가열 감량	전단 력	
					L	a	b			
체중		0.27	0.33	0.11	-0.23	0.28	0.09	0.03	-0.34	
*pH _{24h}	0.24		0.42	0.36	-0.12	-0.10	-0.07	0.23	0.15	
CIMF	0.35	0.51		0.85	-0.17	-0.03	-0.11	0.32	0.25	
UIMF	0.10	0.35	0.82		-0.21	0.02	-0.23	0.52	0.48	
Minota	L	-0.22	-0.19	-0.15	-0.15		0.04	0.75	0.02	-0.11
	a	0.24	-0.14	-0.12	-0.07	0.03		0.40	0.24	-0.13
	b	0.13	-0.05	-0.07	-0.22	0.70	0.38		-0.10	-0.45
가열감량	0.16	0.28	0.44	0.57	-0.03	0.13	-0.06		0.56	
전단력	-0.26	0.13	0.25	0.50	-0.11	-0.17	-0.44	0.56		

※ Pearson correlations are upper right section and Spearman rank correlation are lower left section.

(표 9) 대요크셔종의 육질형질별 상관도상관

육질형질	체중	*pH _{24h}	CIMF	UIMF	Minota			가열 감량	전단 력	
					L	a	b			
체중		0.26	0.00	-0.16	-0.24	-0.31	0.06	0.07	-0.26	
*pH _{24h}	0.34		0.06	0.03	-0.13	-0.13	-0.06	0.24	0.16	
CIMF	0.03	0.13		0.91	0.25	0.24	0.24	0.22	0.14	
UIMF	-0.11	0.08	0.93		0.41	0.27	0.29	0.36	0.21	
Minota	L	-0.14	-0.18	0.25	0.36		0.11	0.57	0.18	0.03
	a	-0.22	-0.07	0.35	0.34	0.06		0.36	0.29	0.36
	b	0.01	-0.12	0.21	0.29	0.52	0.34		0.42	-0.12
가열감량	0.12	0.34	0.21	0.30	0.11	0.34	0.41		0.18	
전단력	-0.23	0.24	0.10	0.15	0.05	0.20	-0.19	0.13		

※ Pearson correlations are upper right section and Spearman rank correlations are lower left section.

(표 9)에는 대요크셔종의 육질형질간 상관도분석 단순상관분석인 Pearson의 단순상관분석과 Spearman의 순위 상관도분석 결과를 나타내었다. 대요크셔종의 사후 24시 pH는 다른 품종과 마찬가지로 미놀타 육색과 부(-)의 상관관계를 보였다. 화학적 근내지방도는 기계적 근내지방도와는 고도의 정(+)의 상관관계로 조사되었고, 또한 육색, 가열감량, 전단력과 정(+)의 상관관계를 보였다.

(표 10) F₁(LY)의 육질형질별 상관도상관

육질형질	체중	*pH _{24h}	CIMF	UIMF	Minota			가열감량	전단력	
					L	a	b			
체중		-0.08	0.15	-0.12	0.03	-0.10	0.10	-0.05		
*pH _{24h}	-0.07		0.22	0.25	-0.48	0.23	-0.40	0.01	0.20	
CIMF	0.12	0.46		0.82	-0.10	0.38	-0.13	0.50	0.39	
UIMF	0.10	0.40	0.75		-0.05	0.29	-0.09	0.38	0.46	
Minota	L	-0.17	-0.33	-0.12	-0.06		-0.53	0.36	0.16	0.01
	a	0.04	0.22	0.40	0.29	-0.50		0.30	0.02	0.16
	b	-0.01	-0.52	-0.11	-0.09	0.41	0.33		-0.33	-0.40
가열감량	0.05	0.37	0.50	0.33	0.05	0.09	-0.28		0.72	
전단력	-0.05	0.48	0.42	0.47	-0.02	0.12	-0.39	0.74		

※ Pearson correlations are upper right section and Spearman rank correlations are lower left section.

(표 10)에는 F₁(LY)의 육질형질간 상관도분석 단순상관분석인 Pearson의 단순상관분석과 Spearman의 순위 상관도분석 결과를 나타내었다. F₁(LY)의 사후 24시 pH는 미놀타 육색과 부(-)의 상관관계를 보였다. 화학적 근내지방도는 기계적 근내지방도와는 고도의 정(+)의 상관관계로 조사되었고, 적색도, 가열감량, 전단력과는 정(+)의 상관관계로 조사되었고, 명도, 황색도와는 부(-)의 상관관계를 보였다.

(표 11)에는 삼원교잡종(LYD)의 육질형질간 상관도분석 단순상관분석인 Pearson의 단순상관분석과 Spearman의 순위 상관도분석 결과를 나타내었다. 삼원교잡종(LYD)의 사후 24시 pH는 미놀타 육색과 부(-)의 상관관계를 보였다. 화학적 근내지방도는 기계적 근내지방도와

는 고도의 정(+)의 상관관계로 조사되었고, 육색, 전단력과는 정(+)의 상관관계로 조사되었고, 가열감량은 부(-)의 상관관계를 보였다.

(표 11) 삼원교잡종(LYD)의 육질형질별 상관도상관

	체중	*pH _{24h}	CIMF	UIMF	Minota			가열 감량	전단 력	
					L	a	b			
체중-		0.37	-0.06	0.00	-0.18	-0.06	-0.14	0.42	0.12	
*pH _{24h}	0.35		-0.11	-0.13	-0.19	-0.19	-0.21	0.56	0.05	
CIMF	-0.04	-0.10		0.92	0.02	0.26	0.13	-0.01	0.24	
UIMF	0.04	-0.11	0.91		-0.03	0.28	0.06	0.03	0.34	
Minota	L	-0.01	-0.12	-0.05	-0.08		-0.04	0.67	0.03	0.16
	a	-0.14	-0.34	0.33	0.41	-0.03		0.05	-0.07	0.11
	b	-0.01	-0.14	0.02	-0.03	0.57	0.15		0.07	0.07
가열감량	0.44	0.50	0.03	0.07	0.08	-0.14	0.15		0.47	
전단력	0.12	-0.03	0.30	0.41	0.14	0.44	0.03	0.42		

※ Pearson correlations are upper right section and Spearman rank correlations are lower left section.

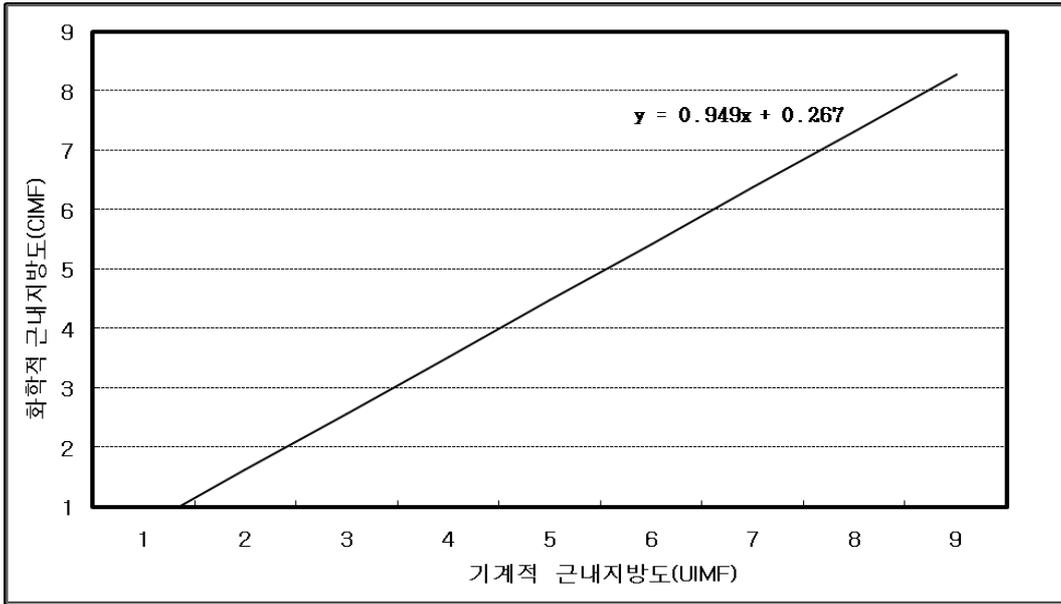
다. 초음파기계를 이용하여 근내지방도 예측을 위한 모형 개발

생돈에서 초음파기계를 활용하여 측정된 기계적 마블링스코어를 화학적 근내지방도로 전환하기 위한 모형을 추정하기 위하여 회귀분석(regression analysis)을 실시하였다. 기계적 마블링스코어는 독립변수(independent variable)로 화학적 근내지방도를 종속변수(dependent variable)로 하여 선형관계를 분석하였다.

● 단순회귀모형

$$y = 0.949x + 0.267$$

여기서, x는 기계적 마블링스코어, y는 화학적 근내지방도

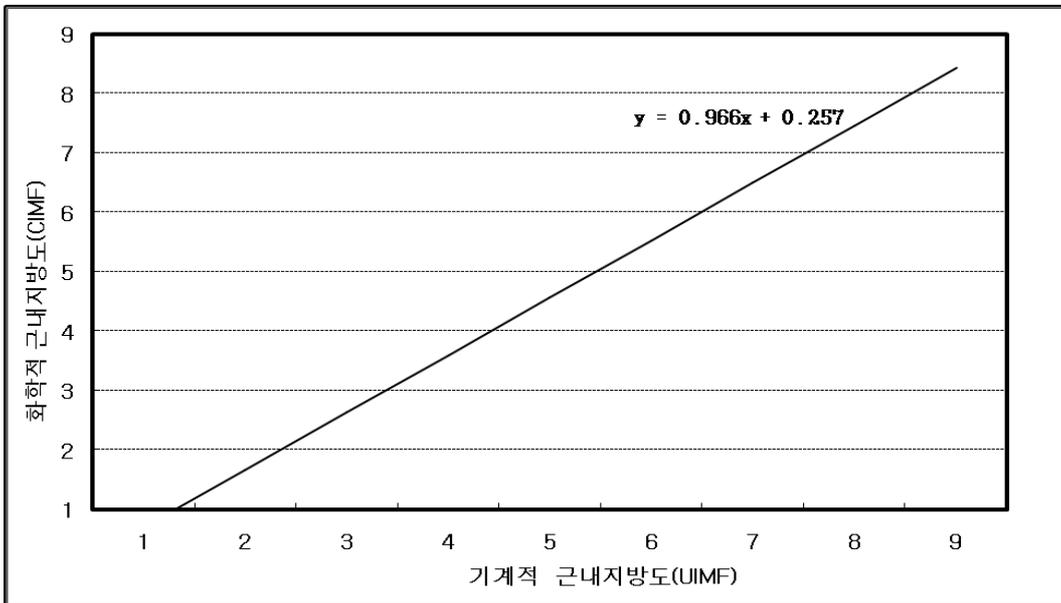


(그림 13) 기계적 근내지방도에 따른 화학적 근내지방도의 변화

● 버크셔종의 단순회귀모형

$$y = 0.966x + 0.257$$

여기서, x는 기계적 마블링스코어, y는 화학적 근내지방도

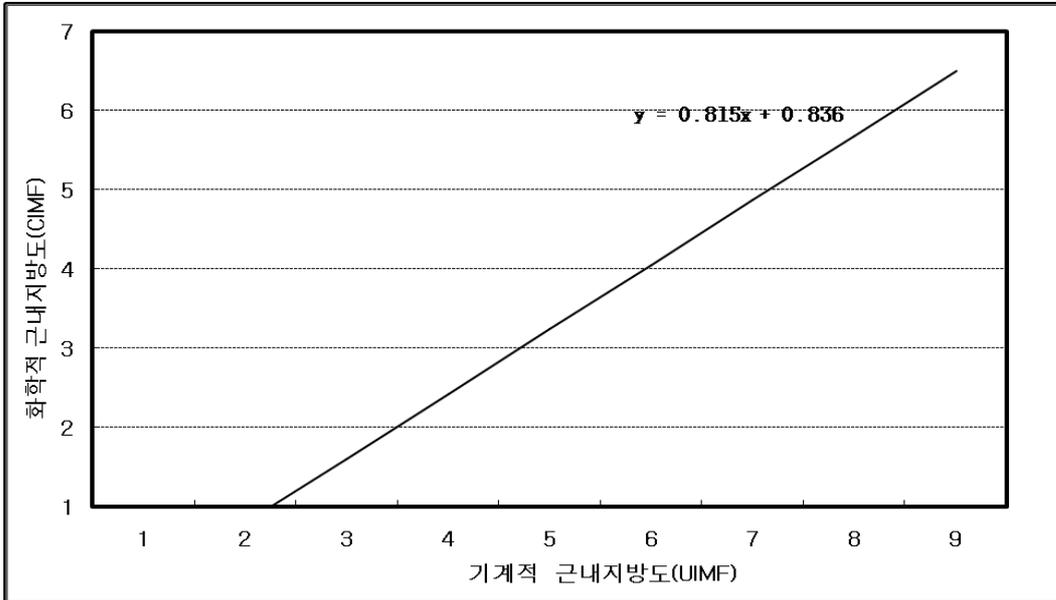


(그림 14) 기계적 근내지방도에 따른 화학적 근내지방도의 변화

● 듀록종의 단순회귀모형

$$y = 0.815x + 0.836$$

여기서, x는 기계적 마블링스코어, y는 화학적 근내지방도

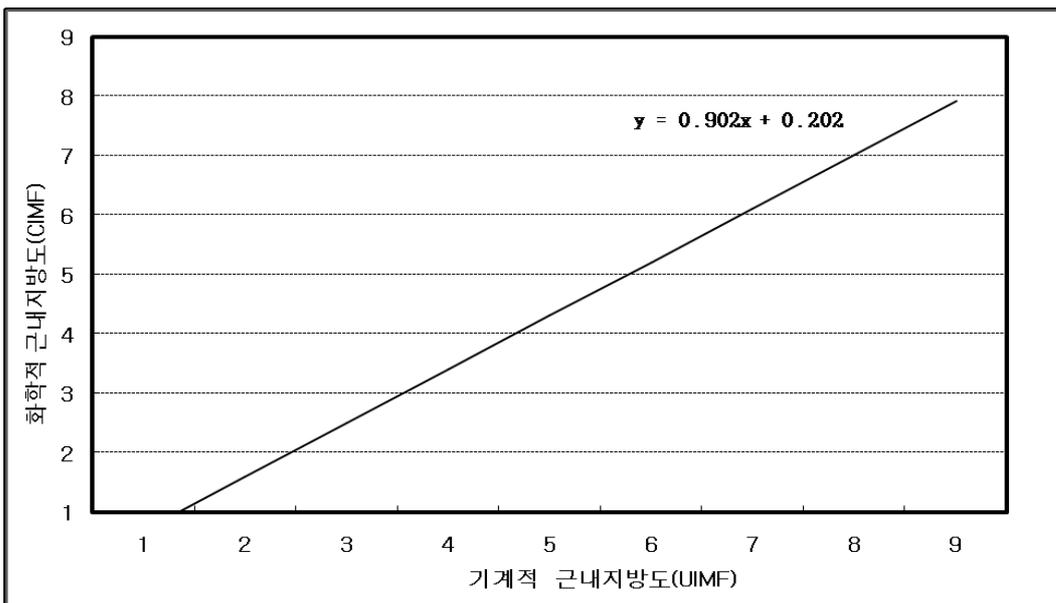


(그림 15) 기계적 근내지방도에 따른 화학적 근내지방도의 변화

● 랜드레이스종의 단순회귀모형

$$y = 0.902x + 0.202$$

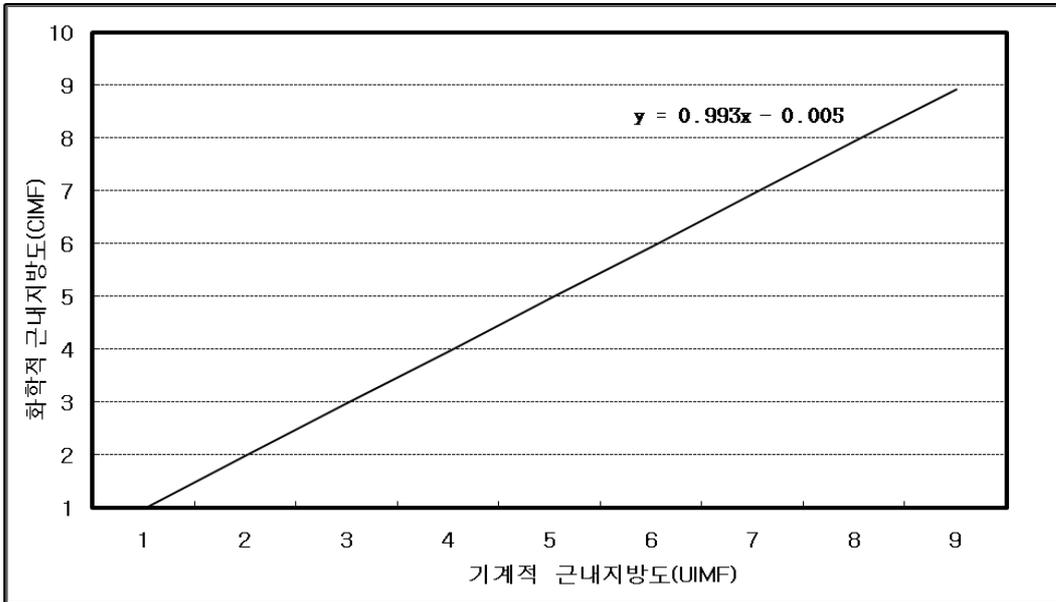
여기서, x는 기계적 마블링스코어, y는 화학적 근내지방도



● 대요크셔종의 단순회귀모형

$$y = 0.993x - 0.005$$

여기서, x는 기계적 마블링스코어, y는 화학적 근내지방도



(그림 16) 기계적 근내지방도에 따른 화학적 근내지방도의 변화

라. 육질형질의 유전모수 추정

도축후 육질검사를 통해 습득한 자료를 통계패키지 SAS 9.01version으로 자료를 코딩하여 MTDFREML 패키지를 이용하여 유전모수를 추정하였고, 모형은 다음과 같다.

$$y = Xb + Za + e$$

여기에서 b는 고정효과, a는 상가적 유전효과, e는 잔차효과임

(표 12)에는 버크셔종의 육질형질에 대한 유전력을 나타내었다. 육질형질의 대부분이 고도의 유전력으로 조사되었다.

(표 12) 버크셔종의 육질형질에 대한 유전력

	*pH _{24h}	CIMF	UIMF	Minota			가열 감량	전단 력
				L	a	b		
Heritability (h^2)	0.74	0.88	0.85	0.56	0.66	0.65	0.38	0.61

(표 13)에는 버크셔종의 육질형질에 대한 유전상관을 나타내었다. 사후 24시간 pH는 미놀타 육색, 화학적 및 기계적 근내지방도, 가열감량과는 부(-)의 상관관계를 보였고, 화학적 근내지방도(CIMF)는 기계적 근내지방도(UIMF), 미놀타육색과는 고도의 정의 상관관계를 나타내었다. 미놀타육색은 가열감량과는 정(+)의 상관관계를 보였지만, 전단력과는 부(-)의 상관관계를 보였다.

(표 13) 버크셔종의 육질형질에 유전상관

육질형질	*pH _{24h}	CIMF	UIMF	Minota			가열감량	전단력
				L	a	b		
*pH _{24h}		-0.15	-0.14	-0.45	-0.28	-0.42	-0.17	0.07
CIMF			0.75	0.27	0.37	0.48	0.03	-0.23
UIMF				0.24	0.30	0.41	0.01	-0.04
Minota	L				0.21	0.79	0.23	-0.13
	a					0.63	0.13	-0.01
	b						0.15	-0.11
가열감량								-0.04
전단력								

■ 유전모수추정을 위한 버크셔종의 초음파이미지



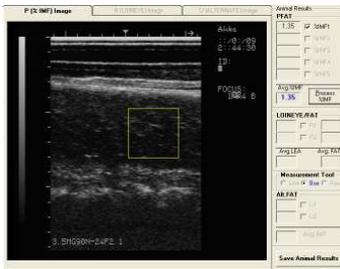
B1-1



B1-2



B1-3



B2-1



B2-2



B2-3



B3-1



B3-2



B3-3



B4-1



B4-2



B4-3



B5-1



B5-2



B5-3



B6-1



B6-2



B6-3



B7-1



B7-2



B7-3



B8-1



B8-2



B8-3



B9-1



B9-2



B9-3



B10-1



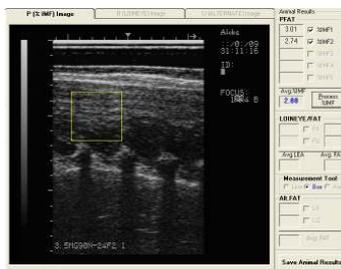
B10-2



B10-3



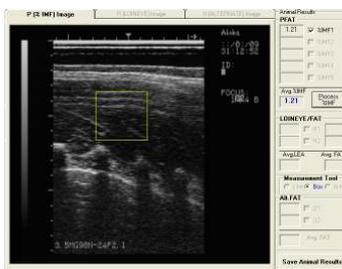
B11-1



B11-2



B11-3



B12-1



B12-2



B12-3



B13-1



B13-2



B13-3



B14-1



B14-2



B14-3



B15-1



B15-2



B15-3



B16-1

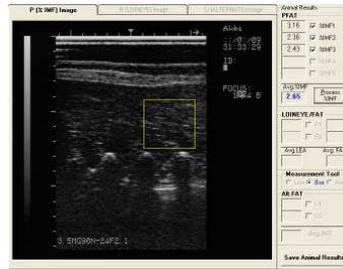




B18-1



B18-2



B18-3



B19-1



B19-2



B19-3



B20-1



B20-2



B20-3



B22-1



B22-2



B22-3



B23-1



B23-2



B23-3



B24-1



B24-2



B24-3



B25-1



B25-2



B25-3



B26-1



B26-2



B26-3

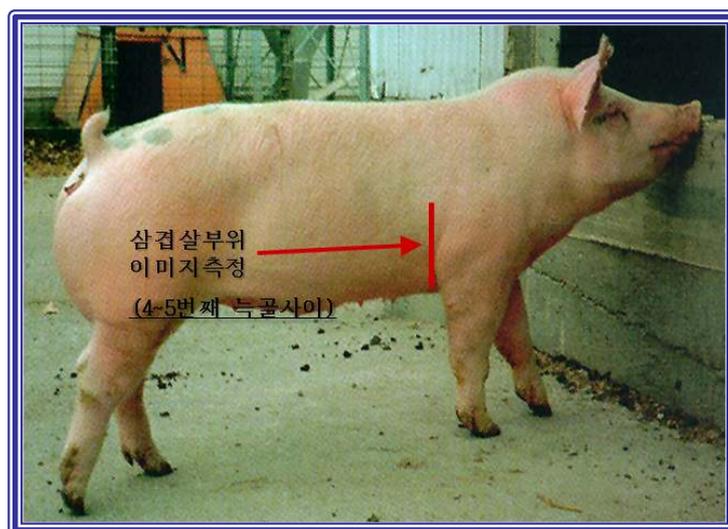
제 2절 초음파 기계를 이용한 생체 삼겹살 품질평가 모형 개발

1. 서론

돼지가 돼지고기로 팔릴 때는 주요 6개 부위로 나뉘어서 판매되는데 국민들이 소비하는 주요 6개부위의 비율과 양이 자연적으로 산출되는 비율과 일치하지 않아서 돈육 수급에 문제가 발생하고 있다. 예를 들면, 삼겹살의 경우 1두 도축시 약 17%가 생산되는데 비하여 국내에서 소비되는 돈육 중 삼겹살이 차지하는 비율은 24%에 이르고 있다. 반면에 안심·등심 부위는 한 마리 중 17%가 생산되는데 비하여 소비는 전체 돈육의 10%에 불과하다. 이와 같이 국내 삼겹살 시장은 국내/외적으로 중요한 시장으로 인식되어져 있으나 그에 따른 연구 조사는 기호도 조사 및 일반성분 분석 등에 국한되어 있으며 품질기준도 미미한 상태이다. 따라서 국내 양돈업 안정화 및 활성화를 위해 삼겹살의 품질을 미리 예측할 수 있는 기술을 개발함으로써 국내산 돈육의 품질을 보다 고급화 및 안정화 시킬 필요가 있다.

2. 재료 및 방법

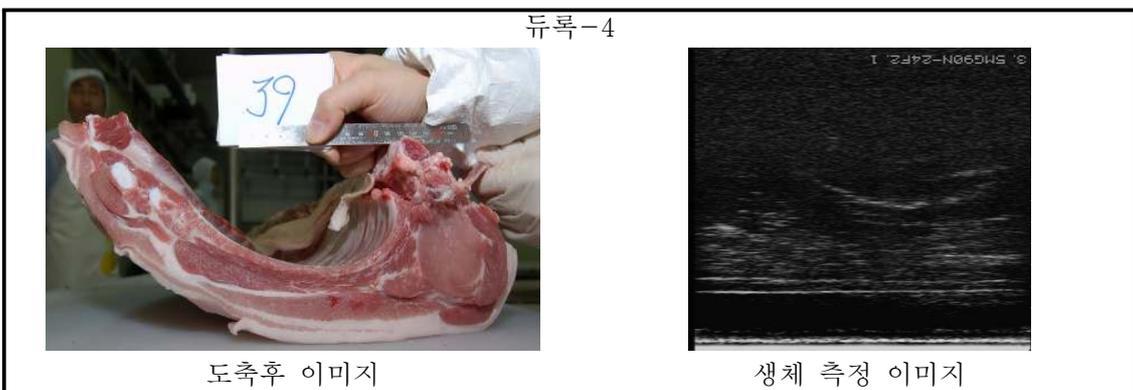
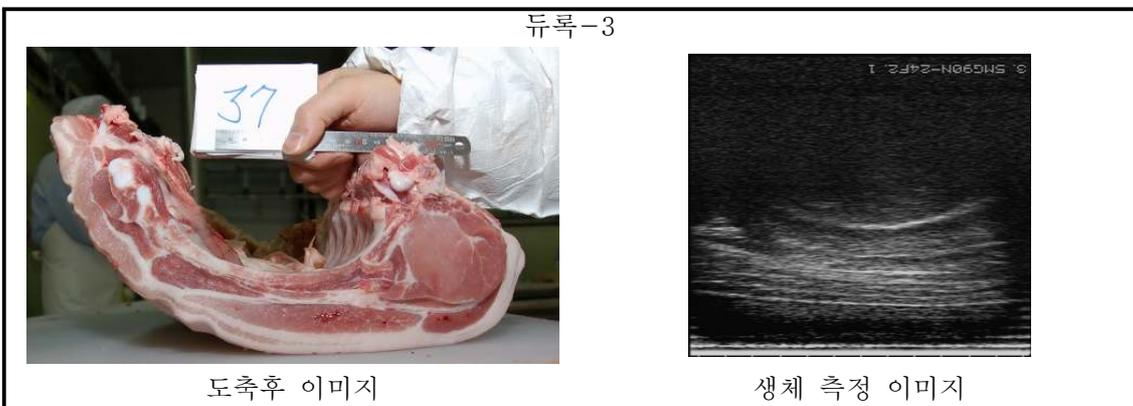
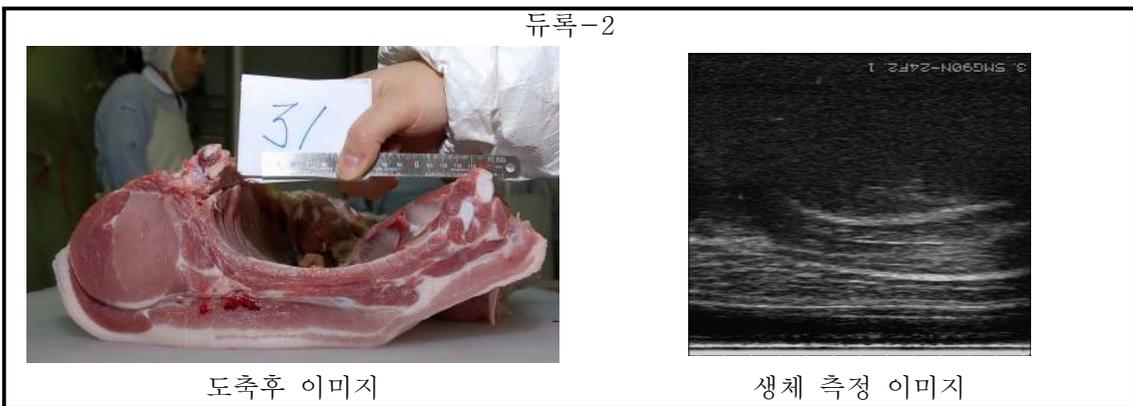
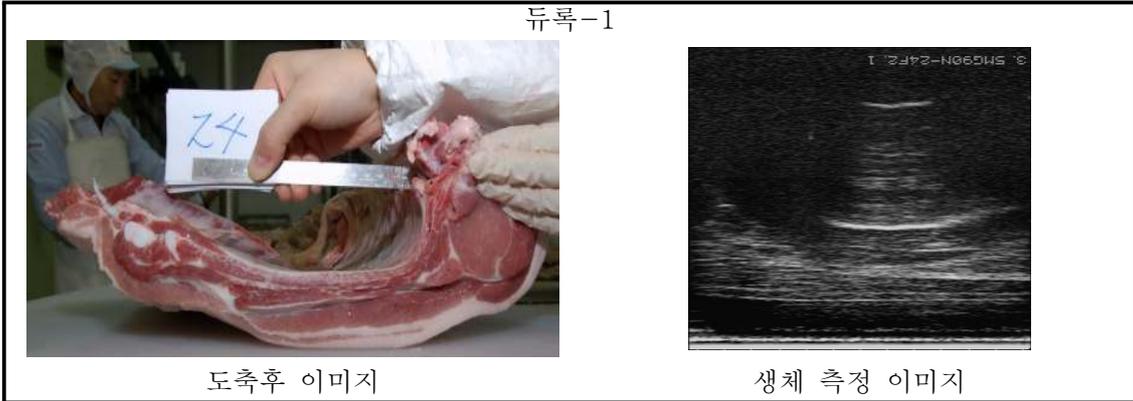
생돈에서 초음파기계를 이용하여 삼겹살부위를 측정하기 위해서는 삼겹살부위가 시작되는 4~5번째 늑골부위의 이미지를 탐촉자(transducer)를 상하 및 좌우로 이동하면서 이미지를 정확하게 캡처해야 한다.



(그림 11) 초음파 기계를 활용한 삼겹살 측정부위

도축후 4~5번째 늑골부위에서 측정된 삼겹살 이미지의 근육 : 지방비율과 생체에서 초음파 기계를 활용하여 측정된 이미지를 Image 분석소프트웨어인 Image Pro Plus 4.5를 활용하여 분석을 실시하였다.

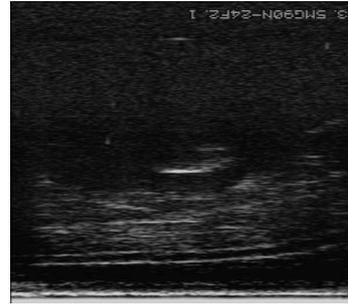
■ 4~5번째 늑골에서 측정된 도축후 삼겹살부위 이미지와 초음파 이미지



듀록-5



도축후 이미지

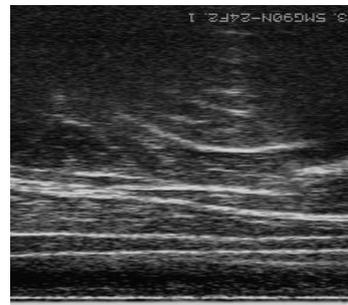


생체 측정 이미지

랜드레이스-2



도축후 이미지



생체 측정 이미지

랜드레이스-3



도축후 이미지

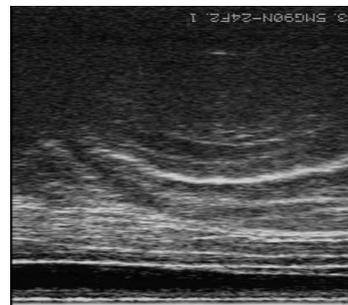


생체 측정 이미지

랜드레이스-4



도축후 이미지

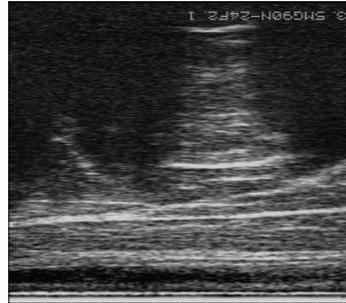


생체 측정 이미지

랜드레이스-5



도축후 이미지

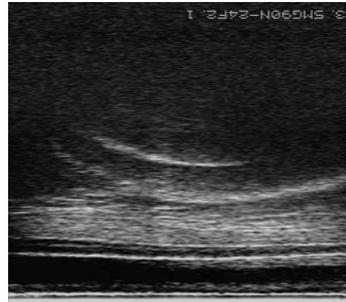


생체 측정 이미지

대요크셔-1



도축후 이미지



생체 측정 이미지

대요크셔-2



도축후 이미지

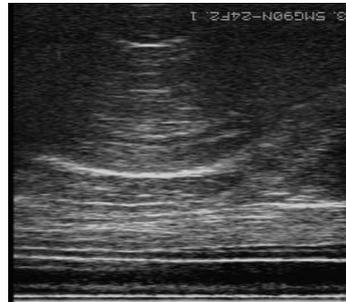


생체 측정 이미지

대요크셔-3



도축후 이미지

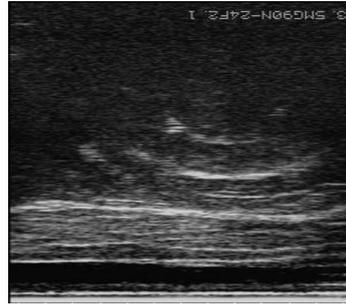


생체 측정 이미지

대요크셔-4



도축후 이미지



생체 측정 이미지

F1(L×Y)-1



도축후 이미지

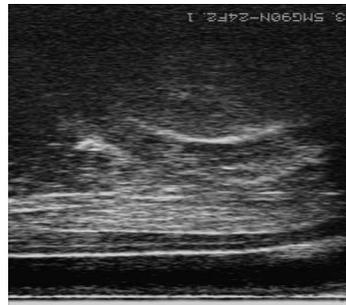


생체 측정 이미지

F1(L×Y)-2



도축후 이미지

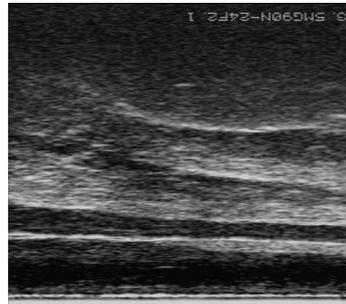


생체 측정 이미지

F1(L×Y)-3



도축후 이미지

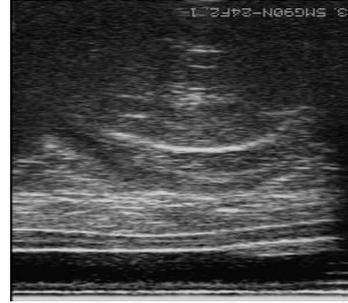


생체 측정 이미지

F1(L×Y)-5



도축후 이미지

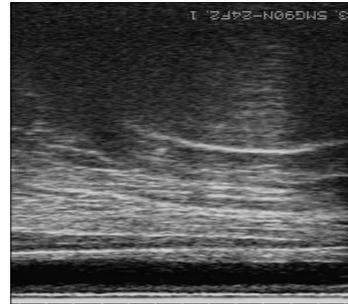


생체 측정 이미지

비육돈(L×Y×D)-1



도축후 이미지

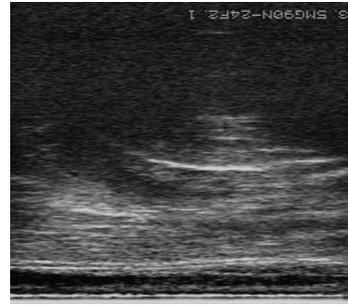


생체 측정 이미지

비육돈(L×Y×D)-2



도축후 이미지

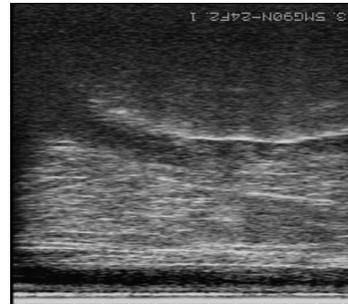


생체 측정 이미지

비육돈(L×Y×D)-3

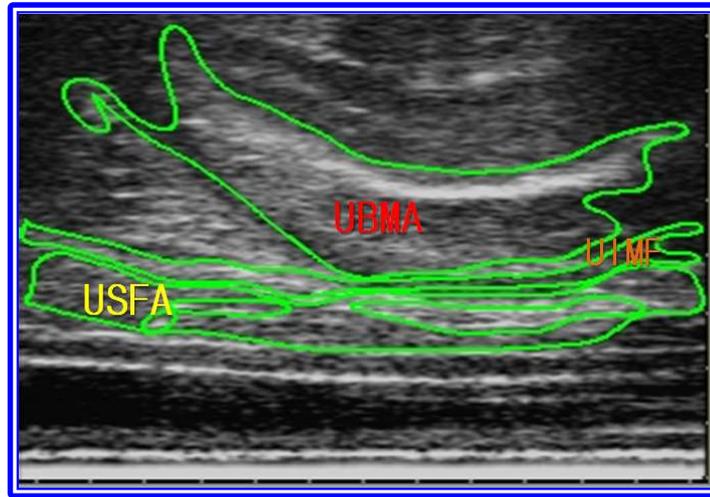


도축후 이미지

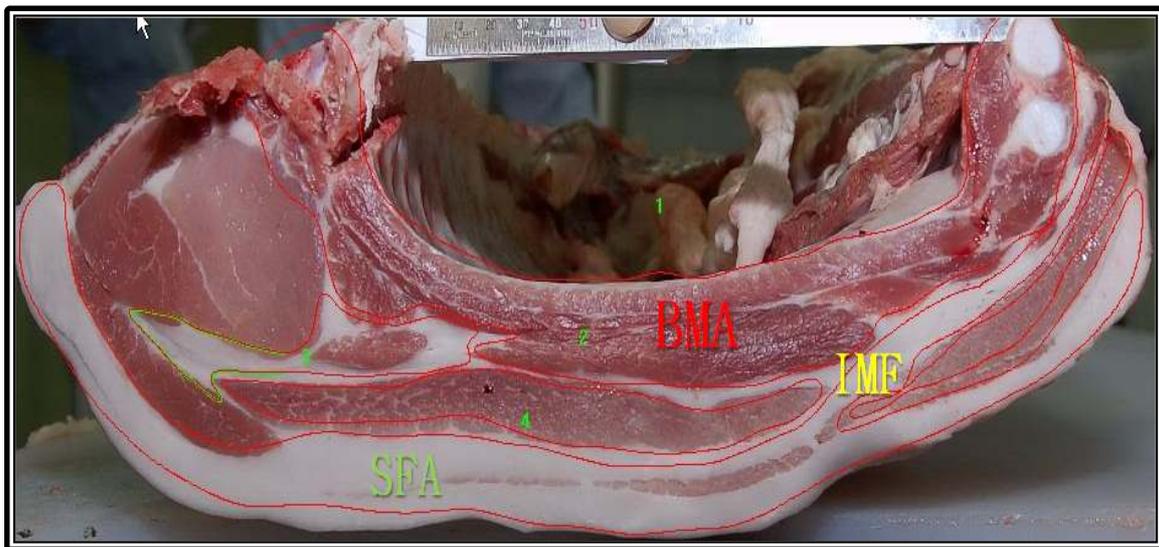


생체 측정 이미지

3. 연구 결과 및 고찰



(그림) 초음파기계로 측정한 4-5번째 늑골부위 이미지
UBMA : 갈비부위 근육면적, UIMF : 근간지방면적, USFA : 피하지방면적



(그림) 4-5번째 늑골부위 삼겹살 이미지
BMA : 갈비부위 근육면적, IMF : 근간지방면적, SFA : 피하지방면적

Shaw 와 Rossetto(2003)는 이러한 삼겹살형질을 이용하여 아래와 같은 평균지방비율 예측 공식을 제시하였다.

$$\text{FATPC}(\%) = 13,689 + (0.484 \times \text{IMF}) + (0.549 \times \text{P2}) - (0.226 \times \text{BMA}) + (0.271 \times \text{SFA}).$$

이 공식을 이용하여 초음파 기계로 측정된 갈비부위 근육면적(UBMA), 근간지방면적(UIMF), 피하지방면적(USFA)를 활용하여 추정할 수 있다.

□ 갈비부위 근육면적(UBMA) = 초음파 기계로 측정된 갈비부위 면적(UBMA) × 3.6363

□ 근간지방면적(UIMF) = 초음파 기계로 측정된 근간지방면적(UIMF) × 2.6252

□ 피하지방면적(USFA) = 초음파 기계로 측정된 피하지방면적(USFA) × 3.5476

위의 삼겹살 평균지방비율을 측정하는 공식을 초음파 기계로 측정된 비율로 추정하면 다음과 같다.

$$\text{FATPC}(\%) = 13,689 + (1.271 \times \text{UIMFA}) + (0.549 \times \text{P2}) - (0.822 \times \text{UBMA}) + (0.961 \times \text{USFA}).$$

□ 제 2협동과제 : 돈육의 육질특성분석 및 육질 평가시 스템 개발

제 1 절 재료 및 방법

1. 돈육의 육질 특성 분석 및 품질 지표 제안

- 가. 국내산 돈군의 육질분포를 분석하기 위해 국내 유통되고 있는 요크셔, 랜드레이스, 듀록, 머크셔 및 교잡종 각 30 두(암컷 15, 거세수컷 15)를 공시하여 품종별·성별로 육질 특성을 분석한다. 육질 특성분석은 주관적 분석법으로 (2002)에서 제안한 육색 및 근내지방도 기준표를 이용한 주관적 육질평가와 육색, 보수성, 조직감 및 근육의 산도 등을 이용한 객관적 육질평가를 병행하여 돈육의 육질특성을 분석. 이러한 분석항목과 돈육질 분류기법을 이용한 등급별 출현현황을 분석하여 육질지수 설정의 기초자료로 활용
- 나. 분석된 돈육의 육질분포를 기초로 하여 돈육 육질지표를 제안. 특히 지방, 풍미, 조직감과 같은 소비자 기호도 패턴을 적용하여 육질에 근거한 다양한 품질지표 제안
- 다. 육질항목들의 차별화를 위해 도축 후 근육의 식육화 과정을 모니터링. 사후 근육의 온도 및 산도변화를 근거로 대사변이 분류표를 작성하여 품질지표 제안 시 근거자료로 활용

2. 육질 평가지수의 실용화 구축

- 가. 1차년도에 제안한 품질지표를 기준으로 돈군을 분류하여 각 그룹별로 근육의 대사적특성, 최종 산도, 근내지방도, 육색지수에 따른 육질분포 확인. 육질지수를 체계화하여 제안된 여러 품질지표를 보다 세분화하여 변이요인별 연관성 분석
- 나. 등심근은 육량 및 육질분석의 대표 근육으로 이용되며 현재까지 설정된 등심근의 육질분류체계를 이용하여 육질 평가지수 설정 및 제안
- 다. 삼겹살의 경우 품질평가에 대한 기준이 모호하고 일관성이 없어 소비자를 대상으로 한 품질기준지표 조사 실시
- 라. 삼겹살 부위의 외관, 지방조직 및 적육조직에 대한 품질기준 항목을 구분하여 설정하며 최종적으로 각 분석항목을 종합한 육질지표 설정

3. 특화 육질지수의 객관성 검증

- 가. 등심과 삼겹살의 육질특성 분석을 통해 각 개체내 두 부위의 연관성을 분석하며, 외관, 지방·적육비율, 육질등급에 따른 전체 기호도를 실험실내 객관적 분석 기법을 이용하여 분석. 이를 기초로 기호도 조사를 실시하여 각 부위별 육질지수를 검증
- 나. 설정된 육질지수의 실용화를 위해 각 육질지수를 이용한 국내 돈군의 육질등급별 출현빈도를 모니터링함. 각 출현등급별로 육질분석을 실시하여 설정된 육질지수를 검증
- 다. 육질지수를 기준으로 지방 및 적육조직의 조성변이를 분석하고, 현장적용성을 검증

제 2 절 연구 내용 및 연구 결과

1. 돈육의 육질특성 분석 및 품질지표 제안

- 가. 다양한 육질 평가항목 측정 및 항목 간 상관성 분석

돈육의 품질특성 분석 및 품질지표 제안을 위해 다양한 육질 평가항목을 측정하였으며, 항목 간 상관성 분석을 실시하였다. 돼지품종 및 성별에 따른 육질 평가항목을 분석한 결과는 Table 1-1, 1-2에 나타냈다. 근육의 최종 pH는 사후대사 진행 정도를 가늠할 수 있는 측정항목으로 최종 육질과의 연관성이 큰데, 본 실험에서는 버크셔, 듀록, 비육돈, 하이마블링 듀록이 높은 수치를 나타내었고, 랜드레이스와 요크셔가 가장 낮은 수치를 나타냈으며, 성별 간 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. 주관적인 판단기준인 상강도는 듀록과 하이마블링 듀록이 가장 높았고, 랜드레이스는 다른 품종에 비해 낮은 수치를 나타냈다. 육색지수의 경우 듀록과 하이마블링 듀록이 가장 높은 수치를 나타냈으며, 랜드레이스는 가장 낮았다. 지방함량은 유전적인 요인 및 환경적인 요인에 의해 수치가 차이가 나며, 본 실험에서는 환경적인 요

인을 동일하게 적용하여 실험을 실시하였다. 일반적으로 상강도는 품종에 따라 차이가 나는데, 본 실험군에서는 듀록이 가장 높은 수치를 나타냈고, 하이마블링 듀록, 비육돈 순이었으며 요크셔의 지방함량이 가장 낮았다.

육색은 식육제품을 소비자가 선택 시 가장 중요하게 판단하는 기준이며, 이상육 판별에 중요한 평가지표이다. CIE LAB색도 표현은 Lightness은 밝기를 나타내며 그 범위는 0 (흑색)~100(백색)을 기준으로 일반적인 돈육의 경우 그 범위는 40.9~56.1이다. Redness는 적색과 녹색을 표현하며 그 범위는 3.9~7.7이며 Yellowness는 황색과 청색을 표현하며 그 범위는 7.2~14.4이다. 특히 명도의 경우 이상육을 판별하는 기준이 된다. 본 실험에서의 명도는 품종 간 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나, 비육돈의 색이 가장 밝은 경향을 나타내었고, 적색도는 듀록, 버크셔 및 랜드레이스가 높은 수치를 나타내었으며, F1과 비육돈이 낮은 수치를 나타냈다. 연도를 나타내는 객관적인 수치인 전단력은 높을수록 질긴 식육을 의미하는데, 품종 간 뚜렷한 차이는 나타나지 않았지만 버크셔와 듀록이 가장 낮은 수치를 나타내 연도가 우수한 것으로 판단된다. 보수력을 나타내는 유리육즙량의 경우 비육돈의 수치가 가장 낮았으며, 하이마블링 듀록, 버크셔 순으로 수치를 나타내 보수력이 우수한 것으로 판단된다. 랜드레이스가 유리육즙량이 가장 많아 보수성이 떨어지는 것으로 분석되었다.

이상의 결과를 종합하여 분석해보면, 사후대사속도가 빠르게 진행된 랜드레이스, 요크셔는 보수력도 다른 품종에 비해 떨어지는 것으로 분석되었으며, 사후대사속도가 안정적인 버크셔와 듀록의 경우에는 보수력도 우수한 것으로 분석되었다. 또한 버크셔, 듀록, 하이마블링 듀록은 육색지수 및 상강도도 다른 품종에 비해 우수한 것으로 분석되어 향후 고품질 개체 가계 선발에 있어 중요한 기초자료가 될 것으로 판단된다.

Table 1–1. Comparison of muscle pH_{24 h}, NPPC color, NPPC marbling, and crude fat content of porcine *longissimus dorsi* muscles in different breeds, and sex

Breed	Sex	Muscle pH _{24 h}	NPPC color	NPPC marbling	Crude fat content (%)
Landrace	Male	5.73	2.82	2.03	2.11
	Gilt	5.66	2.51	1.91	1.27
	Mean	5.71 ^c	2.71 ^c	1.99 ^c	1.75 ^b
Yorkshire	Male	5.74	2.94	2.35	1.58
	Gilt	5.67	3.23	2.08	1.70
	Mean	5.72 ^{bc}	3.10 ^b	2.26 ^{bc}	1.69 ^b
Berkshire	Male	5.92 ^x	3.51	2.85	2.16
	Gilt	5.69 ^y	2.71	2.42	1.33
	mean	5.82 ^{ab}	3.12 ^b	2.67 ^b	1.78 ^b
Duroc	Male	5.83	3.71 ^x	3.05	2.33
	Gilt	5.83	4.60 ^y	2.94	3.04
	Mean	5.83 ^a	4.12 ^a	3.00 ^a	2.69 ^a
High-Marbling Duroc	Male	5.83	3.61	3.33 ^x	1.92 ^x
	Gilt	5.77	3.71	2.61 ^y	2.95 ^y
	Mean	5.79 ^{ab}	3.72 ^{ab}	2.95 ^a	2.41 ^{ab}
F1	Male	5.73	1.91 ^x	2.35	1.63
	Gilt	5.78	3.63 ^y	2.44	1.77
	Mean	5.76 ^{ab}	3.07 ^b	2.40 ^{bc}	1.72 ^b
LYD	Male	5.90	3.51	2.91	2.61
	Gilt	5.80	2.81	2.50	2.26
	Mean	5.82 ^{ab}	3.00 ^b	2.61 ^b	2.36 ^{ab}

^{xy} Least-square means with different superscripts between sex are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Least-square means with different superscripts between breed are significantly different ($P < 0.05$).

Abbreviations: NPPC, National Pork Producers Council; F1, Landrace × Yorkshire; LYD, Landrace × Yorkshire × Duroc.

Table 1–2. Comparison of meat quality measurements of porcine longissimus dorsi muscle in different breeds and sex

Breed	Sex	Lightness (L^*)	Redness (a^*)	Yellowness (b^*)	Drip loss (%)	Cooking loss (%)	Shear force (N)
Landrace	Male	48.2	7.5	3.7	4.3 ^x	20.8	27.2
	Gilt	44.8	7.3	2.7	2.8 ^y	23.0	26.4
	Mean	46.6	7.5 ^{ab}	3.3	3.6 ^c	21.6	26.9
Yorkshire	Male	46.1	7.1	4.5 ^x	2.9	24.2	29.8
	Gilt	44.6	6.4	2.6 ^y	2.5	23.5	24.6
	Mean	45.1	6.8 ^{bc}	3.6	2.7 ^b	23.1	27.2
Berkshire	Male	43.4 ^x	8.1	3.0	2.1	19.5 ^x	24.3
	Gilt	47.7 ^y	7.3	3.0	2.9	26.0 ^y	23.8
	Mean	45.4	7.8 ^{ab}	3.1	2.5 ^b	22.2	24.1
Duroc	Male	44.6	7.3	3.2	1.8 ^x	19.6	24.2
	Gilt	45.2	8.2	3.6	3.6 ^y	21.5	24.0
	Mean	44.9	7.8 ^a	3.4	2.7 ^b	20.5	24.1
High-Marbling Duroc	Male	44.0	7.5 ^x	3.2	1.9	23.0	30.8
	Gilt	46.6	6.2 ^y	3.0	2.8	24.2	27.3
	Mean	45.4	6.8 ^{abc}	3.0	2.4 ^{ab}	23.9	29.0
F1	Male	47.9	5.0 ^x	2.7	2.6	28.4 ^x	32.3 ^x
	Gilt	45.6	7.0 ^y	3.4	2.7	18.8 ^y	26.5 ^y
	Mean	46.4	6.3 ^c	3.2	2.7 ^b	20.9	28.4
LYD	Male	46.7	5.7	3.8	1.4	21.7	25.4
	Gilt	47.1	5.9	3.4	1.7	21.9	26.8
	Mean	47.3	5.7 ^c	3.5	1.7 ^a	22.9	26.2

^{xy} Least-square means with different superscripts between sex are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Least-square means with different superscripts between breed are significantly different ($P < 0.05$).

Abbreviations: NPPC, National Pork Producers Council; F1, Landrace × Yorkshire; LYD, Landrace × Yorkshire × Duroc.

본 연구에서는 돈육의 품질지표 제안을 위해 다양한 평가항목을 분석하였으며, 이를 통해 항목 간 상관성 분석을 실시하여 대표 육질항목을 선정하고자 하였다 (Table 1-3). 근육의 pH_{24h} 는 육질과의 상관성이 높은 항목으로 본 실험군에서는 상강도와 육색지수 및 지방함량과 정의 상관관계를 보였으며, 유리육즙량과 가열감량과는 부의 상관관계를 나타내었다. 상강도의 경우 육색지수와 정의 상관관계를 나타냈으며, 명도와는 부의 상관관계를 나타냈다. 또한 화학적인 방법으로 측정된 지방함량과는 정의 상관관계를 나타내 주관적인 판단기준과 객관적 측정방법 간의 높은 연관성 나타냈다. 유리육즙량의 경우 명도와의 상관도를 나타냈다.

Table 1-3. Correlation coefficients (r) within meat quality measurements of porcine longissimus dorsi muscle

	NPPC marbling	NPPC color	Drip loss	Cooking loss	Lightness (<i>L</i> [*])	Redness (<i>a</i> [*])	Yellowness (<i>b</i> [*])	Shear force	Fat content
Muscle pH _{24h}	0.47 ^{***}	0.35 ^{**}	-0.30 ^{**}	-0.37 ^{**} *	-0.33 ^{**}	0.05	-0.08	-0.17	0.21 [*]
NPPC marbling		0.41 ^{***}	-0.26 ^{**}	-0.10	-0.31 ^{**}	0.29 ^{**}	0.07	-0.05	0.45 ^{***}
NPPC color			-0.11	-0.23 [*]	-0.26 ^{**}	0.29 ^{**}	-0.07	-0.16	0.40 ^{***}
Drip loss				0.16	0.49 ^{***}	0.17	0.33 ^{**}	0.07	-0.01
Cooking loss					0.35 ^{**}	-0.24 [*]	0.09	0.19	0.01
Lightness (<i>L</i> [*])						-0.38 [*]	0.43 ^{***}	-0.01	0.05
Redness (<i>a</i> [*])							0.17	-0.05	0.04
Yellowness (<i>b</i> [*])								0.04	0.18
Shear force									-0.13

Level of significance: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

Abbreviation: NPPC, National Pork Producers Council.

나. 대표 육질항목 설정 및 육량지표와의 상관관계 규명

(1) 대표 육질항목 설정 및 육량지표와의 연관성 규명

본 연구에서는 대표 육질항목 설정 및 육량지표와의 연관성 규명을 위해 품종에 따른 생체 및 도체특성을 분석하였으며, 분석된 생체 및 도체특성과 육질항목과의 상관도를 분석하였다. 성장특성과 도체특성을 분석하기 위해 실험군을 동일일령에서 도축하여 도체특성을 분석하였다(Table 1-4). 도축 전 측정된 출하 시 생체중의 경우 국내에서 일반적으로 출하되는 체중을 나타내었으며, 각 개체 간 비교적 큰 변이가 나타남을 확인할 수 있었다. 이러한 이유는 실험군의 성장특성 분석을 위해 동일 일령에서 도축된 결과로 판단되며, 각 개체 간 성장속도에 뚜렷한 차이가 있음을 확인할 수 있다.

생체중의 경우 품종 간 유의적 차이를 보였다. 비육돈의 경우 다른 품종에 비해 유의적으로 약 4~5 kg 낮게 나타냈다. 또한 비육돈을 제외한 나머지 품종은 성별 간 유의적인 차이를 보였다. 때문에 산육형질 및 육질형질의 통계분석은 도체중 보정이 되어 최소자승평균차이로 분석하였다. 생체장은 랜드레이스, 요크셔, 버크셔, F1의 체장이 다른 품종에 비해 길었다. 특히 비육돈은 다른 품종에 비해 약 5~6 cm 짧았다. 도체장의 길이는 버크셔, F1, 랜드레이스, 요크셔 순으로 나타났다. 하이마블링 듀록만이 같은 품종 내 성별간 유의적 차이를 보였다. 특히 척추수의 경우 가장 높은 수치를 나타낸 F1 품종과 가장 낮은 수치를 나타낸 하이마블링 듀록의 경우 척추수 1개 이상의 차이를 보였다.

돼지의 품종 및 성별에 따른 도체형질 분석 결과는 Table 1-5에 나타내었다. 도체중의 경우도 생체중과 마찬가지로 비육돈이 다른 품종보다 유의성 있게 약 9~10 kg 낮은 수치를 보였다. 도체율은 버크셔가 다른 품종보다 특히 2~3% 낮았다. 반면 도체중에서 가장 낮은 수치를 나타내었던 비육돈의 도체율이 가장 높았다. 이는 육량증대를 위한 품종개량의 결과로 판단되어 2차년도에 진행될 근섬유 특성(근섬유 크기, 근섬유 수 및 근섬유 유형별 조성 등)과의 상관성 분석이 필요하다고 판단된다. 등지방두께는 비육돈이 가장 두꺼웠으며 F1, 듀록, 버크셔, 랜드레이스, 하이마블링 듀록, 요크셔 순으로 두껍게 분석되었다. 등심단면적은 하이마블링 듀록이 가장 큰 것으로 분석되었으며 F1, 듀록, 버크셔 순이었다. 등심무게는 랜드레이스와 요크셔가 가장 무거웠으며, 특히 비육돈의 등심단면적 및 등심무게가 낮은 수치로 분석되었다.

Table 1–4. Comparison of live weight, body length, body width, carcass length, and backbone numbers in different breeds and sex

Breed	Sex	Live weight (kg)	Body length (cm)	Body width (cm)	Carcass length (cm)	Backbone number
Landrace	Male	123.0 ^x	124.68	-	85.6	22.4
	Gilt	118.8 ^y	120.53	34.92	83.8	22.2
	Mean	121.1 ^a	122.66 ^a	34.91	84.7 ^a	22.3 ^{ab}
Yorkshire	Male	124.4 ^x	121.07 ^x	-	84.7	21.8
	Gilt	118.1 ^y	115.98 ^y	-	83.8	22.2
	Mean	121.9 ^a	118.72 ^{ab}	-	84.3 ^a	22.0 ^{bc}
Berkshire	Male	126.4 ^x	120.74	-	84.5	22.2
	Gilt	122.7 ^y	122.06	-	85.2	22.6
	Mean	125.0 ^a	121.55 ^a	-	84.9 ^a	22.4 ^{ab}
Duroc	Male	124.7 ^x	118.03	34.92	83.7	22.1
	Gilt	117.6 ^y	119.39	34.85	83.0	22.4
	Mean	118.7 ^b	118.9 ^{bc}	34.83	83.4 ^{ab}	22.3 ^{ab}
High-Marbling Duroc	Male	123.9 ^x	118.77	35.28	81.4 ^x	21.7
	Gilt	115.8 ^y	118.31	35.46	82.5 ^y	21.9
	Mean	118.5 ^c	117.4 ^c	35.37	81.9 ^b	21.8 ^c
F1	Male	122.5 ^x	119.83	35.58 ^x	83.8	22.6
	Gilt	117.0 ^y	123.21	33.12 ^y	85.2	22.5
	Mean	122.1 ^a	121.6 ^{ab}	33.90	84.8 ^a	22.5 ^a
LYD	Male	119.2	117.97	35.86	81.9	22.0
	Gilt	117.4	117.05	35.22	84.3	22.2
	Mean	117.2 ^b	113.9 ^d	35.66	83.1 ^b	22.1 ^{abc}

^{xy} Least-square means with different superscripts between sex are significantly different ($P < 0.05$). ^{a-c} Least-square means with different superscripts between breed are significantly different ($P < 0.05$). Abbreviations: F1, Landrace × Yorkshire; LYD, Landrace × Yorkshire × Duroc.

Table 1–5. Comparison of carcass traits in different breeds and sex

Breed	Sex	Carcass weight (kg)	Carcass percentage ge (%)	Back-fat thickness (mm)	Belly weight (kg)	Loin-eye area (cm ²)	Loin weight (kg)
Landrace	Male	79.4	65.8 ^x	16.3	10.52	56.1	3.3
	Gilt	86.6	68.2 ^y	15.5	11.12	59.2	3.1
	Mean	83.2	66.9 ^{ab}	15.8 ^{ab}	11.00	57.5 ^{abc}	3.2 ^a
Yorkshire	Male	84.8	65.2 ^x	15.6	10.11 ^x	52.6	3.1
	Gilt	89.4	68.5 ^y	16.0	11.81 ^y	54.2	3.2
	Mean	87.1	66.5 ^{ab}	15.4 ^a	11.51	53.7 ^{bc}	3.2 ^a
Berkshire	Male	77.8 ^x	64.0 ^x	15.2	11.07	61.1	3.0
	Gilt	93.6 ^y	66.3 ^y	18.0	10.70	56.7	3.1
	mean	85.7	64.8 ^b	16.3 ^a	11.31	59.1 ^{ab}	3.1 ^a
Duroc	Male	77.9 ^x	64.9 ^x	15.7 ^x	10.41	60.7	3.1
	Gilt	85.0 ^y	68.8 ^y	19.5 ^y	11.20	58.8	2.9
	Mean	81.4	66.9 ^{ab}	17.6 ^a	10.84	59.8 ^{ab}	3.0 ^a
High-Marbling Duroc	Male	78.1	65.4 ^x	12.8 ^x	10.08 ^x	60.9	3.0
	Gilt	78.6	70.1 ^y	17.9 ^y	11.85 ^y	61.9	2.9
	Mean	78.4	67.9 ^a	15.5 ^b	10.72	61.3 ^a	2.9 ^a
F1	Male	84.4	66.2 ^x	19.6	11.90 ^x	59.1	3.0
	Gilt	78.6	69.3 ^y	16.7	10.42 ^y	61.3	3.1
	Mean	80.5	68.3 ^a	17.7 ^{ab}	10.86	60.5 ^a	3.1 ^a
LYD	Male	70.4	67.9	21.3	11.02	50.8	2.4
	Gilt	74.6	69.1	21.0	11.32	52.3	2.5
	Mean	72.5	69.0 ^a	21.7 ^a	10.39	51.2 ^c	2.5 ^b

^{xy} Least-square means with different superscripts between sex are significantly different ($P < 0.05$). ^{a-c} Least-square means with different superscripts between breed are significantly different ($P < 0.05$). Abbreviations: F1, Landrace \times Yorkshire; LYD, Landrace \times Yorkshire \times Duroc.

생체 및 도체형질간의 상관성 분석 결과는 Table 1-6에 나타내었다. 각 형질별 상관도를 살펴보면, 생체중이 높은 개체일수록 생체장, 생체폭, 도체중, 도체장 및 등심무게의 수치도 높은 것으로 분석되었다. 특히 생체장은 도체장과 정의 상관관계를 나타내며, 생체장이 긴 개체는 척추수도 많은 것으로 분석되었다. 이와 같이 척추수가 많은 개체는 육량증대를 위한 가축 선발에 이용 가능할 것으로 판단된다.

Table 1-6. Correlation coefficients (r) within/ between live weight and carcass traits

	Body length	Body width	Carcass weight	back-fat thickness	Carcass length	Backbone number	Loin-eye area	Loin weight	Carcass percentage
Live weight	0.65 ^{***}	0.63 ^{***}	0.93 ^{***}	0.39 ^{***}	0.52 ^{***}	0.16	-0.03	0.23 [*]	-0.12
Body length		0.17	0.65 ^{***}	0.21 [*]	0.55 ^{***}	0.31 ^{**}	0.06	0.22 [*]	0.03
Body width			0.64 ^{***}	0.34 ^{**}	0.14	0.07	-0.08	-0.16	0.02
Carcass weight				0.51 ^{***}	0.53 ^{***}	0.17	-0.02	0.18	0.24 [*]
back-fat thickness					0.26 [*]	0.19	-0.09	-0.03	0.36 ^{**}
Carcass length						0.48 ^{***}	0.03	0.18	0.07
Backbone number							0.10	0.11	0.05

Level of significance: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

돈육 품질항목과 육량지표와의 연관성을 규명하기 위해 Table 1-7에서는 항목 간 상관관계를 실시하였다. 사후초기 대사속도를 판단할 수 있는 pH45 min의 경우 생체형질인 생체중, 도체장, 척추수와 부의 상관관계를 나타냈다. 명도의 경우 척추수와 정의 상관관계를 나타냈다. 여과지 흡수법의 경우 체폭, 도체중, 척추수와 정의

상관관계를 나타냈으며, 전단력이 높은 개체는 생체중이 높은 것으로 나타났으며, 도체중과도 비슷한 경향을 나타냈다. NPPC 기준의 육색지수 및 상강도를 측정해본 결과 육색지수는 척추수와 등지방 두께와 부의 상관관계를 나타냈으며, 상강도는 도체장과 부의 상관관계를 나타내어 육량지표와의 연관성이 확인되었다.

Table 1-7. Correlation coefficients (r) between meat quality measurements, live weight, and carcass traits

	pH _{45 min}	pH _{24 h}	Drip loss	FFU	Lightness (L*)	Cooking loss	Shear force	Fat content	NPPC color	NPPC marbling
Live weight	-0.22*	-0.04	-0.07	0.14	-0.06	0.00	0.27**	0.05	0.03	0.05
Body length	-0.15	-0.06	-0.01	0.00	-0.07	-0.17	0.19	0.03	0.08	-0.02
Body width	-0.01	0.16	-0.09	0.21*	-0.04	0.12	0.31**	0.30**	0.01	0.14
Carcass weight	-0.35**	-0.13	0.07	0.21*	-0.02	-0.05	0.22*	0.12	-0.05	-0.05
Carcass percentage	-0.17	-0.19	0.05	0.03	0.07	-0.06	-0.16	0.17	-0.10	-0.17
Carcass length	-0.24*	-0.25*	0.17	0.14	-0.02	-0.10	0.23*	-0.09	-0.02	-0.37***
Backbone number	-0.21*	-0.09	0.15	0.29**	0.22*	0.03	0.00	0.04	-0.21*	-0.03
Loin-eye area	-0.05	-0.15	0.03	-0.14	-0.09	0.14	0.09	-0.19	0.06	-0.03
back-fat thickness	-0.05	0.11	0.03	0.14	0.16	-0.06	0.10	0.24*	-0.19	-0.02

Level of significance: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

Abbreviations: FFU, filter-paper uptake; NPPC, National Pork Producers Council.

(2) 사후 근육의 온도 및 산도 변화에 따른 근육의 대사변이

본 연구에서는 육질항목들의 차별화와 도축 후 대사변이 추세를 분석하기 위해 사후 근육의 온도 및 산도변화를 분석하였다. 사후초기 근육의 온도와 산도를 측정하여, 이를 근거로 대사변이 분류표를 Table 1-8에 나타내었다. 사후 45분 도체의 온도를 기준변수로 하여 high, medium, low temperature 세 그룹으로 나누었고, 그룹에 따른 pH45 min와 온도, 사후 pH24 h의 차이를 분석하였다. 또한 사후 45분 근육의 산도를 기준변수로 하여 세 그룹으로 나누고 각 그룹의 사후 pH45 min와 온도, 사후 pH24 h의 변이를 Table 1-9에 나타내었다. 육질에 영향을 주는 사후대사 변이를 가늠하기 위해 사용되는 방법 중 가장 신뢰도가 높은 것이 근육의 산도를 측정하는 것이다. 사후초기 대사속도를 가늠하기 위해 근육의 사후 pH45 min을 측정하고, 이 후 최종 pH를 측정한다. 특히 사후초기 빠른 대사속도는 빠른 젖산의 축적에 의한 급속한 근육의 산도 저하 뿐만 아니라 사후대사에 따른 열로 인하여 온도저하도 느리게 진행이 된다. 이러한 높은 온도와 근육의 낮은 산도는 심한 근육 단백질 변성을 야기시키고 이는 pale, soft, exudative (PSE)와 같은 저하된 육질을 보이는 이상돈육을 발생시킨다. 따라서 사후초기 근육의 산도와 온도는 최종육질을 가늠해볼 수 있는 항목으로 중요하다고 할 수 있다.

사후초기 근육 온도에 따른 대사변이를 살펴보면, 사후초기 온도는 사후 pH45 min에서 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 사후 pH24 h의 경우 도체의 온도가 가장 높은 High 그룹이 온도가 가장 낮았던 Low 그룹에 비해 유의적으로 높은 산도를 나타내었다. 사후초기 근육의 산도에 따른 대사변이를 보면, 유의적 차이는 나타나지 않았으나 사후초기 근육의 산도가 높을수록 사후초기 근육 온도가 낮았다. 이는 위에서 언급한 사후초기 대사에 따라 온도가 상대적으로 높게 유지되는 것이라고 생각해 볼 수 있다. 그러나 사후 pH24 h의 경우 사후초기 근육의 산도에 따른 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다.

Table 1–8. Metabolic traits in different temperature groups at 45 min postmortem

	Muscle temperature at 45 min postmortem			Level of significant
	High (37.8 ~ 40.8 °C)	Medium (34.0 ~ 37.4 °C)	Low (30.7 ~ 33.5 °C)	
At 45 min postmortem				
pH	6.27 ± 0.17 ¹	6.33 ± 0.21	6.53 ± 0.24	NS
Temperature (°C)	39.08 ^a ± 0.85	36.19 ^b ± 1.01	32.1 ^c ± 1.22	***
At postmortem 24 h				
pH	6.25 ^a ± 0.26	6.11 ^{ab} ± 0.19	6.22 ^b ± 0.10	*

Level of significance: NS = not significance, * $P < 0.05$, *** $P < 0.001$.

¹ Results are expressed mean ± SD.

^{a-c} Least-square means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

Table 1–9. Metabolic traits of different pH groups at 45 min postmortem

	Muscle pH at 45 min postmortem			Level of significant
	High (6.38 ~ 6.78)	Medium (6.08 ~ 6.36)	Low (5.44 ~ 6.06)	
At 45 min postmortem				
pH	6.52 ^a ± 0.10 ¹	6.22 ^b ± 0.08	5.94 ^c ± 0.15	***
Temperature (°C)	36.88 ± 1.96	37.96 ± 1.76	38.02 ± 1.30	NS
At postmortem 24 h				
pH	6.24 ± 0.27	6.18 ± 0.33	6.22 ± 0.24	NS

Level of significance: NS = not significance, *** $P < 0.001$.

¹ Results are expressed mean ± SD

^{a-c} Least-square means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

축산식품산업의 중요한 과제는 가축의 육량 증대와 육질의 향상이다. 가축의 육량 증대는 오랜 기간 유전 및 육종분야의 노력으로 인해 가축 성장특성에 영향을 주었으며, 그 결과 살코기형 적육생산 방향으로 발전을 이루었다. 이와 같이 육량 문제는 적육생산의 효율면에서 큰 발전을 이루었지만, 과도한 육량 증가로 인한 이상육의 발생빈도 증가를 가져오게 되었다. 최근 국내 식품 소비형태를 살펴볼 때, 소비자의 선호도는 육질이 향상된 고급육의 수요가 증가되고 있다. 따라서 돈육 생산성 증대와 더불어 고급화라는 두 가지 목표를 동시에 충족시키기 위해서는 기존의 육량 또는 육질 한 가지만 위주로 진행되던 품종개량 방법으로는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 대표 육질항목 및 육량지표의 검증과 실용화를 위한 품질 지표를 선정하여 고품질 돈육생산의 개량 기초자료로 이용하고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서는 대표 육질항목을 설정하였다.

대표 육질항목은 국제적인 표준방법을 통해 분석을 실시해야 과학적인 분석방법으로 인정되며, 1997년 OECD workshop에서 제시한 표준방법으로는 보수력(유리육즙량, 가열감량), 연도(전단력), 육색(명도, 적색도, 황색도) 등이 있다. 본 연구에서도 OECD에서 제시한 표준방법에 따라 실험을 실시하였으며, 그 외에 소비자의 관점에서 측정할 수 있는 주관적인 측정방법인 육색지수 및 상강도를 측정하였다. 이와 같이 육질항목은 객관적인 수치를 나타내는 명도, 유리육즙량 및 전단력, 그리고 주관적인 판단기준인 육색지수 및 상강도를 분석해야 소비자에 기호도에 부합할 수 있다. 따라서 본 연구에서도 이와 같은 육질항목을 기본 육질항목으로 설정하였으며, 그 외에 대사속도 및 지방함량을 설정하였다.

다. 실험군의 육질 분포에 따른 품질지표 제안

본 실험에서 실시한 객관적 및 주관적 육질실험항목을 통해 육질 분포를 조사하고 품질지표를 제안하기 위해 다양한 육질 기준을 적용하여 분석을 실시하였다. 육질의 객관적인 품질지표를 제안하기 위해 이상육 구분을 위한 일반적인 육질기준항목(Warner 등, 1997; Joo 등, 1999; Ryu 등 2005)을 이용하여 돈육질 그룹을 설정하고 분석을 실시하였으며, 고품질 돈육 생산을 위한 품질 기준을 설정하기 위해 NPPC의 기준을 수정한 새로운 품질지표를 설정하여 그룹 간 차이를 분석하였다. 또한 돈육의 육질지수를 이용하여 각 육질 그룹 및 품종간 지수의 차이를 분석하였다.

일반적인 돈육질 그룹의 구분 기준은 보수성과 육색을 이용하여 판정하며, 보수력 항목의 경우 정확도와 대표성이 우수한 bag drip 방법을 판별항목으로 이용하여 dry, normal, exudative 세 그룹으로 구분한다. 육색의 경우 돈육질 평가 시 일반적으로 이용되는 명도 항목을 이용하여 명도가 낮은 dark, 정상인 reddish-pink, 그리고 창백한 육색을 나타내는 pale 세 그룹으로 구분하였다. 이상의 육질항목으로 돈육질 그룹을 나눌 경우 pale, soft, exudative(PSE, 일명 물떼지), reddish-pink, soft, exudative(RSE, 경증의 PSE), reddish-pink, firm, non-exudative(RFN, 정상육), dark, firm, dry(DFD)로 나눌 수 있다(Figure 1-1).

Pale, soft, and exudative (PSE): drip loss > 6.0%, L* > 50

Reddish-pink, soft, and exudative (RSE): drip loss > 6.0%, L* ≤ 50

Reddish-pink, firm, and non-exudative (RFN): drip loss ≤ 6.0%, L* ≤ 50

Dark, firm, and dry (DFD): drip loss < 2.0%, L* < 43

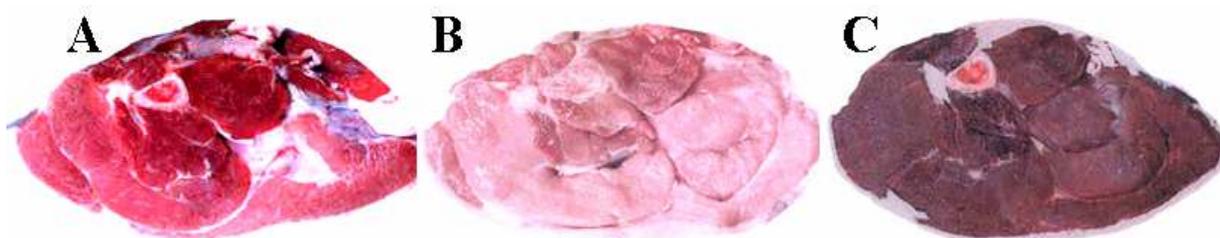


Figure 1-1. Representation of pork quality class. Desirable pork quality is shown in the ham on A. It is reddish-pink, the muscle is firm and holds its shape and has a normal amount of exudative (RFN). Undesirable pork quality is shown on B and C. The ham on B is pale, soft, and exudative (PSE) and the ham on C is dark, firm, and dry (DFD).

돈육질 그룹에 따른 도체특성 분석결과, RSE의 생체중은 다른 그룹에 비해 낮은 경향을 나타냈으나, 유의적인 차이를 나타내진 않았다. PSE육의 경우 DFD육에 비해 척추수가 높게 나타났으나 등심근 무게에서는 큰 차이를 나타내지 않았다(Table 1-10). 이와 같이 본 실험에서는 도체특성과 돈육질 그룹간에 뚜렷한 연관성을 나타내지 않았다. 도체특성 및 근육량의 경우 조직을 구성하고 있는 근섬유의 특성에 크게 영향을 받는다고 알려져 있으며, 따라서 도체특성에 대한 연구결과를 보다 심도있게 분석하고자 이후 2차년도에서는 근육 및 근섬유의 조직학적 특성분석을 실시할 예정이다.

Table 1–10. Comparison of the growth performance and carcass traits in the different pork quality classes

	PSE	RSE	RFN	DFD	Level of Significance
Live weight (kg)	124.5	104.0	120.7	123.3	NS
Carcass weight (kg)	83.50	70.00	81.14	82.81	NS
Carcass percentage (%)	67.03	67.39	67.25	67.13	NS
Back-fat thickness (mm)	19.50	14.50	17.12	17.00	NS
Backbone number	23.00 ^a	22.00 ^b	22.24 ^{ab}	21.91 ^b	*
Loin weight (kg)	3.23 ^a	3.23 ^a	2.94 ^b	3.20 ^a	*
Loin-eye area (cm²)	56.88	60.92	58.32	56.78	NS

Level of significance: NS = not significant, * $P < 0.05$.

^{a-b} Means with different superscripts between a row are significantly different ($P < 0.05$).

Abbreviations: PSE: pale, soft, and exudative; RSE: reddish–pink, soft, exudative; RFN: reddish–pink, firm, non–exudative; DFD, dark, firm, and dry.

본 실험군의 등심근을 이용하여 돈육질 그룹을 설정한 결과 RFN 79.52%, PSE 2.41%, RSE 2.41%, 그리고 DFD는 13.25%로 나타났다(Figure 1–2). 현재 국내에서 구분되는 이상돈육은 PSE육에 국한되어 있으며, 본 연구에서는 그 비율이 국내 출현율(20–30%)에 비해 월등히 낮은 경향을 나타냈는데, 조직감이 떨어지고 육즙삼출량이 높은 RSE와 함께 고려할 경우에도 본 실험군의 전체적인 육질수준은 우수한 것으로 분석되었다. 하지만 DFD의 경우 국내 돈육에서는 발생빈도가 낮는데 비해

본 실험군에서는 높게 나타났다.

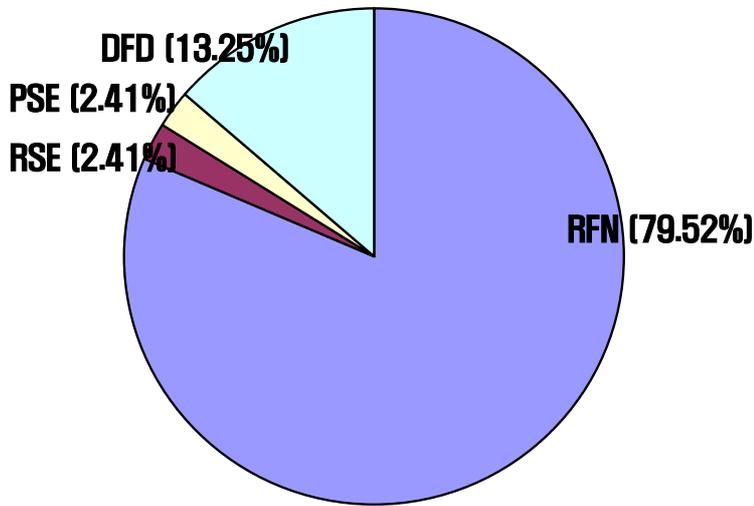


Figure 1-2. Composition of meat quality classes. Abbreviations: PSE: pale, soft, and exudative; RSE: reddish-pink, soft, exudative; RFN: reddish-pink, firm, non-exudative; DFD, dark, firm, and dry.

전체 실험군의 이화학적 특성 및 육질변이 분석을 위해 실험군을 정상육(RFN), 이상육(PSE, RSE, DFD)으로 구분하여 각 그룹간 차이를 분석하였다(Table 1-11). 사후 초기 대사속도를 예측할 수 있는 근육의 pH45 min 는 PSE에서 가장 낮은 수치를 나타냈으나, 유의적인 차이를 나타내진 않았다. 최종 pH24 h 는 PSE육이 유의적으로 가장 낮은 수치를 나타냈다.

일반적으로 이상육의 출현은 사후 근육의 온도가 높은 상태에서 빠른 pH 저하와 낮은 최종 pH에 기인한 단백질 변성으로 받아들여진다. 이상의 사후 대사 평가결과에서 나타난 바와 같이 돈육질 그룹간의 뚜렷한 사후 대사속도 차이는 단백질을 침화시켜 이상육의 밝은 육색과 많은 육즙을 형성시킨다. 본 실험군에서도 PSE육은 정상육에 비해 높은 육즙손실을 나타냈으며, 밝은 명도를 나타냈다(Table 1-11). 또한 PSE육은 주관적인 육질 분석항목인 육색 측정에서도 RSE 및 DFD와 구분되는 낮은 수치를 나타냈다. 하지만 가열감량에서는 정상육과 뚜렷한 차이를 나타내지 않았는데 이는 가열 전 육즙손실에 의한 결과라고 판단된다. 식육을 입에 넣고 저작할 때 받는 힘의 정도는 나타내는 연도의 경우 돈육질 그룹간에 뚜렷한 차이를 나타내진 않았지만, RFN육의 경우 PSE육에 비해 낮은 수치를 나타내 정상육의 연도가 PSE육에 비해 우수한 것으로 판단된다.

Table 1–11. Comparison of the postmortem metabolic rate and meat quality traits in the different pork quality classes

	PSE	RSE	RFN	DFD	Level of Significance
Postmortem metabolic rate					
Muscle pH _{45 min}	6.02	6.26	6.34	6.44	NS
Muscle pH _{24 h}	5.64 ^b	5.77 ^{ab}	5.77 ^{ab}	5.88 ^a	*
Meat quality traits					
Drip loss (%)	6.99 ^a	5.97 ^a	2.53 ^b	1.58 ^c	***
FFU (mg)	45.20 ^a	46.20 ^a	30.58 ^{ab}	17.94 ^b	***
Lightness (L^*)	51.09 ^a	47.17 ^b	46.40 ^b	41.07 ^c	***
Redness (a^*)	9.06 ^a	7.72 ^{ab}	6.74 ^b	7.71 ^{ab}	**
Yellowness (b^*)	4.97 ^a	3.39 ^{ab}	3.37 ^{ab}	2.38 ^b	*
NPPC color	1.00 ^c	2.00 ^{bc}	2.44 ^b	4.54 ^a	***
NPPC marbling	3.00	2.00	2.56	2.82	NS
Cooking loss (%)	22.67 ^{ab}	25.92 ^a	21.66 ^{ab}	17.86 ^b	**
Shear force (N)	30.50	28.09	26.40	27.43	NS

Level of significance: NS = not significant, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

^{a-c} Means with different superscripts between a row are significantly different ($P < 0.05$).

Abbreviations: PSE: pale, soft, and exudative; RSE: reddish–pink, soft, exudative; RFN: reddish–pink, firm, non–exudative; DFD, dark, firm, and dry; FFU: filter–paper fluid uptake; NPPC, National Pork Producers Council.

육질은 소비자의 판단 기준으로는 visual quality와 eating quality가 있으며 (Honikel 등, 1998)이 있으며 물리화학적인 방법을 이용한 식육의 품질 판단기준으로는 보수력, 명도, pH 및 연도 등이 있다(Warner 등, 1997). 식육의 품질은 여러

가지 인자에 의해 형성되는 복잡한 형질이기 때문에 육질에 대한 기준 설정 및 표준방법의 설정에 대한 논의는 계속되어왔으며, 고품질 돈육의 육질 기준에 대한 토의도 계속되어 왔다. 1997년 OECD에서 열린 돈육질에 관한 workshop에서 Honikel은 고품질 돈육질이란 도체중 80-100 kg일 때, 지육율은 50% 이상, 등심근의 지방함량은 최소한 1.5%가 넘어야 한다고 제시하였다. 또한 National Pork Producers Council(NPPC, 1998)에서도 고품질 돈육의 품질에 대해 설정하였는데, 고품질 돈육의 기준이 되는 품질 측정항목으로는 NPPC 육색지수, NPPC 상강도, 근육의 최종 pH, 육즙손실, 연도 및 이취를 항목으로 하였으며, 각각의 기준은 Table 1-12과 같다.

Table 1-12. Meat quality targets in the porcine longissimus dorsi muscle

Attribute	Target	Comments
NPPC color	3.0 to 5.0	Utilizing a 6-point scale
NPPC marbling	2.0 to 4.0	
Ultimate pH	5.6 to 5.9	
Drip loss	Not to exceed 2.5%	
Flavor	Robust pork flavor	No off-flavors
Tenderness	< 7 lb (3.2 kg)	Utilizing Warner-Bratzler shear force at 7 days

(National Pork Producers Council, 1998)

본 연구에서는 고품질 돈육의 새로운 품질지표를 제안하기 위해 실험군의 정상육(RFN)을 이용하여 지표를 선정하였다. 품질지표의 선정은 돈육의 NPPC 육색(3.0-5.0), 상강도(2.0-4.0) 및 육즙손실(2.5% 이하)을 기준으로 하였으며 모든 항목에서 일치된 수치를 보이는 돈육을 high quality pork(HQ pork), 그렇지 않은 돈육을 normal quality pork(NQ pork)으로 설정하였다. 본 실험군의 RFN육 중 HQ pork가 차지하는 비율은 42.42%로 나타났으며, NQ pork의 경우 57.58%로 나타났으며(Figure 1-3), 실험군에서 HQ pork가 차지하는 비율은 33.73%로 분석되었다.

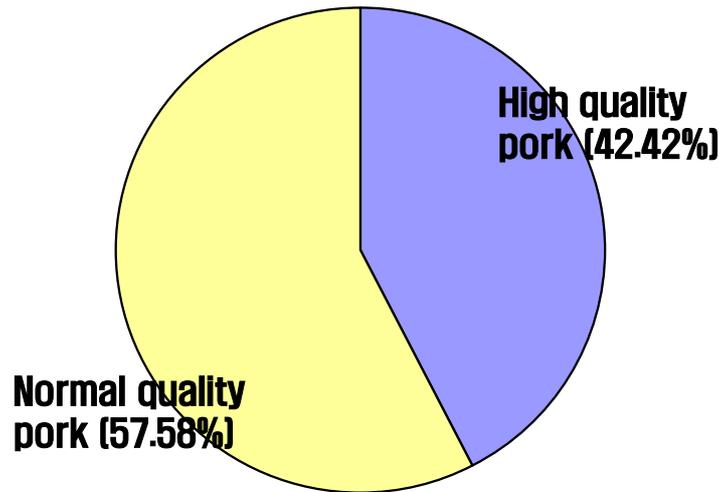


Figure 1-3. Composition of high quality meat in groups categorized by color, National Pork Producers Council marbling, and drip loss.

HQ pork의 경우 근육의 사후대사 속도를 나타내는 사후초기 및 최종 pH에서 NQ pork와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Choi 등(2005)에 의하면 PSE육의 사후 초기 및 최종 pH는 각각 5.94, 5.45이었으며, RFN의 pH는 각각 6.09, 5.61로 나타냈다고 보고하였는데, 본 실험에서의 HQ, NQ pork(5.79 vs. 5.76, respectively)의 경우 일반적인 RFN에 비해 높은 pH를 나타내 사후대사가 안정적인 것으로 판단된다. 보수력을 나타내는 육즙손실과 여과지흡수법 측정의 경우에는 HQ pork(2.20%, 26.82 mg, respectively)가 NQ pork(2.80%, 33.80 mg, respectively)에 비해 낮은 수치를 나타내는데, 일반적인 RFN육의 약 3.5%, 44.7mg(respectively)보다 낮은 수치(Choi 등, 2005)를 나타냈다. 명도에서도 HQ pork 낮은 수치를 나타냈으며, 특히 NPPC 육색의 경우에는 HQ pork에서 바람직하게 높은 수치를 나타냈으며, 상강도도 높게 나타났다. 하지만 가열감량과 전단력에서는 그룹간 유의적인 차이를 나타내진 않았다.

본 실험에서 설정한 품질지표에 대한 검증을 위해 측정형질에 대한 육질지수를 분석하였다. 육질지수는 미국 버크셔 협회의 유전능력평가 중 육질지수 측정법을 이용하였으며 다음과 같다.

$$\text{육질지수} = 50 + (\text{전체 평균 등심명도} - \text{등심명도}) + \{59.6 \times (\text{등심 pH} - \text{평균 등심 pH})\} + (9.8 \times \text{상강도} - \text{전체 평균 상강도})$$

육질그룹 간 육질지수의 경우에는 RSE돈육이 가장 낮은 수치를 나타냈으며 PSE, RFN 및 DFD간의 유의적인 차이는 없었지만, 본실험의 실험군에서 RSE 및 PSE

돈육의 비율은 각각 2.4%로 높지 않았기 때문에 그룹간 비교는 어렵다고 판단된다 (Table 1-14). 품종간에는 듀록, 하이마블링 듀록, 버크셔 순으로 높은 수치를 나타내 타 품종과 비교되는 좋은 품질을 나타내는 것으로 판단된다 (Table 1-15). 또한 본 연구에서 선정한 HQ pork의 경우에도 NQ pork와 유의적으로 높은 수치를 나타냈다 (Table 1-16).

본 실험의 연구결과를 종합하여 분석해보면, HQ pork는 정상육인 RFN에 비해서 높은 품질을 나타냈는데, 특히 안정적인 대사속도를 가지며, 짙은 육색 및 높은 상강도를 나타내는 것이 특징이며 육즙손실이 적게 나타나는 것을 특징으로 한다. 따라서 본 연구에서 설정한 고품질 돈육의 품질기준은 차년도 연구에서 진행될 육질 평가지수의 실용화 구축 및 검증에 중요한 기초자료를 제시하였다고 판단되며, 보다 효과적인 품질지표로 실용화에 기여할 것으로 기대된다.

Table 1-13. Comparison of the postmortem metabolic rate and meat quality traits in the different pork quality group in groups categorized by color, NPPC marbling, and drip loss

	High quality pork (N = 28)	Normal quality pork (N = 38)	Level of significance
Postmortem metabolic rate			
Muscle pH _{45 min}	6.33	6.35	NS
Muscle pH _{24 h}	5.79	5.76	NS
Meat quality traits			
Drip loss (%)	2.20 ^b	2.80 ^a	**
FFU (mg)	26.82 ^b	33.80 ^a	*
Lightness (L*)	44.56 ^b	47.57 ^a	***
Redness (a*)	7.34 ^a	6.38 ^b	**
Yellowness (b*)	3.10	3.54	NS
NPPC color	3.27 ^a	1.92 ^b	***
NPPC marbling	2.77 ^a	2.43 ^b	*
Cooking loss (%)	22.22	23.14	NS
Shear force (N)	27.31	25.87	NS

Level of significance: NS = not significant, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$. ^{a-b} Means with different superscripts between a row are significantly different ($P < 0.05$). Abbreviations: FFU, filter-paper fluid uptake; NPPC, National Pork Producers Council.

Table 1–14. Comparison of the meat quality index in the different pork quality classes

	PSE	RSE	RFN	DFD	Level of Significance
Meat quality index	77.59 ^a	59.04 ^b	72.21 ^a	79.07 ^a	*

Level of significance: * $P < 0.05$. ^{a-b} Means with different superscripts between a row are significantly different ($P < 0.05$). Abbreviations: PSE: pale, soft, and exudative; RSE: reddish–pink, soft, exudative; RFN: reddish–pink, firm, non–exudative; DFD, dark, firm, and dry.

Table 1–15. Comparison of the meat quality index in the different pig breeds

	Land race	York shire	Berks hire	Duro c	HM Duroc	F1	LYD	Level of Significance
Meat quality index	63.56 ^c	66.45 ^{bc}	75.91 ^{ab}	79.43 ^a	76.81 ^{ab}	69.82 ^{abc}	75.41 ^{ab}	*

Level of significance: * $P < 0.05$. ^{a-b} Means with different superscripts between a row are significantly different ($P < 0.05$). Abbreviations: HM Duroc, high marbling Duroc; F1, Landrace × Yorkshire; LYD, Landrace × Yorkshire × Duroc.

Table 1–16. Comparison of the meat quality index in the different pork quality group in groups categorized by color, NPPC marbling, and drip loss

	High quality pork	Normal quality pork	Level of significance
Meat quality index	76.21 ^a	70.34 ^b	*

Level of significance: * $P < 0.01$. ^{a-b} Means with different superscripts between a row are significantly different ($P < 0.05$).

2. 육질 평가지수의 실용화 구축

가. 근육의 조직학적, 대사적 특성을 이용한 돈육질 변이 요인 탐색

(1) 사후 대사산물의 함량변화

생체에서의 근육은 수축이나 이완, 또는 활동에 필요한 에너지를 생산하기 위해 두 가지 주요 대사과정을 이용한다(Poso & Puolanne, 2005). 첫 번째는 호기적 대사과정으로, 글루코스(glucose) 한 분자가 호기적 대사과정을 거치면 37개의 ATP (adenosine triphosphate)를 생산하며, 근육의 물리적 활동이 천천히 일어날 때, 즉 근육에 충분한 산소가 공급될 경우 에너지를 생산하는데 적합한 대사과정이다. 두 번째는 혐기적 대사과정으로, 근육의 물리적 활동이 빠르게 일어날 때, 즉 근육에 충분한 산소가 공급되지 않아 대사과정에서의 산소 이용이 제한적일 경우 에너지 생산을 위한 대사과정이다(Scheffler & Gerrard, 2007). 또한 혐기적 대사의 경우 글리코겐(glycogen)으로부터 포스포릴라아제의 작용에 의해 글루코스 한 분자가 유리되어 혐기적 대사과정을 거치면서 3개의 ATP를 생산하며 최종 산물로서 젖산(lactate)을 생성한다. 생성된 젖산은 혈액을 통해 간으로 보내지고, 간에서 글리코겐으로 재합성된다.

그러나 도축 후 방혈이 이루어지면 혈액에 의한 산소의 운반, 대사 중간산물의 이동 등이 일어나지 않는다. 혈액에 의한 산소의 운반 기능이 없다면 각 근육 조직에 산소의 공급이 원활하지 않아 혐기적 대사과정에 의한 에너지 생산이 이루어진다. 이렇게 혐기적 대사과정이 일어나면 최종 산물로 젖산이 형성되고, 이 젖산은 방혈로 인하여 다시 간으로 이동되지 못하고 근육조직에 축적된다(Poso & Puolanne, 2005). 근육조직 내에서 젖산의 축적은 근육의 산도를 저하시키며, 산도의 저하는 식육의 최종 육질에 큰 영향을 주는 요인으로 알려져 있다(Scheffler & Gerrard, 2007).

사후 대사산물 중 대사작용과 육질에 가장 큰 연관성이 있는 클리코겐과 젖산을 선정하였으며, 사후 45분의 글리코겐과 젖산의 함량을 기준으로 그룹을 나누고 각 그룹의 사후 글리코겐과 젖산의 함량 변화를 Table 2-1, Figure 2-1에 나타냈다. 45분 글리코겐의 함량에서 그룹간 유의적 차이가 나타났다. Figure 2-1을 보면, 사후 45분 글리코겐함량이 높은 그룹(GH)은 사후 45분 글리코겐함량이 낮은 그룹(GL)에 비해 유의적으로 글리코겐함량이 높았다(1.49 vs. 0.59 mg/g, $P < 0.001$). 사후 45분 젖산함량이 낮은 그룹(LL)은 사후 45분 젖산함량이 높은 그룹(LH)에 비

해 유의적으로 높은 글리코겐함량을 나타냈다(0.84 vs. 1.24 mg/g, $P < 0.05$). GH-LL 그룹은 사후 45분 글리코겐함량이 가장 높게 나타났다. 사후 45분 젖산함량에서도 그룹 간 유의적 차이가 나타났다. LH그룹은 LL그룹보다 사후 45분 젖산함량이 유의적으로 높았으며(6.83 vs. 4.33 mg/g, $P < 0.001$), GL그룹은 GH그룹보다 다소 높은 젖산함량 수치를 나타냈다(5.87 vs. 5.29 mg/g). GH-LL그룹은 가장 낮은 사후 45분 젖산함량을 나타냈다. 일반적으로 글리코겐함량은 많은 요인에 의해 영향을 받는데(Fernandez와 Tornberg, 1991), 그 요인으로는 품종(Monin 등, 1987), 사료(Briskey 등, 1959, 1960), 도축전 가축의 취급(Hambrecht 등, 2005; Perez 등, 2002), 그리고 근육의 위치(Hambrecht 등, 2005) 등이 있다. 따라서 본 연구에서는 같은 품종의 돼지를 이용하였고, 도축전과 후의 처리를 모두 같게 하였다. 또한 각 도체의 같은 위치에서 시료를 채취하였다.

Yla-Ajos 등(2007)의 연구에 따르면 사후강직이 완료된 후에는 돈육에서 글리코겐함량 차이가 없고, Neath 등(2007)의 연구결과도 사후 48시간이 지난 후 버팔로와 소에서 각 축종의 글리코겐과 젖산함량 차이가 없다고 하였다. 이번 연구결과에서도 사후 24시의 돈육에서 글리코겐과 젖산의 유의적 함량차이가 없는 것으로 나타났다. Kyla-Puhju 등(2004)에 따르면 사후 혐기적 대사에 의해 글리코겐의 함량은 시간이 지나면서 감소하지만 젖산의 함량은 증가한다고 보고하였다. 따라서 사후 45분 낮은 글리코겐함량과 높은 젖산함량을 보이는 근육의 경우 사후대사가 빠르게 일어난 것으로 판단할 수 있다. 본 연구에서의 GL-LH그룹은 사후 45분의 글리코겐함량이 낮고 젖산함량이 높아 빠른 사후대사가 진행되었으며, 반대로 GH-LL 그룹은 사후대사가 느리게 진행된 것으로 보인다.

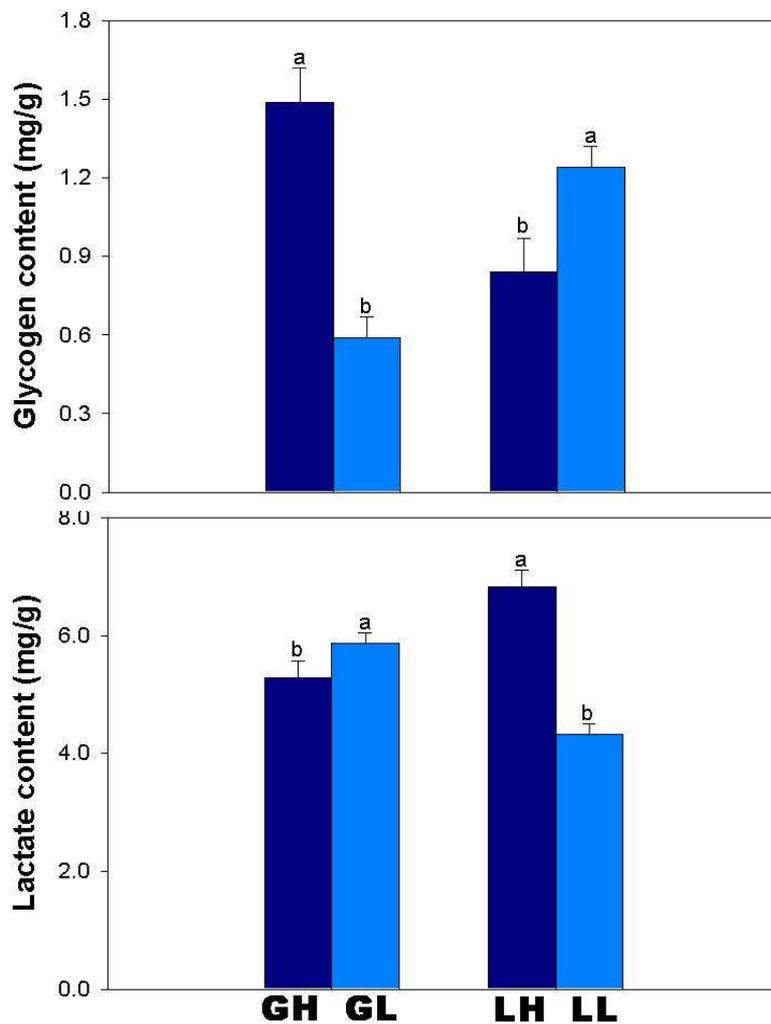


Fig. 2-1. Metabolite content at 45 min postmortem in groups categorized by glycogen and lactate content measured at 45 min postmortem. Bar indicates SE. Different letters on the bars denote significant differences ($P < 0.05$). Abbreviations: GH, high glycogen content group; GL, low glycogen content group; LH, high lactate content group; LL, low lactate content group.

Table 2–1. The content and change values of glycogen and lactate in groups categorized by glycogen (GC) and lactate content (LC) measured at 45 min postmortem

GC	High		Low		Level of significance		
	High (N = 7)	Low (N = 19)	High (N = 19)	Low (N = 18)	GC	LC	GC × LC
Glycogen content (mg/g)							
45 min postmortem	1.20 ^b (0.23) ¹	1.78 ^a (0.11)	0.48 ^c (0.11)	0.70 ^{bc} (0.11)	***	*	NS
24 h postmortem	0.24 (0.06)	0.30 (0.03)	0.24 (0.03)	0.27 (0.03)	NS	NS	NS
Glycogen change value ²	0.96 ^b (0.22)	1.48 ^a (0.10)	0.24 ^c (0.10)	0.43 ^c (0.11)	***	*	NS
Lactate content (mg/g)							
45 min postmortem	6.59 ^a (0.51)	3.98 ^c (0.24)	7.06 ^a (0.24)	4.67 ^b (0.25)	†	***	NS
24 h postmortem	8.42 (0.44)	8.09 (0.21)	8.07 (0.21)	7.64 (0.21)	NS	NS	NS
Lactate change value ³	1.83 ^c (0.41)	4.12 ^a (0.20)	1.01 ^c (0.20)	2.97 ^b (0.20)	***	***	NS

¹ Standard error of least–square means.

Level of significance: NS = not significance; † $P < 0.1$, * $P < 0.05$, *** $P < 0.001$.

^{a-c} Least–square means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

² Glycogen change value = glycogen measured at 45 min – glycogen measured at 24 h postmortem.

³ Lactate change value = lactate measured at 24 h – lactate measured at 45 min postmortem.

(2) 사후 대사산물, 조직학적 특성의 연관성 분석

골격근은 근섬유로 구성되어 있으며, 근섬유는 일반적으로 유형 I, IIA, IIB로 구분된다. 이러한 근섬유 유형은 서로 다른 생화학적 특성을 가진다(Schiaffino & Reggiani, 1994, 1996). 근섬유 유형 I은 근수축 속도가 느리며 호기적 대사 특성이 강하고 글리코겐함량이 낮다. 반면에 근섬유 유형 IIB는 근수축 속도가 빠르며 혐기적 대사 특성이 강하고 글리코겐함량이 높다. 유형 IIA는 유형 I과 IIB의 중간적 특성을 나타낸다(Karlsson, Klont & Fernandez, 1999; Schiaffino & Reggiani, 1996). 따라서 각기 다른 근섬유 조성을 가지는 근육은 사후대사가 다르게 나타나며, 이는 최종 육질에 까지 영향을 준다(Ryu & Kim, 2005). 본 연구에서는 사후 대사산물과 근육의 조직학적 특성간의 연관성을 분석하기 위해 글리코겐과 젖산의 함량에 따른 근섬유 조성의 차이를 Figure 2-2와 Table 2-2에 나타냈다. GH그룹은 GL그룹에 비해 근섬유 유형 IIB의 면적(88.69 vs. 86.19%, $P < 0.05$)과 수 조성비율(82.96 vs. 79.22%, $P < 0.05$)이 높았다(Figure 2-2). LL그룹과 비교했을 때, LH그룹은 유형 IIB의 면적(89.47 vs. 85.36%, $P < 0.001$)과 수 조성비율(83.74 vs. 78.44%, $P < 0.01$)이 높았고, 반면에 유형 I의 면적(5.11 vs. 8.01%, $P < 0.001$)과 수 조성비율(6.89 vs. 10.65%, $P < 0.01$)은 낮았다. GH-LH그룹은 근섬유 유형 I의 비율이 가장 낮았고, 유형 IIB의 비율이 가장 높았다. GH-LL그룹은 GL-LH그룹에 비해 근섬유 유형 IIB의 면적(84.92 vs. 86.47%)과 수 조성비율(78.42 vs. 79.98%)이 낮았으며, 유형 I의 면적(8.47 vs. 6.12%)과 수 조성비율(10.98 vs. 7.77%)은 높았다.

근섬유 유형 I은 근섬유 유형 IIB에 비해 미토콘드리아와 미오글로빈함량이 높으며 산화적 효소의 활성이 높다(Nemeth & Lowry, 1984). 반면에 젖산 탈수소효소(lactate dehydrogenase), 피루브산 키나아제(pyruvate kinase)와 같은 혐기적 효소의 활성은 낮으며 글리코겐의 함량도 낮다(Briand 등, 1981; Monin 등, 1987; Talmant 등, 1986). 또한 본 실험의 선행연구로 Choi 등(2006)에 따르면 근섬유 유형 I은 근섬유 내 주요단백질인 myosin heavy chain(MHC) 중 MHC 1을 많이 포함하고, 근섬유 유형 IIB는 MHC 2B형을 많이 포함한다고 하였으며, 이러한 MHC는 사후 변화 및 육질에 영향을 주는 것으로 보고하였다(Bowker 등, 2004; Depreux 등, 2002; Eggert 등, 2002). MHC와 사후 대사산물과의 연관성 분석 결과(Choi 등, 2007), MHC IIB는 글리코겐함량과 부의 상관관계를 가지며, 젖산함량과 정의 상관관계를 가진다고 알려져 있다. 본 연구에서도 근섬유 유형 IIB의 조성비율이 높고 유형 I의 조성비율이 낮은 근육이 사후 초기 글리코겐함량이 낮고 젖산함량이 높았으며, 유형 I의 조성이 높은 근육은 사후 초기 글리코겐과 젖산 함량이 낮은 것으로 분석되었다. 따라서 근육의 조직학적 특성은 근육의 특성과 연관성이 있으며, 사후 대사산물인 글리코겐과 젖산과도 연관성이 있다고 판단된다.

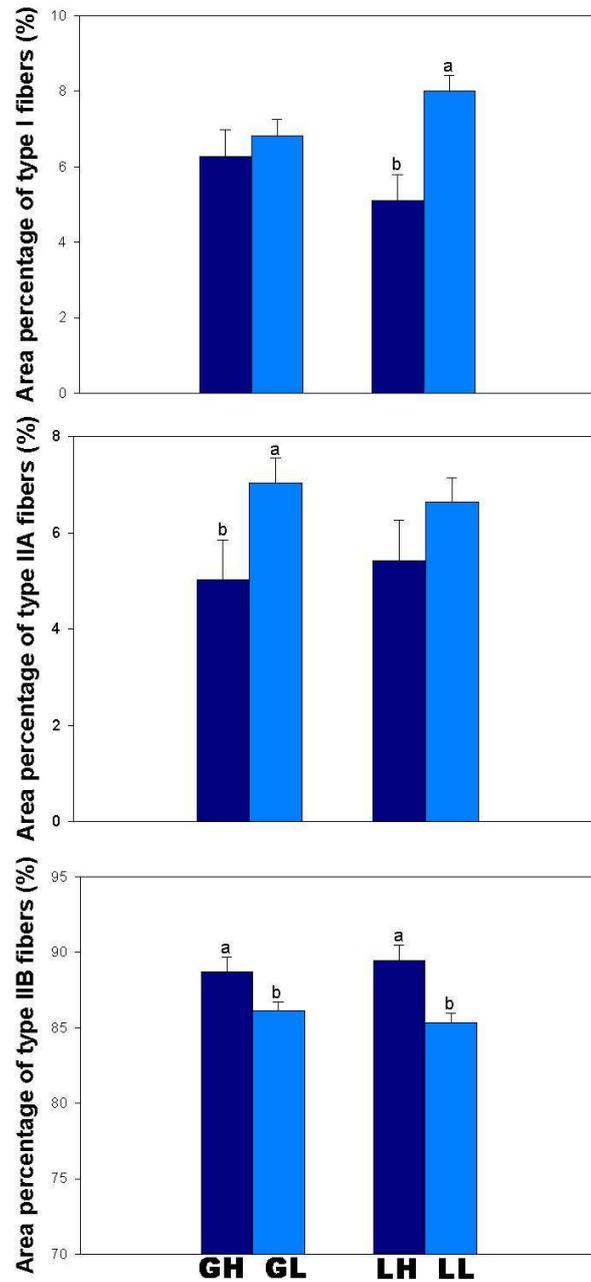


Fig. 2-2. Area percentages of muscle fiber types in groups categorized by glycogen and lactate content measured at 45 min postmortem. Bar indicates SE. Different letters on the bars denote significant differences ($P < 0.05$). Abbreviations : GH, high gly cogen content group; GL, low glycogen content group; LH, high lactate content group; LL, low lactate content group.

Table 2–2. Muscle fiber type composition in groups categorized by glycogen (GC) and lactate content (LC) measured at 45 min postmortem

GC	High		Low		Level of significance		
LC	High	Low	High	Low	GC	LC	GC × LC
Muscle fiber area composition (%)							
Type I	4.10 ^c (1.25) ¹	8.47 ^a (0.59)	6.12 ^{bc} (0.59)	7.55 ^{ab} (0.61)	NS	***	†
Type IIA	3.43 ^b (1.51)	6.62 ^{ab} (0.71)	7.42 ^a (0.71)	6.66 ^{ab} (0.73)	*	NS	*
Type IIB	92.47 ^a (1.78)	84.92 ^b (0.84)	86.47 ^b (0.84)	85.79 ^b (0.87)	*	***	**
Muscle fiber number composition (%)							
Type I	6.01 ^b (1.73)	10.98 ^a (0.82)	7.77 ^b (0.82)	10.31 ^a (0.84)	NS	**	NS
Type IIA	6.49 ^b (2.52)	10.60 ^{ab} (1.19)	12.25 ^a (1.19)	11.23 ^{ab} (1.22)	†	NS	NS
Type IIB	87.51 ^a (2.67)	78.42 ^b (1.26)	79.98 ^b (1.26)	78.45 ^b (1.29)	*	**	*

¹ Standard error of least-square means.

Level of significance: NS = not significance; † $P < 0.1$, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

^{a-c} Least-square means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

(3) 대사산물 함량에 따른 사후 초기 대사속도 비교

근육의 사후 45분 pH(pH45 min)와 R-value는 근육의 사후 초기 대사속도를 가늠해 볼 수 있는 유용한 평가항목이다(Honikel & Fischer, 1977; Sellier & Monin, 1994). 근육의 사후 45분 pH는 사후대사에 따른 근육 조직내 젖산의 축적으로 저하되는 pH를 측정함으로써 사후대사 속도를 가늠해 볼 수 있으며, R-value는 하이포크산틴(hypoxanthine)과 아데노신(adenosine)의 비율로 정의(하이포크산틴/아데노신) 되고, 하이포크산틴이란 ATP의 분해산물로서 R-value 값이 높을수록 사후초기 대사속도가 빠르게 진행되었다고 판단한다. Ryu와 Kim (2006)에 따르면 근육의 pH45 min과 R-value를 기준으로 정상 사후대사 속도그룹(normal-glycolyzing group; pH45 min \geq 5.8, R-value $<$ 1.05)과 빠른 사후대사 속도그룹(fast-glycolyzing group; pH45 min $<$ 5.8, R-value $>$ 1.05)으로 나눌 수 있다. GH-LL그룹의 pH45 min은 GH-LH그룹에 비해 유의적으로 높았다(6.23 vs. 5.94, $P <$ 0.05). GL-LH그룹과 GH-LH그룹간 pH45 min의 유의적 차이는 없었다. GH-LL 그룹과 GL-LL그룹(각각 0.90과 0.96)은 GH-LH그룹과 GL-LH그룹(각각 1.17과 1.21)에 비해 R-value가 유의적으로 낮았다.

근육의 pH45 min은 사후 45분 젖산함량과 부의 상관관계, 글리코겐함량과 정의 상관관계를 가진다. 또한 R-value는 사후 45분 젖산함량과 정의 상관관계를 가지며 글리코겐함량과는 부의 상관관계를 가진다(Ryu 등, 2005). 본 연구에서도 사후 45분 젖산함량이 높은 근육은 젖산함량이 낮은 근육에 비해 사후대사속도가 빨랐으며, 사후 45분 글리코겐함량이 낮았던 근육 역시 글리코겐함량이 높은 근육에 비해 빠른 사후대사속도를 보였다. 그러나 초기 글리코겐함량이 낮더라도 젖산의 함량도 낮은 근육은 정상적인 사후대사속도를 나타냈다. 이것은 근섬유 구성에 의해서 부분적으로 설명이 가능하다. Table 2-2와 2-3을 비교해보면 근섬유 유형 I의 조성비율이 높은 근육은 정상적인 사후 초기대사속도를 보이는 것에 비해 근섬유 유형 IIB의 조성비율이 높은 근육은 빠른 사후 초기대사속도를 보인다.

Henckel 등(2000)의 연구를 보면 사후 초기 글리코겐함량이 높을수록 사후강직 이후의 pH (pH24 h)는 낮아진다. Van Laack과 Kauffman (1999)의 연구에서도 glycolytic potential(GP)이 높을수록 pH24 h가 낮았다. 본 연구결과 사후 45분 글리코겐함량이 높은 GH-LH그룹과 GH-LL그룹은 글리코겐함량이 낮은 GL-LH그룹과 GL-LL그룹에 비해 pH24 h가 유의적으로 낮게 나타났다.

Table 2–3. Postmortem glycolytic rate in groups categorized by glycogen (GC) and lactate content (LC) measured at 45 min postmortem

GC	High		Low		Level of significance		
	LC	High	Low	High	Low	GC	LC
Muscle pH _{45 min}	5.94 ^b (0.12) ¹	6.23 ^a (0.05)	5.91 ^b (0.05)	5.99 ^b (0.06)	†	*	NS
Muscle pH _{24 h}	5.43 ^b (0.06)	5.54 ^b (0.02)	5.62 ^a (0.03)	5.62 ^a (0.03)	***	NS	NS
Muscle pH change value ²	0.51 ^{ab} (0.13)	0.68 ^a (0.05)	0.33 ^b (0.06)	0.36 ^b (0.06)	**	NS	NS
<i>R</i> -value	1.17 ^a (0.06)	0.90 ^b (0.03)	1.21 ^a (0.03)	0.96 ^b (0.03)	NS	***	NS

¹ Standard error of least-square means.

Level of significance: NS = not significance; † $P < 0.1$, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

^{a-c} Least-square means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

² Muscle pH change value = pH measured at 45 min – pH measured at 24 h postmortem.

(4) 대사산물 함량과 육질특성과의 연관성 분석

사후 45분 글리코겐과 젖산함량에 따른 육질변이를 Table 2-4에 나타냈다. 사후 45분 명도에서는 그룹간 차이가 없었으나, 사후 24시 명도에서는 GH-LH그룹의 수치가 가장 높았으며(50.49, $P < 0.05$), GL-LL그룹의 수치가 가장 낮았다(46.19, $P < 0.05$). GH-LL그룹과 GL-LH그룹은 사후 24시 명도에서 유의적 차이가 나타나지 않았으나, 육색변화수치(color change value)에서는 GH-LL그룹이 가장 높았고, GL-LH그룹이 가장 낮았다(9.56 vs. 5.27, $P < 0.05$). 보수력 측정에서는 GH-LH그룹이 여과지흡수법과 육즙손실량에서 가장 높은 수치를 보여 보수력이 가장 떨어지는 것으로 나타났다(각각 78.45 mg과 6.63%). 그러나 GH-LH그룹을 제외한 다른 그룹간에는 유의적 차이가 나타나지 않았다. Ryu와 Kim (2006), Warner 등(1997)에 따르면 돈육의 육질등급(quality class)은 명도와 육즙손실량을 기준으로 구분하며, 아래의 육질등급 기준에 의하면 GH-LH그룹은 PSE이며, 이를 제외한 그룹들은 모두 RFN이다.

단백질 변성정도를 알아보기 위해 단백질 용해도를 측정하여 그룹별로 나타내었다. GH-LH그룹의 단백질 용해도는 가장 낮은 수치를 보였으며, GH-LL그룹은 가장 높은 수치를 나타냈다. 그러나 GL-LH그룹과 GL-LL그룹간 유의적 차이는 없었다. Bendall과 Wismer-Pedersen(1962)에 따르면 PSE육은 육즙손실량이 많고 창백한(pale) 육색을 가진다고 하였고, Briskey(1964)와 Bowker 등(2000)은 PSE육의 주요 발생원인은 빠른 사후대사속도 때문이라고 하였다. 또한 Bendall과 Swatland (1988)의 연구에 의하면 PSE육은 도축시 이상적으로 높은 글리코겐함량을 보이고, 앞서도 언급했듯이 Van Laack과 Kauffman(1999)의 연구에서도 PSE육은 글리코겐 잠재가능함량과 사후 24시 젖산함량이 매우 높게 나타났다. Ryu 등(2006)은 빠른 사후대사속도를 보이는 근육은 정상사후대사속도를 보이는 근육에 비해 유의적으로 사후 45분 글리코겐함량이 낮고, 명도, 육즙손실량, 과도한 단백질 변성정도를 보인다고 하였다. 이러한 결과는 글리코겐과 젖산의 함량, 그리고 근섬유 구성에 의해 설명이 가능하다. 본 연구결과, 사후 45분 글리코겐함량이 낮더라도 젖산의 함량이 낮은 근육은 젖산함량이 높은 근육에 비해 단백질 용해도가 높고, 명도와 육즙손실량이 낮았다. 또한 이러한 근육은 글리코겐과 젖산의 함량이 높은 근육에 비해서 근섬유 유형 I의 조성비율이 높고, 유형 IIB의 조성비율이 낮았다.

Table 2–4. Meat quality measurements in groups categorized by glycogen (GC) and lactate content (LC) measured at 45 min postmortem

GC LC	High		Low		Level of significance		
	High	Low	High	Low	GC	LC	GC × LC
Meat quality traits							
L^* at 45 min postmortem	41.53 (1.89) ¹	39.58 (0.89)	42.96 (0.89)	40.82 (0.92)	NS	NS	NS
L^* at 24 h postmortem	50.49 ^a (0.91)	47.69 ^b (0.43)	47.51 ^b (0.43)	46.19 ^c (0.44)	***	**	NS
Color change value (ΔE^*) ²	9.29 ^a (1.21)	9.56 ^a (0.57)	5.27 ^b (0.57)	5.99 ^b (0.58)	***	NS	NS
FFU (mg) ³	78.45 ^a (11.28)	37.84 ^b (5.32)	44.40 ^b (5.32)	38.18 ^b (5.47)	*	**	*
Drip loss (%)	6.63 ^a (1.12)	4.13 ^b (0.53)	4.16 ^{ab} (0.53)	3.91 ^b (0.54)	†	†	NS
Protein solubility (mg/g)							
Sarcoplasmic protein	62.05 ^b (2.89)	71.91 ^a (1.36)	69.53 ^a (1.36)	71.46 ^a (1.40)	†	**	*
Myofibrillar protein	116.8 ^b (5.56)	126.2 ^a (2.62)	118.0 ^b (2.62)	121.7 ^{ab} (2.70)	NS	†	NS
Total protein	178.9 ^c (7.00)	198.1 ^a (3.30)	186.9 ^{bc} (3.30)	193.1 ^{ab} (3.39)	NS	**	NS

¹ Standard error of least–square means. Level of significance: NS = not significance; † $P < 0.1$, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

^{a–c} Least–square means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

² Color change value (ΔE^*) = $\sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ ³ FFU = filter–paper fluid uptake.

본 연구의 실험결과를 종합해보면 사후 45분의 글리코겐함량 적고 젖산의 함량이 많을수록 사후 초기 대사속도가 빠르며, 글리코겐과 젖산함량이 모두 높은 근육은 빠른 사후대사속도와 더불어 창백한 육색, 많은 육즙손실량, 그리고 과도한 단백질 변성이 일어났다. 또한 글리코겐과 젖산함량이 낮은 근육은 글리코겐과 젖산함량이 높은 근육에 비해 근섬유 유형 IIB의 조성비율이 높고, 유형 I의 조성비율이 낮았다. 결론적으로 사후 글리코겐과 젖산의 함량은 사후대사변이와 육질변이를 설명할 수 있는 항목이며, 이는 부분적으로 근섬유 조성에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다.

나. 제안 품질지표를 이용한 육질 평가지수 제안

본 실험에서는 1차년 연구결과에서 제안된 품질 지표를 이용해 육질 평가지수를 제안하기 위하여 돈군의 대표 육질항목 측정결과에 대한 주성분분석과 인자분석을 실시하였다. 주성분분석은 여러 개의 변수들이 내포된 다변량 자료를 분석하는 방법 중 하나이며 그 자료의 구조와 해석이 복잡하고 애매한 경우에 실시한다. 이러한 상황에서 원 변수들의 몇 개의 일차 결합을 통해 간단한 구조를 갖도록 축약하게 되면 다변량 자료의 분석 및 이해에 도움이 된다. 먼저 공분산 행렬(Covariance matrix)을 최대한 설명하는 몇 개의 일차결합을 주성분(principal component)라 부르는데 이러한 주성분을 구하고 해석 하여 원 자료를 축약하는 방법을 말한다.

인자분석은 서로 상관관계를 맺고 있으나 직접적으로 해석하기 어려운 자료나, 여러 변수들 간의 구조적 연관관계를 파악하는데 용이하며 변수들의 저변 구조를 이해하기 위해 개념상의 의미를 부여 하려 할 때 사용 된다. 또한 원래의 변수들 보다 훨씬 적은 개수의 공통인자를 상정하여, 이들을 통해 분석하고자 하는 통계적 방법이다.

(1) 주성분 분석에 의한 육질 평가지수의 고안

최종 육질은 복잡한 이화학적 요인으로 설명되는 최종 형질의 질적 자료이다. 이러한 최종 육질을 나타내는 육질 항목의 측정은 일반적으로 다양한 측정항목이 존재하며 국제적으로 공인되고 있는 대표 육질항목으로는 1997년 OECD workshop에서 제시한 보수력(유리육즙량, 가열감량), 연도(전단력), 육색(명도, 적색도, 황색도) 등이 있다. 이러한 육질 항목 뿐 만 아니라 도체의 사후대사 속도와 범위를 나타낼

수 있는 근육 산도(pH)등이 자료로 활용되고 있다. 본 실험에서는 육질을 종합적으로 육질을 판단할 수 있는 육질 항목을 선정하고 이들의 복잡한 상관관계 및 연관성을 분석하여 자료를 축약하고 단순화 시킬 목적으로 주성분 분석을 실시하였다. 본 실험에 사용된 돼지 두수는 총 261두였으며 대표 육질항목 당 기초 통계량을 Table 2-5에 나타내었다.

육질 평가지수는 육질 평가를 용이하고 편리하게 하기 위함이며, 임의 항목의 측정값을 선형변환 시켜 수식화하여 이용할 수 있다. 따라서 다차원 자료의 단순화를 통해 서로 상관되어 있는 변수들간의 복잡한 구조의 분석이 선행되어야 한다. 수식의 도출에 있어 변수들을 선형변환 시켜 독립적인 인공변수들의 도출은 필수적이다. 본 연구에서는 다변량 자료의 통계적 분석 방법으로 주성분 분석을 실시하였으며 표본상관행렬(Correlation matrix), 고유값(Eigen values of the Correlation Matrix) 고유벡터(Eigen vectors)의 결과를 Table 2-6~2-8에 나타내었다.

주성분(principal component) 분석을 위한 가중계수는 일반적으로 공분산행렬에 대한 고유값 분해를 이용해서 구하나 본 연구에서는 측정자료 특성상 상관행렬(Correlation matrix)에 대한 고유값의 분해를 이용해 구하였다. 상관행렬은 척도의 불변성으로 인해 측정단위와는 무관하게 주성분 분석을 실시하기 위함이었다. 모든 주성분의 고유값을 선택하여 자료를 설명하려고 하면 본래 주성분 분석의 목적인 자료의 평면화 및 자료의 축약이라는 목적과 상반된다. 상관행렬로 고유값을 구한 경우에는 고유값 1 이상 되는 성분을 주성분으로 채택하는 것이 보통이다. 하지만 본 연구의 목적은 다양한 육질 항목들의 측정값을 통해 육질을 대표 할 수 있는 육질 평가지수를 고안 하는 것이므로 주성분을 제3 주성분까지 채택하여 자료를 설명하였다.

Table 2-7은 각 주성분별로 고유값과 그에 대한 분산을 나타내었다. 제1 주성분은 명도, 유리 육즙량이 사후 근육내 산도, NPPC 육색 및 마블링 점수와 차이를 나타내는 것이고 제2 주성분은 pH24 h, 명도, 마블링 점수와 사후 초기 산도인 pH45 min, 유리육즙량, NPPC 육색과의 차이, 그리고 제3 주성분은 사후 근육의 산도와 명도, 유리육즙량, NPPC 육색, 마블링과의 차이를 나타내는 것이다. 주성분 1, 2, 3의 고유값 누적 분포를 살펴보면 각각 0.5770, 0.1331, 0.1060 으로 전체 자료의 변이의 81.61%를 설명 될 수 있음을 나타낸다. 제4 주성분은 pH45 min 과 마블링 점수를 나타내는 고유벡터로 사후 초기 산도와 마블링 점수와의 관계로 해석 할 수 있으며 제5 주성분은 명도와 명도를 제외한 육질 항목간의 대조적인 경향으로 해석 할 수 있다. 제5성분은 명도와 NPPC 육색 점수와의 관계를 나타낸 자료로 해석이 가능하다.

Table 2-5. Simple Statistics of meat quality measurements

	N	Mean	Standard deviation	Sum	Minimum	Maximum
Muscle pH _{45 min}	261	6.02	0.37	1572.0	5.31	6.93
Muscle pH _{24 h}	261	5.74	0.16	1497.0	5.05	6.12
Lightness (L^*)	261	47.92	3.47	12507	35.82	59.50
Drip loss (%)	261	4.22	2.50	1102.0	0.70	11.34
NPPC ^a color	261	2.65	0.71	690.40	1.00	5.50
NPPC marbling	261	2.12	0.76	553.80	1.00	4.30

^a National Pork Producers Council (NPPC, 1998)

Table 2-8은 주성분의 고유벡터를 나타낸 결과로 주성분의 성격으로 분석할 수 있다. 주성분 분석은 일반적으로 제1 주성분에 큰 중점을 두고 분석하는데 제1 주성분의 고유벡터는 다른 변수들간의 상관성이 클수록 더 큰 값을 갖는 경향을 보인다. 본 연구에서는 측정 항목간 척도 및 스케일이 다르기 때문에 상관행렬을 사용하여 고유벡터를 구했으며 이는 공분산분석으로 분석을 수행 했을 시 보다 자료 구조상 자료를 좀 더 세밀하게 분석을 요하기 때문이다.

Table 2-6. Correlation coefficients (r) between meat quality measurements

	pH _{24h}	L^*	Drip loss	NPPC color	NPPC marbling
pH _{45 min}	0.43 ^{***}	-0.55 ^{***}	-0.62 ^{***}	0.48 ^{***}	0.40 ^{***}
pH _{24 h}		-0.33 ^{***}	-0.52 ^{***}	0.37 ^{***}	0.40 ^{***}
L^*			0.59 ^{***}	-0.74 ^{***}	-0.36 ^{***}
Drip loss				-0.58 ^{***}	-0.47 ^{***}
NPPC ^a color					0.46 ^{***}

Level of significance: *** $P < 0.05$.

^a National Pork Producers Council (NPPC, 1998)

Table 2-7. Eigenvalues of the correlation matrix

	Eigenvalues	Difference	Proportion	Cumulative
Principal component				
1	3.462067	2.663366	0.5770	0.5770
2	0.798701	0.162717	0.1331	0.7101
3	0.635984	0.123043	0.1060	0.8161
4	0.512941	0.167112	0.0855	0.9016
5	0.345828	0.101349	0.0576	0.9593
6	0.244479	.	0.0407	1

Table 2-8. Eigenvectors of principal component in meat quality traits

	principal component					
	1	2	3	4	5	6
pH _{45 min}	0.414298	-0.00223	-0.37379	0.702609	0.397487	0.192289
pH _{24 h}	0.348528	0.657517	-0.35218	-0.51343	0.237987	-0.04384
L*	-0.431818	0.506591	0.034045	0.187457	-0.18393	0.697689
Drip loss	-0.452943	-0.06381	0.190427	-0.12267	0.859764	0.016314
NPPC ^a color	0.435427	-0.40014	0.210828	-0.37912	0.086113	0.674312
NPPC marbling	0.354493	0.383213	0.808935	0.220931	0.070189	-0.13918

^a National Pork Producers Council (NPPC, 1998)

위에서 선정한 주성분을 통해 산출하는 점수 계산식을 Table 2-9에 나타내었다. 상관행렬에 기초하여 주성분분석을 수행하였기 때문에 분산이 1이 되도록 표준화된

변수 벡터 $z=(z_1, z_2, \dots, z_5, z_6)$ 를 분석 대상으로 분석하였으며 각 주성분의 주성분 점수는 다음과 같이 계산된다.

Table 2-9. principal component score calculation

Principal component 1
$= 0.4143 \times [(pH_{45 \text{ min}} - 6.02)/0.373] + 0.3485 \times [(pH_{24 \text{ h}} - 5.74)/0.162] - 0.4318 \times [(L^* - 47.91)/3.466]$ $- 0.4529 \times [(Drip \text{ loss} - 4.22)/2.50] + 0.4354 \times [(NPPC \text{ color} - 2.65)/0.712] + 0.3544 \times [(NPPC \text{ marbling} - 2.12)/0.76]$
Principal component 2
$= - 0.0022 \times [(pH_{45 \text{ min}} - 6.02)/0.373] + 0.6575 \times [(pH_{24 \text{ h}} - 5.74)/0.162] - 0.5065 \times [(L^* - 47.91)/3.466]$ $- 0.0638 \times [(Drip \text{ loss} - 4.22)/2.50] - 0.4001 \times [(NPPC \text{ color} - 2.65)/0.712] + 0.3832 \times [(NPPC \text{ marbling} - 2.12)/0.76]$
Principal component 3
$= - 0.3738 \times [(pH_{45 \text{ min}} - 6.02)/0.373] - 0.3521 \times [(pH_{24 \text{ h}} - 5.74)/0.162] + 0.0340 \times [(L^* - 47.91)/3.466]$ $+ 0.1904 \times [(Drip \text{ loss} - 4.22)/2.50] + 0.2108 \times [(NPPC \text{ color} - 2.65)/0.712] + 0.8089 \times [(NPPC \text{ marbling} - 2.12)/0.76]$

주성분 분석에 의한 점수 산출은 다양한 육질항목에 대한 주성분의 설명가능지수를 말한다. 따라서 제1에서 제3 주성분은 자료들의 상관관계 및 구조 해석에는 용이하나 척도화된 특정 점수를 나타냄에 있어서는 부족하다.

(2) 인자분석을 통한 육질지수의 고안

인자분석의 주성분분석법은 단순히 처음 설정된 주성분의 계수를 척도화하여 인자적재행렬의 추정값을 얻은 방법이다. 계산이 간단하다는 장점이 있어 본 연구에서는 주성분분석을 토대로 인자분석의 주성분분석법을 이용해 요인점수(factor score)를 산출하여 육질 평가지수 고안에 도입하고자 하였다. 인자분석 모형 중 변수와 인자사이의 인과관계를 표현하는 방정식 체계를 나타내는 것을 인자패턴(factor pattern)이라고 하며 이때 선형결합에 사용된 가중계수를 인자적재(factor loading)이라 한다. 인자 패턴과 인자 적재행렬은 주성분분석에서 구한 3개의 주성

분의 고유값의 제곱근에 고유벡터와의 곱으로 구할 수 있으며 결과를 Table 2-10에 나타내었다. Table 2-11은 주성분분석에 의해 산출된 추정치로 각 요인으로 설명할 수 있는 전체 변동을 의미한다. 또한 Table 2-12는 주요인이 자료를 설명하는데 있어 각 육질항목들이 차지하는 비중을 말하며 pH45 min이 13.95%로 가장 낮았으며 19.78%로 NPPC 마블링이 가장 높게 분석되었다.

Table 2-10. Factor pattern by principal factor method

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
pH _{45 min}	0.77087	-0.002	-0.2981
pH _{24 h}	0.64849	0.58762	-0.28086
<i>L</i> *	-0.80347	0.45274	0.02715
Drip loss	-0.84277	-0.05702	0.15186
NPPC ^a color	0.81018	-0.3576	0.16813
NPPC marbling	0.65959	0.34248	0.64511

^a National Pork Producers Council (NPPC, 1998)

Table 2-11. Variance explained by each factor (Total = 4.8968)

Factor 1	Factor 2	Factor 3
3.4621	0.7987	0.6360

Table 2-12. Final communality estimates (Total = 4.8968)

pH45 min	pH24 h	<i>L</i> *	Drip loss	Color standard	Marbling standard
0.6831 (13.95%)	0.8447 (17.25%)	0.8513 (17.38%)	0.7366 (15.04%)	0.8125 (16.59%)	0.9685 (19.78%)

본 연구에서는 인자분석 결과를 토대로 창조된 육질 평가지수의 설정을 위해 자료의 구조를 보다 낮은 차원으로 검토하였고 각 개체에 대해 유도된 인자의 값인 인자점수를 후속적인 통계 분석이나 보다 정확한 추정을 위해 구체적인 개념을 가진 변수 또는 지표를 설정하였다. Table 2-13은 인자 점수를 위한 인자점수계수 행렬을 나타낸 것이다.

구해진 3개의 인자를 가지고 주성분분석법을 적용했을 때 Table 2-13에서 얻은 인자점수계수행렬에서 인자점수는 다음의 식으로 구해진다. 다음 식으로 개체별 인자점수를 구한 인자점수의 결과를 Table 2-14에 나타내었다.

Table 2-13. Standardized scoring coefficients by principal axis factor method

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
pH _{45 min}	0.2227	-0.0025	-0.4687
pH _{24 h}	0.1873	0.7357	-0.4416
L^*	-0.2321	0.5668	0.0427
Drip loss	-0.2434	-0.0714	0.2388
NPPC ^a color	0.2340	-0.4477	0.2644
NPPC marbling	0.1905	0.4288	1.0144

^a National Pork Producers Council (NPPC, 1998)

$$f_{i1}^o = 0.2227z_{i1} + 0.1873z_{i2} - 0.2321z_{i3} - 0.2334z_{i4} + 0.2340z_{i5} + 0.1905z_{i6}$$

$$f_{i2}^o = -0.0025z_{i1} + 0.7357z_{i2} + 0.5668z_{i3} - 0.0714z_{i4} - 0.4477z_{i5} + 0.4288z_{i6}$$

$$f_{i3}^o = -0.4687z_{i1} - 0.4416z_{i2} + 0.0427z_{i3} + 0.2388z_{i4} + 0.2644z_{i5} + 1.0144z_{i6}$$

단, 여기서 $z_{ik} = (x_{ik} - \bar{x}_k) / s_k$ 이다.

$$\text{Index 1} = f_1^o$$

$$\text{Index 2} = f_2^o$$

$$\text{Index 3} = f_3^o$$

Table 2–14. Factor score by principal axis factor method

Pig	pH45	pH24h	L*	Drip loss	NPPC color	NPPC marbling	f_1^o	f_2^o	f_3^o
1	6.01	5.76	47.55	2.77	4.20	2.0	0.6645	-0.9621	0.2268
2	5.99	5.64	51.47	4.18	2.00	2.0	-0.6089	0.4775	-0.0548
3	5.9	5.73	49.22	6.24	1.80	2.3	-0.5993	0.7544	0.3085
4	5.77	5.80	49.37	6.34	3.00	3.0	-0.0461	0.7349	1.6718
5	5.62	5.64	46.29	4.23	3.00	2.2	-0.1089	-0.8846	0.9890
...
257	6.54	6.01	49.30	2.35	2.30	3.3	0.8947	2.3943	-0.1092
258	6.47	5.92	42.50	1.56	3.30	2.8	1.4847	-0.0138	-0.2314
259	6.61	5.83	47.50	2.58	2.80	2.5	0.7905	0.5108	-0.5888
260	6.67	5.82	43.90	2.38	2.50	1.8	0.8014	-0.3243	-1.7457
261	6.68	5.85	45.71	2.29	3.00	3.5	1.3198	0.7548	0.6274

다. 제안 육질 평가지수와 객관적·주관적 평가와의 연관성 분석

본 연구에서는 제안된 육질 평가지수와 객관적·주관적인 육질 평가와의 연관성 분석을 통해 육질 평가지수의 실용성을 검증하였다. 1차년도에서 제안한 품질지표는 정상육(reddish-firm-nonexudative, RFN)을 이용하여 선정하였으며, NPPC 육색(3.0 ~ 5.0), 마블링(2.0 ~ 4.0) 및 육즙손실(2.5% 이하)을 기준으로 하여 모든 항목에서 일치된 수치를 보이는 돈육을 high quality pork (HQ pork), 그렇지 않은 돈육을 normal quality pork (NQ pork)으로 설정하였다. 제안된 육질 품질 지표를 이용하여 육질 지수와의 연관성을 분석하기 위해 품질 지표로 제안된 HQ pork를 세분화 하여 분석하고자 하였다. HQ pork의 세분화는 현행 축산물 등급판정소에서 시행하는 육량등급 기준을 적용하여 육량등급 A 그룹에 속하며 HQ pork인 경우 premium quality (PQ) pork로 구분하였으며, 그렇지 않은 경우 HQ pork로 설정하였다. 그리고 앞서 제시한 그룹에 포함되지 않는 그룹을 abnormal quality (AbQ) pork으로 분류하여 전체 품질지표 그룹을 4 그룹으로 설정하였다. Table 2-15에 분류된 품질 지표 그룹 간 육질변이를 나타냈으며, 설정된 품질 지표에 따라 육질 항목의 유의적인 차이를 나타내었다.

근육의 사후대사 속도 및 대사 범위를 나타내는 사후초기 및 최종 pH에서는 그룹 간 뚜렷한 차이를 나타냈다. 먼저 고품질 그룹인 PQ와 HQ pork 그룹의 사후초기 pH는 두 그룹간 유의적 차이를 나타내지는 않았지만 두 그룹 모두 NQ pork, AbQ pork 그룹과 확연한 차이를 나타냈다. 최종 pH에서도 PQ 및 HQ pork는 NQ 및 AbQ pork와 유의적인 차이를 보였으며 AbQ pork의 pH는 5.66으로 가장 낮게 분석되었다. 육색은 소비자가 식육제품 선택 시 가장 즉각적인 영향을 미치는 요인 중 하나로 이상육 판별에 중요한 평가지표이다. 기존의 돈육질 분류방법에서는 PSE 돈육의 판별 기준을 미놀타 명도 50 이상으로 구분하는데, 본 실험군의 AbQ pork 그룹의 명도도 50.53으로 창백한 것으로 분석 되었다. 고품질 돈육질 지표로 분류된 PQ 및 HQ pork의 유리육즙량의 경우는 1.47~1.49% 을 나타내어 보수력이 매우 우수하게 분석되었다. 또한 NPPC 육색 점수에서는 국내 소비자가 선호하는 붉은색을 잘 나타내고 있는 수치인 3.46의 수치를 나타내고 있으며 NPPC 마블링 점수에서도 2.7이상의 높은 수치를 나타내어 본 연구에서 제시한 품질지표가 고품질 돈육을 구분하는데 유용할 것으로 판단된다.

본 연구에서 제안한 육질 평가지수에 대한 실용성 검증을 위해 품질지표 그룹에 따른 육질 지수의 분포를 Table 2-16에 나타내었다. 제안 육질 평가지수 1의 경우는 품질그룹 간 뚜렷한 차이를 나타내어 품질그룹 간 육질 평가지수의 효용성을 검

증한 자료로 분석되었다. 하지만 PQ와 HQ pork 그룹간에는 육질 평가지수의 유의적 차이를 보이지 않았으며, 이는 PQ와 HQ pork 분류 시 육량등급 A를 우선적으로 분류한 후 육질 지수로 인한 지수 산출을 실시하였기 때문이며, 육량지수를 품질분류 등급에 포함시킴으로서 육량과 육질이 우수한 고품질 돈육 품질지표를 효과적으로 제시 하는 것으로 분석되었다. 한편 제안 육질평가지수 2, 3 은 품질 지표 그룹 간 유의적 차이를 나타내지 않았다.

Table 2-15. Least square means of meat quality traits in different meat quality classes

	PQ pork	HQ pork	NQ pork	AbQ pork	Level of significance
pH _{45 min}	6.35 ^a (0.07) ¹	6.37 ^a (0.07)	6.10 ^b (0.03)	5.77 ^c (0.03)	***
pH _{24 h}	5.87 ^a (0.03)	5.88 ^a (0.03)	5.75 ^b (0.01)	5.66 ^c (0.02)	***
<i>L</i> [*]	45.14 ^c (0.59)	44.46 ^c (0.62)	47.05 ^b (0.25)	50.53 ^c (0.29)	***
Drip loss (%)	1.47 ^c (0.34)	1.49 ^c (0.36)	3.35 ^b (0.14)	6.68 ^c (0.17)	***
NPPC color	3.46 ^a (0.12)	3.50 ^a (0.13)	2.70 ^b (0.05)	2.18 ^c (0.06)	***
NPPC marbling	2.93 ^a (0.14)	2.70 ^a (0.15)	2.18 ^b (0.06)	1.73 ^c (0.07)	***

¹ Standard error of least-square means. Level of significance: *** $P < 0.001$. ^{a-c}

Least-square means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$). Abbreviations: PQ, premium quality; HQ, high quality; NQ, normal quality; AbQ, abnormal quality; NPPC, National Pork Producers Council.

Table 2–16. Least square means of meat quality index in different meat quality classes

	PQ pork	HQ pork	NQ pork	AbQ pork	Level of significance
Index 1	1.28 ^a (0.14)	1.29 ^a (0.15)	0.23 ^c (0.06)	-0.91 ^c (0.07)	***
Index 2	0.17 (0.21)	-0.06 (0.22)	-0.07 (0.09)	0.07 (0.10)	NS
Index 3	0.30 (0.21)	-0.05 (0.22)	-0.12 (0.09)	0.10 (0.10)	NS

¹ Standard error of least–square means. Level of significance: NS = not significant, *** $P < 0.001$. ^{a–c} Least–square means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$). Abbreviations: PQ, premium quality; HQ, high quality; NQ, normal quality; AbQ, abnormal quality.

육질 평가지수와 주관적 측정 방법인 관능적 특성과의 연관성 분석은 Table 2-17에 나타났다. NPPC 육색, 마블링 및 관능적 특성은 항목 간에 높은 상관관계를 나타냈다. 특히 NPPC 육색과 관능평가 육색도는 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. 신선육 외관에 대한 소비자 기호도는 NPPC 육색과 마블링, 신선육의 육색과 정의 상관관계를 가지는 것으로 분석되었으며, 관능평가 육색의 경우 외관의 관능적 특성과 매우 높은 상관계수를 보였다. Fortomaris 등(2006)에 의하면 외관의 관능적 특성에 영향을 주는 내재적 주요인으로는 육색이 있다고 보고 하였다. 본 연구의 분석결과에서도 육색이 외관의 관능적 특성과 밀접한 연관성을 가지는 것으로 분석되었다. 신선육의 관능평가 항목 중 전체적 기호도는 NPPC 육색, 마블링, 관능평가 육색, 그리고 외관과 유의적인 정의 상관관계를 나타냈으며, 관능평가의 육색과 외관과는 매우 높은 상관관계를 나타내었다. Hurling과 Shepherd (2003), Ngapo 등(2004)의 연구에 따르면 신선육에 대한 소비자 기호도에 영향을 주는 중요 요인 중 하나가 육색, 견고성, 지방함량과 같은 외관이다. 본 연구결과에서도 육색과 외관이 신선육의 기호도와 가장 관계가 밀접한 것으로 나타났다.

제안 육질 평가지수 1은 모든 항목과 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 특히 NPPC 육색, 마블링과의 상관계수가 매우 높았으며($r = 0.81$, $r = 0.66$), 관능평가에 의한 육색, 외관, 보수력과의 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. 또한 육질 평가지수 1이 증가할수록 전체적인 기호도 역시 높아지는 것으로 나타나 평가지수 1의 경우 객관적 및 주관적인 육질을 나타내는 평가지수로 활용 가능성이 높은 것으로 판단된다.

Table 2–17. Correlation between sensory characteristics and meat quality index

	NPPCa marbling	Fresh meat color	Fresh meat appearance	Fresh meat moisture	Fresh meat overall acceptability	Index 1	Index 2	Index 3
NPPC color	0.47 ^{***}	0.51 ^{***}	0.32 ^{***}	-0.09	0.40 ^{***}	0.81 ^{***}	-0.36 ^{***}	0.17 ^{**}
NPPC marbling		0.28 ^{***}	0.35 ^{***}	-0.14 [*]	0.41 ^{***}	0.66 ^{***}	0.34 ^{***}	0.65 ^{***}
Fresh meat color ^b			0.60 ^{***}	-0.07	0.79 ^{***}	0.41 ^{***}	-0.25 ^{***}	0.16 ^{**}
Fresh meat appearance ^b				-0.06	0.77 ^{***}	0.35 ^{***}	-0.11	0.21 ^{***}
Fresh meat moisture ^b					0.03	-0.14 [*]	0.10	-0.09
Fresh meat overall acceptability ^b						0.36 ^{***}	-0.13 [*]	0.32 ^{***}
Index 1							0.00	0.00
Index 2								0.00

^a National Pork Producers Council (NPPC, 1998).

^b Evaluation with 5 point scale.

라. 삼겹살 부위의 육질지표 설정

돈육의 삼겹살 부위는 갈비를 떼어낸 부분에서 복부까지의 넓고 납작한 모양의 부위로 근육과 지방이 삼겹의 막을 형성한 부위이다. 그 수율은 암컷은 평균 9.89 kg(전체 지육중 12.53%)이며 수컷은 평균 9.35kg(전체 지육중 12.44%)으로 풍미가 좋아 국내 소비자들의 선호도가 높은 부위이다. 하지만 삼겹살 부위는 여러 근육 부위가 포함되어 있고 지방층이 폭넓고 다양한 양상으로 분포하고 있어 일관성 있게 육질을 판단하기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 삼겹살 선호도를 바탕으로 삼겹살 부위 육질을 판단 할 수 있는 지표항목을 설정하고자 다각적인 분석을 시행하였다. 앞서 제 1 세부과제에서 분석된 “한국형 삼겹살 품질기준 연구(양케이트 조사)” 연구결과를 토대로 삼겹살 품질지표로 활용 할 수 있는 대상을 설정하면 다음과 같다.

- * 삼겹살 지방질 특성 품질 지표: 지방색, 지방의 함량(적육 : 지방 비율), 상강도
- * 삼겹살 적육 특성 품질 지표: 육색, 보수력, 적육 부분의 층 수

삼겹살 육질지표를 설정하는데 있어 삼겹살 육질을 측정하는 부위의 선정은 중요한 요인이 될 수 있다. 육질지표를 측정하는 부위는 그 개체간 변이가 비교적 적으며 개체군내 육질 변이의 분포 양상이 비교적 균일한 부위가 선정 대상으로 고려되어야 한다. 또한 현재 국내에서 통용되는 도체 취급 방법(냉도체 판정 시 흥추 4~5 번 또는 5~6번 사이 절개) 또한 고려되어야 하기 때문에 본 연구에서는 삼겹살 육질지표 중 NPPC color, NPPC marbling, 근간지방두께를 측정하는 도체 부의와 앞서 실시된 삼겹살 구입 기준을 고려해 세 개의 층이 확연히 구분되는 삼겹살 부분(몸통피부근, 넓은 등근 배쪽 톱니근의 세 개의 층이 교차된 부분)을 Figure 2-3 과 같이 측정 부위로 선정하였다.

보다 정확하고 보편적인 품질지표 설정을 위해서는 각각의 개체들이 나타내는 사후대사의 양상 또한 육질 지표로 고려될 수 있다. 근육의 사후 대사는 근육의 색과 보수력을 결정하는 주요인으로 삼겹살 내 근육의 사후 대사 또한 삼겹살 부위의 육질 특성에 영향을 줄 수 있다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 현재 국내외에서 사후 대사 양상을 나타내는 지표로 널리 쓰이는 사후 등심근의 pH를 품질지표로 설정하고자 한다. 한편 보수력은 앞서 조사된 양케이트 조사에서 삼겹살의 육질지표로 고려되지 않았지만 식육의 품질을 나타내는 주요 지표 항목이다. 따라서 본 연구에서도 보수력 항목을 삼겹살 부위의 육질지표 고려대상으로 설정하고, 보수력

을 나타내는 육질지표 항목으로 등심근의 여과지흡수법을 삼겹살 부위의 육질지표로 설정하였다. 보수력의 측정은 유리육즙량으로 대표 되며, 현재 Honikel(1987)에 의한 방법인 bag drip 측정 방법이 널리 쓰이고 있으나 본 연구에서는 삼겹살 육질지표를 현장에서 적용해야 한다는 측면을 고려해 Kauffman 등(1986)의 측정 방법인 등심근 여과지흡수법을 삼겹살 육질 지표로 설정하고자 한다. 삼겹살 부위의 지방질 특성 품질 지표로 고려된 지방색과 지방의 함량(적율 : 지방 비율)은 현행 국내에서 사용되는 축산물등급판정기준인 “지방색과 질” 과 “근간지방두께”를 본 연구의 삼겹살 부위 육질지표로 설정하였다. 이와 같이 설정한 이유는 근간지방두께의 경우 삼겹살 부위의 지방 함량(적율 : 지방 비율)과 강한 정의 상관관계를 나타내어 지방의 함량(적율 : 지방 비율)과 근간 지방두께와의 상관성을 분석한 결과 (Table 2-17) 근간 지방두께 항목이 지방함량을 나타내는 지표로 활용하기에 적합하다고 판단하여 삼겹살 육질지표로 설정 하였다. 최종적으로 삼겹살 육질지수를 설정하기 위한 삼겹살 육질지표를 정리 하면 Table 2-18 과 같다.

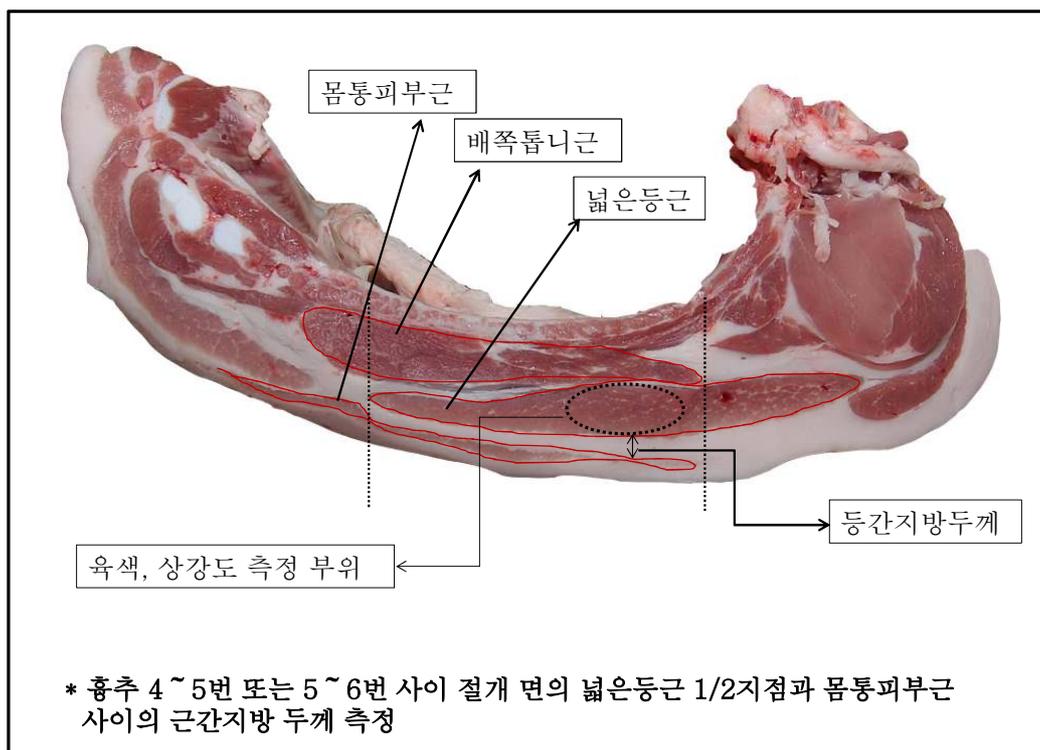


Figure 2-3. The carcass cross section at 4~5th or 5~6th thoracic vertebrae. Above section show *latissimus dorsi*, *cutaneous trunci* and *longissimus dorsi* muscle.

Table 2–17. Correlations between fat layer thickness between crude fat content and fat composition¹

	Fat area ¹	Fat area percentage ¹	Crude fat content
Fat layer thickness	0.76***	0.83***	0.93***
Fat area ¹		0.89***	0.66***
Fat area percentage ¹			0.84***

¹ Fat composition were calculated by image analysis from digital belly image.

Table 2–18. Pork belly quality index traits

Belly quality index traits	Subject & scale
NPPC color	NPPC color standard scale: 1 ~ 6
NPPC marbling	NPPC marbling standard scale: 1 ~ 10
Fat layer thickness between <i>Latissimus Dorsi</i> and <i>Cutaneous Trunci</i> muscle (mm)	Point at 1/2 horizontal <i>Latissimus Dorsi</i> muscle cross section
Fat color & firmness	Normal class (White & firm): 2 point Abnormal class: 1 point
pH _{45 min}	pH measured at 45 min postmortem
pH _{24 h}	pH measured at 24 h postmortem
FFU (mg)	Measure at center of <i>Latissimus Dorsi</i> muscle cross section

Abbreviations: NPPC, National Pork Producers Council; FFU, filter–paper fluid uptake.

3. 특화 육질지수의 객관성 검증

가. 특화 육질지수에 따른 소비자 기호도 분석

(1) 육질지표에 따른 등심근의 육질특성, 관능적 특성 및 소비자 기호도 분석

본 연구에서 육질지표에 따른 소비자 기호도를 분석하기 위해 다양한 관능검사와 객관적 육질평가를 실시하였다. 관능검사는 소비자의 기호성향을 평가하는 기호도 평가와 훈련된 전문패널에 의해 제품의 특성을 양적으로 평가하는 묘사관능 평가를 실시하였다. 묘사관능평가의 측정 항목과 각 항목에 대한 설명 및 점수평가체계는 Table 3-1에 나타내었으며, 사용된 척도는 Figure 3-1에 각각 나타내었다.

Table 3-1. Definition of parameters for descriptive sensory analysis

평가항목	평가항목에 대한 정의 및 점수
강도 (Softness)	어금니 사이에서 근섬유 직각 방향으로 첫 번째 씹을 때 들어가는 힘 : 매우 부드러움(1) - 매우 딱딱함(5)
초기연도 (Initial tenderness)	첫 번째 씹은 후 3번 씹는 동안 들어가는 힘 : 매우 연함(1) - 매우 질김(5)
씹힘성 (Chewiness)	샘플을 삼키기 위해 일정한 속도로 9번 씹는 동안 필요한 에너지 : 매우 부드럽게 씹힘(1) - 매우 씹기 힘들(5)
삼킴의 용이도 (Rate of breakdown)	샘플의 삼킴을 쉽게 하기 위해 샘플을 분쇄하는 과정에서 요구되어지는 씹힘 횟수 : 씹는 횟수가 매우 적음(1) - 씹는 횟수가 매우 많음(5)
다즙성 (Juiciness)	5번 씹은 후 방출되는 수분의 양 : 매우 다즙함(1) - 매우 건조함(5)
풍미강도 (Flavor intensity)	8번 씹은 후 인지되는 돈육 풍미의 정도 : 매우 강함(1) - 매우 약함(5)
이취 (Off-flavor)	돈육 고유의 풍미 이외의 인지되는 향이나 맛의 정도 : 매우 약함(1) - 매우 강함(5)
입안 코팅 (Mouth coating)	씹는 과정 중 느껴지는 지방 혹은 기름의 양 : 매우 적음(1) - 매우 많음(5)
인지되는 결체조직의 양 (Amount of perceptible connective tissue)	샘플을 삼킨 후 입안에서 인지되는 잔여물의 양 : 매우 적음(1) - 매우 많음(5)

Cited and modified from American Meat Science Association Guidelines (1995).

샘플 번호:	날짜:									
1. 견고성 : 첫 번째 샘플을 씹었을 때 들어가는 힘	<input type="checkbox"/>									
매우 부드러움	약간 부드러움	보통임	약간 딱딱함	매우 딱딱함						
2. 초기연도: 샘플을 3번 씹었을 때 들어가는 힘	<input type="checkbox"/>									
매우연함	약간연함	보통임	약간질김	매우질김						
3. 다즙성: 샘플을 5번 씹은 후에 방출되는 수분의 양	<input type="checkbox"/>									
매우 다즙함	약간다즙함	보통임	약간건조함	매우건조함						
4. 풍미강도: 샘플을 8번 씹은 후에 느껴지는 풍미 (씹고 난 후 코로 숨쉬기)	<input type="checkbox"/>									
매우 강함	약간 강함	보통임	약간약함	매우약함						
5. 이상취: 샘플을 8번 씹은 후나 시료 소화 후 느껴지는 (4) 이외의 풍미 (씹고 난 후 코로 숨쉬기)	<input type="checkbox"/>									
매우 약함	약간 약함	보통임	약간강함	매우강함						
6. 씹힘성: 일정한 속도로 샘플을 씹었을 때 요구되는 에너지	<input type="checkbox"/>									
매우 부드럽게 씹힘	약간 부드럽게 씹힘	보통임	약간씹기힘듦	매우씹기힘듦						
7. 삼킴의 용이도: 샘플을 삼키는데 요구되는 힘	<input type="checkbox"/>									
씹는 힘이 매우적음	씹는 힘이 약간적음	보통임	씹는 힘이 약간 많음	씹는 힘이 매우 많음						
8. 입안코팅: 씹는 과정 중에 입안에서 느껴지는 oil이나 fat의 양	<input type="checkbox"/>									
매우 적음	약간 적음	보통임	약간많음	매우많음						
9. 입안에서 인지되는 결체조직의 양: 샘플을 삼킨 직후에 남은 잔여물의 양	<input type="checkbox"/>									
매우 적음	약간 적음	보통임	약간많음	매우많음						

Figure 3-1. The parameters and scale of descriptive sensory analysis

등심근의 육질특성 항목과 관능적 특성 항목과의 상관관계분석 결과를 Table 3-2에 나타내었다. 관능적 특성은 크게 두 부분으로 나누어 평가하였다. 첫 번째로 등심근을 가열하기 전의 관능적 특성으로 NPPC 육색과 마블링 표준에 의한 관능적 특성평가를 실시하였다. 두 번째로는 등심근의 가열 후 관능적 특성으로 묘사관능평가를 실시하였다. 육질특성으로는 객관적 측정 항목인 사후 45분 등심근의 산도(pH45 min), 색차계 측정에 의한 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*), 보수력을 측정하기 위한 방법인 유리육즙량(drip loss), 여과지흡수량(FFU), 가열감량(cooking loss)을 측정하였다. 사후 45분 등심근의 산도는 관능적 특성 항목과 상관관계가 미미한 것으로 나타났으며, 명도, 적색도는 NPPC 육색과 유의적 상관관계를 나타내었다. NPPC 육색 표준은 점수가 높아질수록 명도가 감소하고, 적색도가 증가한다. 본 연구 결과에서도 명도가 감소하고 적색도가 증가할수록 NPPC 육색이 증가하는 것으로 나타나 연구 결과가 잘 못 되지 않았음을 간접적으로 설명해 준다. 적색도는 풍미강도(flavor intensity)와 유의적 부의 상관관계를 나타내는 것으로 나타났고, 황색도는 인지되는 결체조직의 양(amount of perceptible connective tissue)과 부의 상관관계를 나타내었다. 보수력을 측정하는 방법인 유리육즙량과 여과지흡수량은 관능적 특성의 많은 항목과 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 유리육즙량과 여과

지흡수량 모두 NPPC 육색, softness, initial tenderness, chewiness, rate of breakdown, juiciness, off-flavor와 유의적 상관관계가 있었다. 또한 유리육즙량은 mouth coating, 여과지흡수량은 flavor intensity, amount of perceptible connective tissue와도 유의적 상관관계를 나타내었다. 가열감량은 NPPC 육색과 유의적 부의 상관관계를 나타내었다. 유리육즙량과 여과지흡수량이 증가할수록, 즉 보수력이 감소할수록 NPPC 육색은 감소하였고, softness, initial tenderness, chewiness, rate of breakdown은 증가하여 연도가 감소하는 것으로 나타났다. 또한 juiciness, flavor intensity, mouth coating은 감소, off-flavor, amount of perceptible connective tissue는 증가하는 경향을 나타내었다. 결론적으로 보수력을 나타내는 항목이 관능적 특성항목과 상관성이 높았다.

Table 3-2. Correlations between meat quality parameters and sensory characteristics in porcine longissimus dorsi muscle

	pH _{45 min}	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)	Drip loss	FFU	Cooking loss
NPPC color	-0.03	-0.35 ^{***}	0.26 ^{**}	-0.13	-0.41 ^{***}	-0.20 [*]	-0.20 [*]
NPPC marbling	0.10	-0.06	-0.07	-0.05	-0.06	-0.07	-0.10
Softness	-0.07	0.11	0.10	0.03	0.29 ^{**}	0.33 ^{***}	0.10
Initial tenderness	-0.10	0.10	0.14	0.06	0.29 ^{**}	0.38 ^{***}	0.10
Chewiness	-0.13	0.14	0.10	0.05	0.29 ^{**}	0.40 ^{***}	0.09
Rate of breakdown	-0.11	0.14	0.04	0.06	0.22 [*]	0.37 ^{***}	0.01
Juiciness	-0.01	0.04	0.07	-0.09	0.20 [*]	0.27 ^{**}	0.08
Flavor intensity	-0.10	-0.11	-0.18 [*]	-0.25	-0.07	0.23 [*]	-0.13
Off-flavor	-0.05	0.25	-0.08	0.14	0.32 ^{**}	0.30 ^{**}	0.13
Mouth coating	-0.01	-0.07	-0.13	-0.07	-0.21 [*]	-0.14	-0.19
Amount of perceptible connective tissue	-0.10	0.00	-0.09	-0.20 [*]	0.16	0.35 ^{***}	-0.03

Abbreviations: NPPC, National Pork Producers Council; FFU, filter-paper fluid uptake. Level of significance: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

육질지표에 따른 소비자 기호도를 알아보기 위해 1차년과 2차년 연구에서 제시한 NPPC 육색, 마블링, 육즙손실을 기준으로 돈육을 HQ, NQ, 그리고 AbQ 그룹으로 나누었으며 축산물 등급판정소에서 실시하고 있는 육량등급을 기준으로 HQ 그룹을 PQ와 HQ 그룹으로 세분화한 후 각 그룹 간 등심근의 소비자 기호도 차이를 분석하였다. 측정 방법은 사후 24시간 냉도체의 늑골 5번째 위치에서 약 2cm 두께로 등심근을 채취하여 20명의 패널이 육색, 외관, 외부 유리 수분, 전체적 기호도를 테스트 하였다. 육색의 기호도는 육색의 밝기와 적색도를 고려한 기호도 분석이었으며, 외관의 경우 등심근의 크기, 신선육의 기호도를 측정 하였고 외부 유리 수분은 유리된 수분의 양에 따른 소비자 기호도 분석을 실시하였다. 그리고 등심근의 전체적 기호도를 9점 척도로 측정하여 그 결과를 Table 3-3에 나타내었다.

Table 3-3. Least square means of sensory acceptabilities of *longissimus dorsi* muscle in different meat quality classes

	PQ pork	HQ pork	NQ pork	AbQ pork	Level of significance
Fresh meat color ²	5.98 ^a (0.19) ¹	5.91 ^a (0.09)	5.77 ^a (0.07)	4.78 ^b (0.09)	***
Fresh meat appearance ²	5.89 ^a (0.19)	5.75 ^a (0.09)	5.73 ^a (0.07)	5.18 ^b (0.09)	***
Fresh meat moisture ³	5.45 ^a (0.19)	5.56 ^{ab} (0.09)	5.60 ^{ab} (0.07)	5.88 ^b (0.09)	*
Fresh meat overall acceptability ²	5.93 ^a (0.19)	5.78 ^{ab} (0.09)	5.57 ^b (0.07)	4.86 ^c (0.09)	***

Level of significance: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$. ^{a-c} Least square means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$). Abbreviations: PQ, premium quality; HQ, high quality; NQ, normal quality; AbQ, abnormal quality. ¹ Standard error of least-square means. ² scale: 1= very unacceptable; 9=very acceptable. ³ scale: 1= very dry; 9=very moist.

육량적 특성에 의해 세분화한 PQ와 HQ 그룹의 경우, 네 가지 신선육 기호도 특성에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. NQ 그룹은 신선육의 육색, 외형, 외부 유리 수분에서 PQ, HQ 그룹과 유의적 차이가 없었으나 기호도 점수는 PQ, HQ, NQ 순으로 낮아졌다. 신선육의 전체적 기호도에서는 NQ의 점수가 PQ에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. AbQ 그룹은 다른 그룹에 비해 모든 기호도 특성 항목에서 가장 낮은 점수를 받았으며, 신선육 외부 유리 수분을 제외한 나머지 항목에서

는 PQ, HQ, NQ 그룹과 유의적인 차이가 있었고, 신선육 외부 유리 수분표면 수분 정도에서는 PQ 그룹과 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다. 결과를 바탕으로 1차년과 2차년에서 제시한 육질지표가 소비자의 기호도를 나타내는데 유효성이 있다고 판단할 수 있다.

(2) 삼겹살 부위의 육질평가지수 제안

본 연구에서는 “삼겹살 부위의 육질지표 설정” 연구결과에서 제안된 삼겹살 육질지표를 이용해 삼겹살 부위의 육질 평가지수를 제안하기 위하여 삼겹살 부위의 품질지표 항목 측정결과에 대한 주성분분석과 인자분석을 실시하였다.

(가) 주성분 분석에 의한 삼겹살 육질평가지수의 고안

본 연구에서는 삼겹살 부위 육질을 종합적으로 판단할 수 있는 육질지표 항목을 선정하고 이들의 복잡한 상관관계 및 연관성을 분석하여 자료를 축약하고 단순화시킬 목적으로 주성분 분석을 실시하였다. 본 실험에 사용된 돼지 두수는 총 80두였으며 대표 육질항목 당 기초 통계량을 Table 3-4 에 나타내었다.

Table 3-4. Simple Statistics of meat quality measurements

	N	Mean	Standard deviation	Sum	Minimum	Maximum
NPPC color	80	3.29	0.62	260.00	1.00	4.00
NPPC marbling	80	2.30	1.07	182.00	1.00	5.00
Fat layer thickness	80	8.42	3.12	665.10	1.50	19.40
pH _{45 min}	80	6.01	0.20	481.02	5.53	6.37
FFU (mg)	80	112.65	73.91	9012	7	363
Fat color & firmness	80	1.88	0.33	150.00	1.00	2.00

Abbreviations: FFU, filter-paper fluid uptake; NPPC, National Pork Producers Council.

앞서 제안한 등심근 부위의 육질 평가지수와 마찬가지로 삼겹살 부위의 육질 평가지수는 다변량 자료의 통계적 분석 방법으로 주성분 분석을 실시하였으며 표본상관행렬(Correlation matrix), 고유값(Eigen values of the Correlation Matrix) 고유벡터(Eigen vectors)의 결과를 Table 3-5~3-7에 나타내었다.

Table 3-5. Correlation coefficients (r) between meat quality measurements

	NPPC color	NPPC marbling	Fat layer thickness	pH _{45 min}	FFU
NPPC Marbling	0.06	0.11	0.01	0.11	0.06
Fat layer thickness		0.52***	0.08	0.06	0.04
pH _{45 min}			-0.23*	0.28*	0.05
FFU				-0.57*	0.07
Fat color & firmness					-0.16

Level of significance: * $P < 0.05$, *** $P < 0.001$. Abbreviations: NPPC, National Pork Producers Council; FFU, filter-paper fluid uptake.

Table 3-6. Eigenvalues of the correlation matrix

	Eigenvalues	Difference	Proportion	Cumulative
principal component				
1	1.846184	0.439455	0.3077	0.3077
2	1.406729	0.39819	0.2345	0.5422
3	1.008539	0.084867	0.1681	0.7102
4	0.923672	0.481606	0.1539	0.8642
5	0.442067	0.069256	0.0737	0.9379
6	0.37281		0.0621	1

주성분(principal component) 분석을 위한 가중계수는 일반적으로 공분산행렬에 대한 고유값 분해를 이용해서 구하나 본 연구에서는 측정자료 특성상 상관행렬 (Correlation matrix)에 대한 고유값의 분해를 이용해 구하였다. 본 연구의 목적은 다양한 삼겹살 육질 항목들의 측정값을 통해 삼겹살 육질을 대표 할 수 있는 육질 평가지수를 고안하기 위해 주성분을 제 3 주성분까지 채택하여 자료를 설명하였다.

Table 3-7. Eigenvectors of principal component in meat quality traits

	Principal component					
	1	2	3	4	5	6
NPPC color	0.152864	0.162985	0.782539	0.564589	-0.07633	-0.11452
NPPC Marbling	0.322206	0.619952	-0.30368	0.110272	0.407982	-0.49093
Fat layer thickness	0.533789	0.409183	-0.12442	-0.07163	-0.5585	0.46379
pH _{45 min}	-0.5028	0.431373	-0.09049	0.3018	0.316392	0.601442
FFU	0.570229	-0.3354	0.088202	-0.01264	0.621611	0.409883
Fat color & firmness	-0.09957	0.350837	0.513776	-0.75677	0.171158	0.032138

Abbreviations: NPPC, National Pork Producers Council; FFU, filter-paper fluid uptake.

위 결과는 등심근 육질지수의 고안 방법과 마찬가지로 상관행렬에 기초하여 주성분분석을 수행하였기 때문에 분산이 1이 되도록 표준화된 변수 벡터 $z=(z_1, z_2, \dots, z_5, z_6)$ 를 분석 대상으로 분석하였다.

(나) 인자분석을 통한 삼겹살 육질평가지수의 고안

인자분석의 주성분분석법을 이용하여 주성분의 계수를 척도화하여 인자 적재행렬의 추정값을 얻은 방법을 통해 삼겹살 육질평가지수를 고안하였다. 또한 본 연구에서는 주성분분석을 토대로 인자분석의 주성분분석법을 이용해 요인점수(factor score)를 산출하여 육질평가지수 고안에 도입하고자 하였다.

주성분분석에서 구한 3개의 주성분의 고유값의 제곱근에 고유벡터와의 곱으로 표현된 인자 패턴과 인자 적재행렬을 Table 3-8에 나타내었다. Table 3-9은 주성분분석에 의해 산출된 추정치로 각 요인으로 설명할 수 있는 전체 변동을 의미한다. 또한 Table 3-10은 주요인이 자료를 설명하는데 있어 각 육질 항목들이 차지하는 비중을 말하며, Fat color & firmness가 10.74%로 가장 낮았으며, NPPC 마블링이 19.37% 가장 높게 분석 되었다.

Table 3-8. Factor pattern by principal factor method

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
NPPC color	0.2077	0.19331	0.78587
NPPC marbling	0.4378	0.7353	-0.30497
Fat layer thickness	0.72528	0.48531	-0.12495
pH _{45 min}	-0.68318	0.51163	-0.09088
FFU	0.7748	-0.39781	0.08858
Fat color & firmness	-0.13529	0.41611	0.51597

Abbreviations: NPPC, National Pork Producers Council; FFU, filter-paper fluid uptake.

Table 3-9. Variance explained by each factor (Total = 4.261451)

Factor 1	Factor 2	Factor 3
1.846184	1.406729	1.008539

Table 3-10. Final communality estimates (Total = 4.261451)

NPPC color	NPPC marbling	Fat layer thickness	pH _{45 min}	FFU	Fat color & firmness
0.698104 (16.38%)	0.825334 (19.37%)	0.777177 (18.24%)	0.736759 (17.29%)	0.766404 (17.98%)	0.45767251 (10.74%)

Abbreviations: NPPC, National Pork Producers Council; FFU, filter-paper fluid uptake.

본 연구에서는 인자분석 결과를 토대로 제안된 육질 평가지수의 설정을 위해 자료의 구조를 보다 낮은 차원으로 검토하였고, 각 개체에 대해 유도된 인자의 값인 인자점수를 후속적인 통계 분석이나 보다 정확한 추정을 위해 구체적인 개념을 가진 변수 또는 지표로 설정하였다. Table 3-11은 인자점수를 위한 인자점수계수 행렬을 나타내었고 구해진 3개의 인자를 가지고 주성분분석법을 적용했을 때 Table 3-11에서 얻은 인자점수계수 행렬에서 인자점수는 다음과 같은 식으로 구해진다.

Table 3-11. Standardized scoring coefficients by principal axis factor method

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
NPPC color	0.1125	0.1374	0.7792
NPPC marbling	0.2371	0.5227	-0.3024
Fat layer thickness	0.3929	0.3450	-0.1239
pH _{45 min}	-0.3700	0.3637	-0.0901
FFU	0.4197	-0.2828	0.0878
Fat color & firmness	-0.0733	0.2958	0.5116

Abbreviations: NPPC, National Pork Producers Council; FFU, filter-paper fluid uptake.

$$f_{i1}^o = 0.1125z_{i1} + 0.2371z_{i2} + 0.3929z_{i3} - 0.3700z_{i4} + 0.4197z_{i5} - 0.0733z_{i6}$$

$$f_{i2}^o = 0.1374z_{i1} + 0.5227z_{i2} + 0.3450z_{i3} + 0.3637z_{i4} - 0.2828z_{i5} + 0.2958z_{i6}$$

$$f_{i3}^o = 0.7792z_{i1} - 0.3024z_{i2} - 0.1239z_{i3} - 0.0901z_{i4} + 0.0878z_{i5} + 0.5116z_{i6}$$

단, 여기서 $z_{ik} = (x_{ik} - \bar{x}_k) / s_k$ 이다.

$$\text{Index 1} = f_2^o$$

$$\text{Index 2} = f_1^o$$

$$\text{Index 3} = f_3^o$$

(3) 삼겹살의 육질특성, 관능적 특성 분석과 육질지표 및 삼겹살 특화 육질평가지수에 따른 소비자 기호도 분석

삼겹살 부위의 육질특성을 알아보기 위해 객관적 육질특성 평가 및 관능적 평가를 실시하였다. 국내에서 유통되는 삼겹살 부위는 대부분 돼지의 복부에서부터 척추 사이의 부분을 정형하여 유통되고 있으며, 약 7~10 kg의 수율을 보인다. 본 연구에서는 삼겹살 부위 내의 육질 및 측정항목의 변이를 통제하고, 자료의 대표성을 확보하기 위해 삼겹살 부위 중 4~5번째 늑골부위에서 2 cm 두께로 취한 뒤 삼겹살 부위의 앞쪽등근, 배쪽등근, 몸통피부근의 3가지 근육층이 확연히 드러나는 부위를 관능검사에 사용하였다(Figure 3-2). 절단된 삼겹살 시료는 전기오븐(HS-XC364AB, 삼성, 한국)을 이용, 180 °C에서 가열을 시작하여 심부 온도가 75°C 될 때 까지 가열한 다음, 1 cm 두께로 잘라서 사용하였다. 패널간 오차를 줄이기 위해 훈련된 전문패널이 관능검사를 실시하였다. 총 12명의 패널을 선발 한 뒤 4주간 45회의 반복 훈련을 실시하였으며 회당 테스트 시료는 8개를 사용하였다. 최종 훈련기간이 끝난 후 12명의 패널 중 최하위 성적 2명을 제외한 10명이 관능검사를 위한 전문패널로 참여하였다. 관능적 특성 평가 분석에 사용된 항목과 기준은 Table 3-1에 나타내었으며, 사용된 척도는 Figure 3-1에 나타내었다.

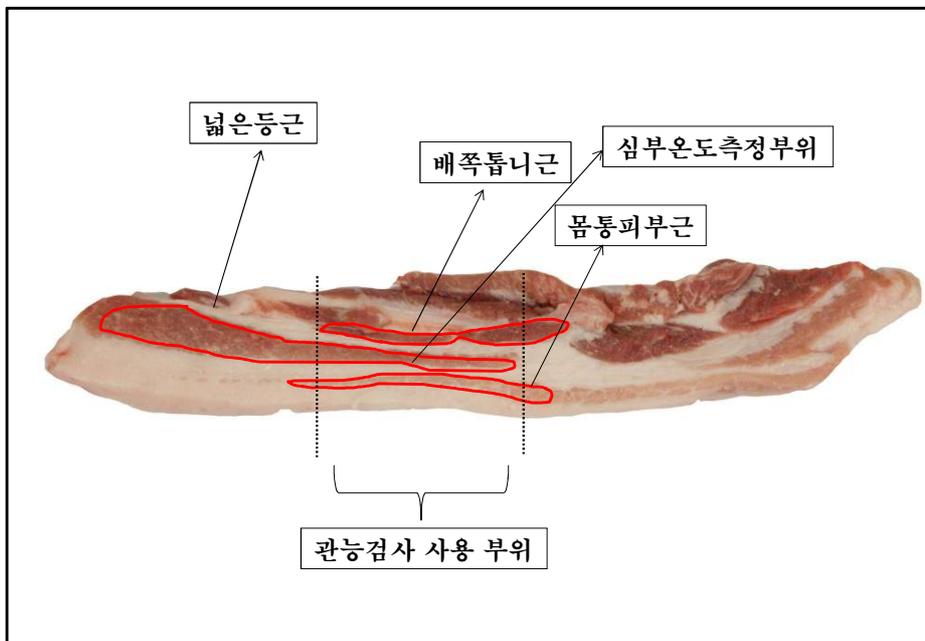


Figure 3-2. The belly section that were used in sensory test are showed. The temperature measuring point is center in belly section.

돈육의 육질평가 항목과 삼겹살 관능적 특성 항목간 상관관계분석 결과를 Table 3-12에 나타내었다. 사후 45분과 24시에 측정된 등심근의 pH는 삼겹살의 관능적 특성과 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 색도계를 이용하여 측정된 돼지 등심근의 명도(L*)는 삼겹살의 softness, off-flavor와 유의적 부의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 또한 NPPC 표준에 근거하여 평가한 color는 softness와 정의 상관관계, marbling 스코어는 softness, chewiness, amount of perceptible connective tissue와 부의 상관관계를 나타냈으며, mouth coating과는 유의적 정의 상관관계를 나타냈다. 등심근의 보수력을 평가하는 항목인 유리육즙량(drip loss)은 mouth coating과는 정의 상관관계, amount of perceptible connective tissue와는 부의 상관관계를 나타냈다. 명도는 그 값이 높을수록 창백하다는 것을, 낮을수록 어둡다는 것을 나타낸다. NPPC color는 값이 높을수록 어두운 색을, 낮을수록 창백한 색을 나타낸다. 결과에서 등심근의 명도가 높거나 NPPC color 값이 낮을수록, 즉 등심근의 육색이 창백할수록 삼겹살의 softness가 낮은 것으로 나타났다. NPPC marbling 스코어는 육질 항목 중 삼겹살 관능적 평가 항목과 가장 많은 상관관계를 가졌다. 구체적으로 살펴보면 NPPC marbling 스코어가 높을수록 softness, chewiness의 점수가 낮아 더 연한 것으로 나타났고, 입안에서 인지되는 지방이나 기름의 양이 많았으며, 삼킨 후 인지되는 잔여물이 더 적은 것으로 나타났다. 이는 등심의 상강도가 삼겹살의 관능적 특성과 부분적 연관성을 가지는 것이라고 판단된다.

Table 3–12. Correlations between meat quality traits and sensory characteristics of pork belly

	pH _{45 min}	pH _{24 h}	<i>L</i> [*]	NPPC color	NPPC marbling	Drip loss	WBS
Softness	-0.03	0.00	-0.18*	0.18*	-0.19*	-0.01	0.03
Initial tenderness	-0.06	-0.02	-0.12	0.12	-0.13	-0.05	0.04
Chewiness	0.12	-0.08	-0.10	0.08	-0.20*	-0.04	0.10
Rate of breakdown	-0.15	-0.11	0.11	-0.10	-0.05	-0.09	0.14
Juiciness	-0.04	-0.04	0.09	-0.11	0.14	-0.06	0.09
Flavor intensity	-0.05	-0.07	-0.09	0.08	-0.16	0.01	0.11
Off-flavor	-0.11	0.11	-0.17*	0.14	-0.09	0.08	-0.07
Mouth coating	-0.18	-0.10	-0.03	-0.01	0.23*	0.20*	-0.26
Amount of perceptible connective tissue	0.08	-0.02	-0.15	0.15	-0.13*	-0.17*	0.04

Abbreviations: NPPC, National Pork Producers Council; WBS, Warner–Bratzler shear force; FFU, filter–paper fluid uptake.

Level of significance: * $P < 0.05$.

Table 3-13은 1차년 및 2차년에서 제시한 네 가지 육질지표 그룹에 따른 삼겹살의 기호도 특성 차이를 나타낸 것이다. PQ 그룹은 모든 삼겹살 기호도 항목에서 가장 높은 점수를 받았으나, HQ 그룹과 비교했을 때 유의적이 차이는 없는 것으로 나타났다. HQ 그룹은 삼겹살의 육색과 외형 기호도에서 NQ 그룹보다 유의적으로 높은 점수를 받았다. 그러나 삼겹살 외부 유리 수분, 전체적 기호도에서는 HQ와 NQ 그룹간 소비자들이 차이가 없다고 느끼는 것으로 나타났다. AbQ 그룹은 삼겹살의 모든 기호도 특성에서 네 그룹 중 가장 낮은 점수를 받았으며, 삼겹살의 육색에서는 PQ, HQ 그룹과 유의적인 차이를 나타냈고, 삼겹살 외형과 전체적 기호도에서는 나머지 그룹과 유의적 차이가 낮다. 그러나 삼겹살 외부 유리 수분에서는 네 그룹간의 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 3-13. Least square means of consumer sensory quality of pork belly in different meat quality classes

	PQ pork	HQ pork	NQ pork	AbQ pork	Level of significance
Belly color ²	6.21 ^a (0.13) ¹	6.04 ^a (0.08)	5.22 ^b (0.04)	4.37 ^b (0.09)	***
Belly appearance ²	5.95 ^a (0.13)	5.89 ^a (0.08)	5.33 ^b (0.04)	4.99 ^c (0.09)	*
Belly moisture ³	5.65 (0.13)	5.59 (0.08)	5.60 (0.04)	5.61 (0.09)	NS
Overall acceptability ²	6.07 ^a (0.13)	5.99 ^{ab} (0.08)	5.65 ^b (0.04)	5.12 ^c (0.09)	**

Level of significance: NS = not significant, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$. ^{a-c} Least-square means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$). Abbreviations: PQ, premium quality; HQ, high quality; NQ, normal quality; AbQ, abnormal quality. ¹ Standard error of least-square means. ² Scale: 1= very unacceptable; 9=very acceptable. ³ Scale: 1= very dry; 9=very moist.

네 가지 육질지표 그룹에 따른 삼겹살의 묘사관능 평가 결과를 Table 3-14에 나타내었다. 각 관능평가 항목은 5점 척도로 평가하였다. 첫 번째 씹을 때 들어가는 힘인 softness, 첫 번째 씹은 후 3번 씹는 동안 들어가는 힘인 initial tenderness, 샘플을 삼키기 위해 일정한 속도로 9번 씹는 동안 필요한 에너지인 chewiness, 샘플의 삼킴을 쉽게 하기위해 샘플을 분쇄하는 과정에서 요구되어지는 씹힘 힘인

rate of breakdown은 샘플의 연도와 관계 깊은 항목들이다. Rate of breakdown을 제외한 softness, initial tenderness, chewiness는 그룹간에 유의적 차이가 있는 것으로 나타났다. PQ와 HQ 그룹은 softness, initial tenderness, chewiness 항목에서 NQ와 AbQ 그룹에 비해 유의적으로 낮은 점수를 받았다. Softness, initial tenderness, chewiness는 모두 점수가 낮을수록 연도가 좋은 것으로, PQ, HQ 그룹이 NQ, AbQ 그룹에 비해 연도가 좋은 것으로 나타났다. 그러나 세 항목에서 PQ는 HQ와, NQ는 AbQ와 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. AbQ 그룹은 다른 그룹에 비해 juiciness에서 유의적으로 높은 점수를 받았다. Juiciness는 점수가 높을수록 건조함을 나타내므로 AbQ 그룹이 다른 그룹에 비해 건조한 것으로 나타났다. Flavor intensity는 그룹간에 유의적 차이가 없는 것으로 나타났으나, off-flavor에서는 NQ 그룹이 가장 점수가 낮았다. Off-flavor는 점수가 낮을수록 강도가 약한 것으로 NQ 그룹이 가장 off-flavor 강도가 낮은 것으로 나타났다. 씹는 동안 입안에서 인지되는 지방이나 기름의 양을 나타내는 mouth coating에서는 PQ, NQ 그룹이 HQ, AbQ 그룹에 비해 유의적으로 낮은 것으로 나타났다. Amount of perceptible connective tissue는 네 그룹간 차이가 없었다.

Table 3-14. Least square means of sensory characteristics of pork belly in different meat quality classes

	PQ pork	HQ pork	NQ pork	AbQ pork	Level of significance
Softness	2.46 ^a	2.65 ^a	3.08 ^b	3.16 ^b	**
Initial tenderness	2.92 ^a	3.01 ^a	3.25 ^b	3.34 ^b	*
Chewiness	2.43 ^a	2.74 ^a	3.13 ^b	3.07 ^b	*
Rate of breakdown	2.54	2.58	2.64	2.66	NS
Juiciness	3.33 ^a	3.20 ^a	3.29 ^a	3.93 ^b	**
Flavor intensity	2.86	2.77	2.94	2.78	NS
Off-flavor	3.21 ^{ab}	3.16 ^b	2.91 ^c	3.31 ^a	*
Mouth coating	2.87 ^b	3.21 ^a	2.96 ^b	3.11 ^a	*
Amount of perceptible connective tissue	2.84	2.77	2.76	2.70	NS

Level of significance: NS = not significant, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, ^{a-c} Least-square means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$). Abbreviations: PQ, premium quality; HQ, high quality; NQ, normal quality; AbQ, abnormal quality.

삼겹살은 돼지의 가식부위 중 한국인이 가장 선호하는 부위로, 다른 부위에 비해 지방 함량이 높아 지방의 특성이 육질특성에 영향을 많이 주는 것이 특징이다. 본 연구에서 다양한 방법으로 삼겹살의 육질특성을 분석하였다. 1차년 연구결과로부터 삼겹살의 지방 분포가 소비자의 삼겹살 선택에 영향을 준다는 판단에 근거하여, 삼겹살에서 지방이 분포하는 정도를 삼겹살 사진의 이미지 분석을 통해 분석, 그 결과를 비올로써 표현하였다. 또한 실제 삼겹살의 지방함량을 알아보기 위해 Soxhlet 방법에 의한 삼겹살의 조지방 함량을 분석하였다. 삼겹살의 육질특성을 알아보기 위해 가열시 유리되는 수분과 지방함량을 측정하여 가열감량으로 나타내었고, 관능평가를 실시하여 삼겹살 지방색 선호도와 전체적 기호도도 알아보았다. 상기 방법에 의해 측정한 삼겹살의 육질특성 항목인 지방분포도, 조지방 함량, 가열감량, 지방색 기호도, 전체적 기호도 및 삼겹살 육질평가지수와 상관계수분석 결과를 Table 3-15에 나타내었다. 삼겹살 육질특성 항목 간 상관계수를 살펴보면, 삼겹살의 지방분포도는 다른 육질특성 항목과 모두 상관계수가 있는 것으로 나타났으며, 특히 삼겹살의 조지방 함량과는 매우 높은 정의 상관계수를 나타내었다($P < 0.001$). 삼겹살의 지방분포도는 삼겹살의 가열감량과도 유의적 정의 상관계수를 나타내, 지방분포가 높을수록 가열감량 높은 것으로 분석되었다. 지방색 기호도와는 유의적 부의 상관계수를 나타내 지방분포가 높을수록 지방색 기호도가 낮은 것으로 분석되었고, 전체적 기호도와는 유의적 정의 상관계수를 보여 지방 분포가 높을수록 전체적 기호도가 증가하는 것으로 나타났다. 삼겹살의 조지방 함량도 삼겹살의 지방분포도와 비슷한 경향을 나타내었다. 삼겹살의 조지방 함량이 증가할수록 가열감량이 높고, 지방색 기호도는 낮지만 낮아지지않고, 전체적 기호도는 높은 것으로 나타났다. 가열감량은 지방색 기호도와는 유의적 상관계수가 없었으나, 전체적 기호도와 유의적 부의 상관계수가 있었다. 지방색 기호도는 전체적 기호도와 유의적 상관계수가 없는 것으로 나타났다. 삼겹살 육질특성 항목과 삼겹살 육질평가지수와 상관계수를 보면, 지방색 기호도를 제외한 나머지 항목은 모두 Index 1과 유의적 상관계수를 가지는 것으로 나타났다. Index 1의 점수가 높을수록 삼겹살의 지방분포도, 조지방 함량이 높았으며, 반대로 가열감량은 적은 것으로 나타났고 전체적 기호도가 높았다. 그러나 Index 1은 지방색 기호도와는 상관계수가 없었다. Index 2는 삼겹살의 지방분포도와 유의적 부의 상관계수를 나타냈으나 다른 항목과의 상관계수는 없었으며, Index 3은 모든 삼겹살 육질특성 항목과 상관계수가 없는 것으로 나타났다. Table 3-10의 결과와 종합해보면 삼겹살 육질평가지수 1(Index 1)은 삼겹살의 객관적, 주관적 육질평가 항목과 모두 상관계수가 있는 것으로 나타나, 삼겹살 육질평가에 가장 유효성이 높다고 판단된다.

Table 3–15. Correlation between quality characteristics of pork belly and belly quality index

	Crude fat content	Cooking loss	Fat color acceptability	Overall acceptability	Index 1	Index 2	Index 3
Fat distribution	0.91 ^{***}	0.33 ^{***}	-0.31 ^{**}	0.27 [*]	0.69 ^{***}	-0.21 [*]	0.09
Crude fat content		0.43 ^{***}	-0.19 [*]	0.33 ^{***}	0.74 ^{***}	0.24 [*]	0.01
Cooking loss			0.04	-0.44 [*]	-0.54 ^{***}	0.22 [*]	0.05
Fat color acceptability				0.36	0.11	0.05	0.04
Overall acceptability					0.37 ^{***}	0.15	-0.01
Index 1						-0.07	0.05
Index 2							0.03

Level of significance: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

3차년 연구 중 앞서 고안한 세 가지 삼겹살 육질평가지수의 삼겹살 관능평가 항목과의 상관관계를 알아보기 위해 상관관계분석을 실시하였다(Table 3-16). 세 가지의 삼겹살 육질평가지수 중 Index 1이 삼겹살 관능평가 항목과 상관관계가 있는 것으로 나타났다. Index 1은 삼겹살 관능평가 항목 중 softness, initial tenderness, chewiness, rate of breakdown, 그리고 off-flavor 항목과 유의적 부의 상관관계를, mouth coating과 유의적 정의 상관관계를 나타냈다. 이것은 등심의 육질이 좋은 개체의 삼겹살일수록 부드럽고 연하며, 삼키기까지 부드럽게 씹히고 씹는 횟수가 적다는 것을 의미한다. 또한 이취가 약하고 입안에서 인지되는 지방이나 기름의 양이 많다는 것을 의미한다. 그러나 Index 2는 off-flavor 항목과 유의적 정의 상관관계를 나타내어, Index 2의 값이 높을수록 off-flavor가 강한 것으로 나타났으며, Index 3은 삼겹살 관능평가항목과 유의적 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 결론적으로 Index 1이 삼겹살 관능평가 항목과 상관관계를 나타내었으며, 삼겹살의 관능적 특성을 대표할 수 있는 것으로 분석되었다.

Table 3–16. Correlations between belly quality index and sensory characteristics of pork belly

	Softness	Initial tenderness	Chewiness	Rate of breakdown	Juiciness	Flavor intensity	Off-flavor	Mouth coating	Amount of perceptible connective tissue
Index 1	-0.27**	-0.28**	-0.31**	-0.26**	-0.12	0.10	-0.36***	0.19*	-0.17
Index 2	0.03	0.04	0.06	0.01	-0.01	-0.04	0.27**	0.22*	-0.11
Index 3	-0.11	-0.13	-0.13	-0.12	-0.02	-0.11	-0.04	0.03	-0.04

Level of significance: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

(4) 등심과 삼겹살 부위의 관능적 육질특성 및 육질평가지수 간 상관분석

삼겹살 관능평가 항목과 등심의 전체 기호도 간 상관관계를 Table 3-17에 나타냈다. 등심의 전체적기호도는 삼겹살의 softness, initial tenderness, chewiness와 유의적 정의 상관관계를 나타내어, 등심의 전체적 기호도가 높은 개체의 삼겹살이 연한 것으로 나타났다. 등심의 전체적 기호도는 삼겹살의 rate of breakdown과는 유의적 상관관계가 없었으나, juiciness와는 정의 상관관계를 나타냈다. Flavor intensity와 off-flavor 항목과는 등심의 전체적 기호도가 상관관계가 없어 등심의 전체적기호도는 풍미와 관련된 관능적 특성과는 상관관계가 미미한 것으로 보인다. 등심의 전체적 기호도는 mouth coating과도 유의적 부의 상관관계를 나타냈다.

삼겹살 관능적 특성 항목 간 상관관계를 보면, 삼겹살의 연도와 관련된 항목인 softness, initial tenderness, chewiness,는 서로 유의적 정의 상관관계가 있는 것으로 나타났다, rate of breakdown은 softness, chewiness와는 유의적 상관관계가 있는 것으로 나타났으나, initial tenderness와는 상관관계가 없는 것으로 나타났다. Juiciness와 flavor intensity는 softness, initial tenderness, chewiness, rate of breakdown 항목들과 상관관계를 가졌다. Juiciness의 점수가 높을수록 softness, initial tenderness, chewiness, rate of breakdown의 점수도 높은 것으로 나타나, 다즙성이 풍부할수록, 즉 식육을 씹을 때 방출되는 수분의 양이 많을수록 대체적으로 연하다고 느끼는 것으로 분석되었다. 또한 flavor intensity와 juiciness 간에도 유의적 정의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. Off-flavor도 softness, initial tenderness, chewiness, juiciness와 유의적 정의 상관관계를 나타냈으나, off-flavor은 점수가 높을수록 강도가 높은 것으로 이취가 강한 삼겹살을 질기다고 인지하는 것으로 분석되었다. 또한 off-flavor는 flavor intensity와도 유의적 정의 상관관계를 나타내어, flavor intensity가 강할수록 off-flavor를 약하게 인지하였다. Mouth coating은 rate of breakdown을 제외한 모든 항목과 유의적 부의 상관관계가 있었다. 즉 씹는 과정 중에 느껴지는 지방이나 기름의 양이 많을수록 삼겹살이 연하다고 판단했으며, 다즙하고, 풍미가 강하며 이취가 약하다고 인지하는 것으로 나타났다. Amount of perceptible connective tissue는 삼겹살의 모든 관능적 특성 항목들과 유의적 상관관계를 나타내었다. 종합해 보면 등심의 전체적 기호도는 삼겹살의 연도와 관련된 softness, initial tenderness, chewiness와 상관관계가 있었으며, 또한 juiciness와도 유의적 관계를 나타내었다. 삼겹살 관능적 특성 항목에서 rate of breakdown을 제외한 모든 항목들은 유의적 상관관계가 있었다.

Table 3–17. Correlation between sensory characteristics of pork belly and overall acceptability of pork loin

	Pork belly								Amount of perceptible connective tissue
	Softness	Initial tenderness	Chewiness	Rate of breakdown	Juiciness	Flavor intensity	Off-flavor	Mouth coating	
Pork loin Overall acceptability	0.27*	0.34**	0.31*	0.09	0.65***	0.44	-0.13	-0.29*	-0.51
Pork belly									
Softness		0.90***	0.66***	0.17*	0.23**	0.73***	0.50***	-0.23**	0.46***
Initial tenderness			0.60***	0.15	0.29***	0.73***	0.51***	-0.21***	0.52***
Chewiness				0.32***	0.17*	0.64***	0.47***	-0.32***	0.35***
Rate of breakdown					0.33***	0.23**	0.11	-0.09	0.29***
Juiciness						0.73***	0.52***	-0.21**	0.52***
Flavor intensity							0.63*	-0.37*	0.39*
Off-flavor								-0.20*	0.36*
Mouth coating									-0.19*

Level of significance: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

등심근의 묘사적 관능 특성과 삼겹살의 묘사적 관능 특성간 상관분석을 실시하여 그 결과를 Table 3-18에 나타내었다. 등심근의 관능적 특성 중 softness, initial tenderness, chewiness, rate of breakdown juiciness는 삼겹살의 juiciness 항목과 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 구체적으로 살펴보면 관능 패널들은 등심근의 연도가 높은 개체(softness, initial tenderness, chewiness, rate of breakdown의 점수가 낮은 개체)의 삼겹살이 juiciness가 높다고(juiciness 점수가 낮음) 평가하였고, 등심근의 juiciness가 높은 개체의 삼겹살이 juiciness가 높은 것으로 나타났다. 등심근의 rate of breakdown은 삼겹살의 softness와 유의적 정의 상관관계를 가져, 등심근을 삼키기 위해 씹는 횟수가 적은 개체일수록 삼겹살의 강도가 약해 더 부드럽게 느끼는 것으로 나타났다. 또한 등심근의 amount of perceptible connective tissue는 삼겹살의 softness, initial tenderness, flavor intensity, off-flavor 등과 유의적 상관관계를 가지는 것으로 분석되었다. 즉 등심근을 삼킨 후 인지되는 잔여물의 양이 적은 개체의 삼겹살이 강도가 부드럽고 초기연도가 낮아 연한 것으로 평가되었으며, 풍미 강도는 강하고 이취강도는 낮은 것으로 나타났다. 결론적으로 등심근의 관능적 특성은 삼겹살의 juiciness와 상관관계가 있었다.

Table 3–18. Correlation between sensory characteristics of *longissimus dorsi* and sensory characteristics of pork belly

		Pork loin								
		Softness	Initial tenderness	Chewiness	Rate of breakdown	Juiciness	Flavor intensity	Off-flavor	Mouth coating	Amount of perceptible connective tissue
P o r k b e l l y	Softness	0.29**	0.36***	0.31**	0.41***	0.19	-0.21*	0.11	-0.35***	0.62***
	Initial tenderness	0.18	0.25*	0.18	0.30**	0.12	-0.06	0.15	-0.22*	0.53***
	Chewiness	0.07	0.12	0.09	0.13	-0.07	-0.29**	-0.06	-0.10	0.29**
	Rate of breakdown	0.13	0.18	0.19	0.23	0.04	-0.41	-0.39	-0.26**	0.26*
	Juiciness	0.42***	0.41***	0.43***	0.40***	0.46***	-0.18	-0.16	-0.43***	0.20*
	Flavor intensity	0.31**	0.36***	0.33***	0.39***	0.19	-0.25*	0.08	-0.37***	0.57***
	Off-flavor	0.22*	0.30**	0.25**	0.39***	0.21*	-0.12	-0.18	-0.30**	0.48***
	Mouth coating	0.02	0.00	-0.01	0.00	0.18	0.35***	0.13	0.05	-0.12
	Amount of perceptible connective tissue	0.05	0.08	0.04	0.13	0.16	0.19	-0.03	-0.06	0.11

Level of significance: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

돈육의 등심과 삼겹살의 육질평가지수간 상관관계 분석을 실시하여 Table 3-19에 나타내었다. 돈육 등심 특화 육질평가지수와 삼겹살 특화 육질평가지수는 각각 세 가지로, 앞선 결과들에서는 등심 특화 육질평가지수 1(meat quality index 1)이 등심 및 삼겹살의 육질특성을 가장 잘 나타내는 것으로, 삼겹살 특화 육질지수는 육질평가지수 1(belly quality index 1)이 삼겹살의 육질을 가장 잘 대표하는 것으로 나타났었다. 상관관계분석에서 등심 특화 육질평가지수 1은 삼겹살 특화 육질평가지수 1, 3과 유의적 정의 상관관계를 가졌으며, 육질평가지수 2는 삼겹살 육질평가지수 1, 2와 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 그러나 등심 특화 육질평가지수 3은 삼겹살 특화 육질평가지수와 상관관계가 없었다. 결론적으로 등심 특화 육질평가지수 1과 삼겹살 특화 육질평가지수 1이 각각 등심 및 삼겹살 부위의 육질을 가장 잘 대표하고, 각각의 객관적 육질평가를 위해서는 부위에 따른 특화 육질지수를 사용해야 할 것으로 판단된다.

Table 3-19. Correlation between pork loin quality index and belly quality index

		Pork loin quality index		
		Index 1	Index 2	Index 3
Pork belly index	Index 1	0.34 ^{***}	0.27 ^{**}	-0.04
	Index 2	0.09	0.24 [*]	-0.14
	Index 3	0.41 ^{***}	-0.20	0.17

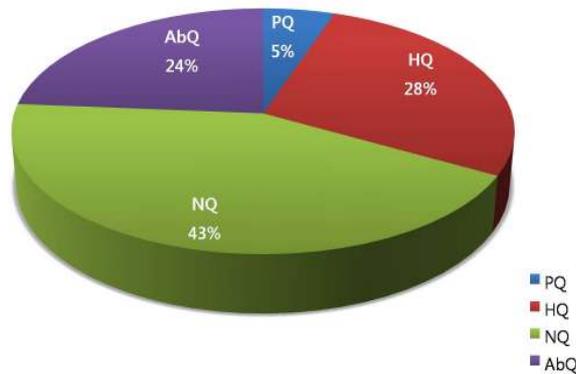
Level of significance: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$

나. 제안 육질지표에 따른 국내 유통 돈육의 등급별 출현빈도 모니터링

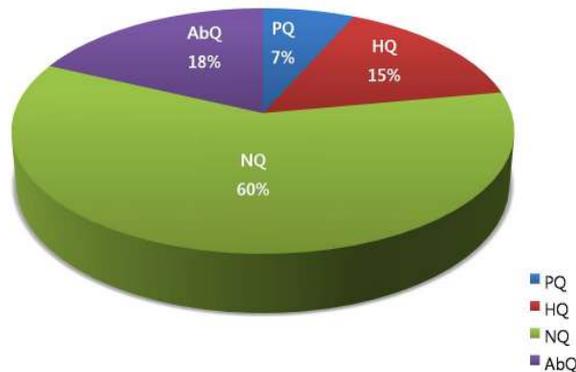
본 연구에서 제안한 육질지표를 국내 유통 돈육에 적용했을 때 전체 돼지의 등급별 출현빈도와 품종에 따른 등급별 출현빈도를 Figure 3-3에 나타내었다. 모니터링한 754두 중 육량과 육질 모두 우수한 PQ 그룹은 5%로 나타났으며, 육질이 우수한 HQ 그룹은 28%로 나타났다. 정상적인 육질을 가지는 NQ 그룹은 63%로 가장 높게 나타났으며, 비정상적인 육질을 나타내는 AbQ 그룹은 24%로 나타났다. 각 품종에 따른 등급별 출현빈도를 살펴보면, 머크셔에서는 PQ가 7%, HQ 15%, NQ 60%,

AbQ 18%인 것으로 나타났고, 듀록에서는 PQ 8%, HQ 20%, NQ 63%, AbQ 9%로 나타났다. 버크셔와 듀록은 PQ 그룹이 차지하는 비율이 전체 돈군에서 PQ 그룹이 차지하는 비율보다 높은 것으로 나타나 버크셔와 듀록이 다른 품종에 비해 육량과 육질이 모두 우수한 개체가 많은 것으로 분석되었다. 랜드레이스는 PQ 5%, HQ가 20%, NQ가 51%, AbQ가 24%로, 요크셔는 PQ 5%, HQ 20%, NQ 61%, AbQ 14%인 것으로 나타났다. 랜드레이스와 요크셔는 HQ 그룹의 비율이 버크셔보다 높고 듀록과 같은 20%로 나타났으나, AbQ 그룹의 비율이, 특히 랜드레이스에서 AbQ 그룹의 비율이 다소 높게 나타났다. 교잡종의 그룹별 비율을 살펴보면, PQ 4%, HQ 19%, NQ 46%, Abq 31%로 PQ와 HQ 그룹의 비율은 다른 품종과 유사하였으나, AbQ 그룹의 비율이 31%로 다른 품종에 비해 높게 나타나, 육질이 떨어지는 개체의 수가 가장 많은 것으로 분석되었다. 결론적으로 평균적 육질을 나타내는 NQ 그룹의 비율이 가장 높고, HQ와 AbQ 그룹의 비율이 그 다음으로 높으며, PQ 그룹의 비율이 가장 낮은 것으로 나타나, 육질지표의 유효성과 객관성이 있는 것으로 판단된다.

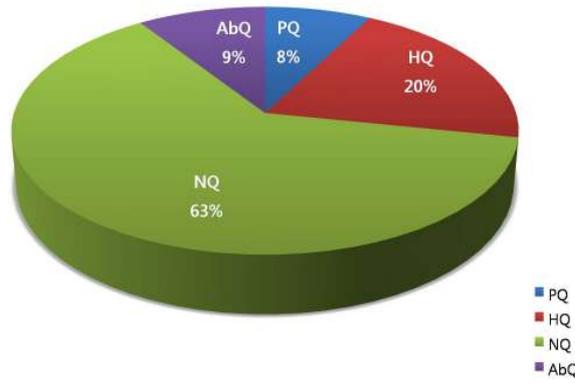
국내 유통 돈육 (총 754두)



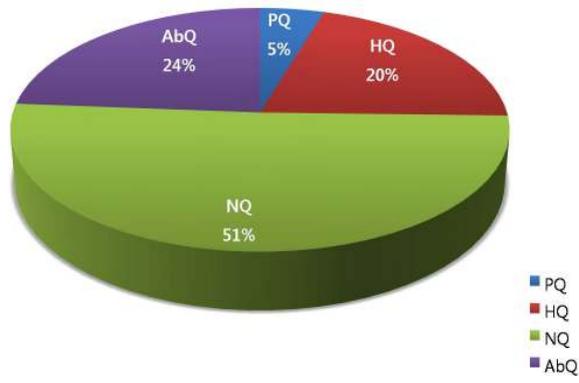
Berkshire



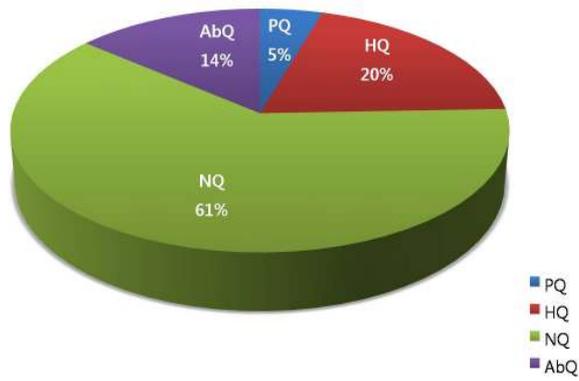
Duroc



Landrace



Yorkshire



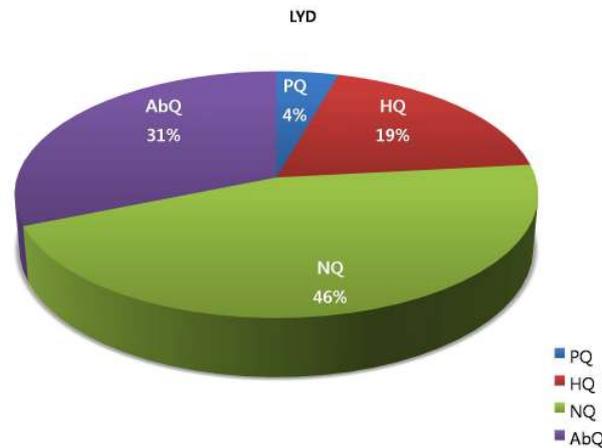


Figure 3-3 Meat quality classes distribution in different pig breeds

다. 국내 유통 품종의 특화 육질지수 분포 분석

2차년 연구에서 돈육 등심근의 육질 평가항목을 이용하여 고안한 세 가지 등심 육질평가지수를 국내에서 유통되는 대표적인 5가지 품종(버크셔, 듀록, 요크셔, 랜드레이스, 교잡종)에 적용하여 품종에 따른 등심 육질평가지수의 차이를 Table 3-20에 나타내었다. 세 가지 등심육질평가지수 모두 품종간의 차이를 나타내었다. 등심 육질평가지수 1 (Index 1)의 경우, 버크셔가 가장 높은 점수를 얻었을 뿐 만 아니라, 듀록을 제외한 나머지 품종에 비해 유의적으로 육질이 좋은 것으로 나타났다. 듀록은 버크셔 다음으로 높은 점수를 얻었으나, 버크셔, 요크셔, 랜드레이스와 육질의 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 국내에서 가장 많이 유통되는 품종인 교잡종의 경우, 등심 육질평가지수 1의 점수가 유의적으로 가장 낮은 것으로 나타나, 다른 네 가지 품종에 비해 육질이 떨어지는 것으로 분석되었다. 등심 육질평가지수 2 (Index 2)도 품종간 유의적 차이를 나타내었는데, Index 1과는 다른 경향을 나타내었다. Index 1에서 가장 높은 점수를 받아 육질이 가장 좋은 것으로 평가되었던 버크셔가 Index 2에서는 가장 낮은 점수를 받았으며, 요크셔, 랜드레이스, 듀록, 교잡종 순으로 점수가 높아졌다. 또한 요크셔와 랜드레이스간 유의적 차이는 없었으나, 듀록, 교잡종과는 유의적 차이를 나타냈으며, 듀록과 교잡종이 육질이 가장 우수한 것으로 평가되었다. 등심육질평가지수 3(Index 3)도 품종간 유의적 차이를 나타냈다. Index 1과 유사하게 버크셔가 가장 높은 점수를 받았다. 그러나 랜드레이스가 버크셔 다음으로 높은 점수를 받았으며, 버크셔와 랜드레이스는 유의적 차이가 없었고, 듀록이 세 번째로 높았으며, 요크셔, 교잡종 순이었다. 교잡종은 Index 1에

서처럼 5 품종 중 점수가 가장 낮았으나, 듀록, 요크셔와 유의적 차이가 없는 것으로 분석되었다. 1차년 연구결과를 살펴보면 버크셔와 듀록이 사후 45분 pH, NPPC color와 marbling 스코어가 다른 품종에 비해 우수하였으며, 교잡종은 유리육즙량 (drip loss)에서 가장 우수한 것으로 나타났었다. 육질지표를 적용했을 때의 품종에 따른 등급별 비율을 나타낸 Figure 3-3과 비교했을 때 PQ와 HQ 그룹의 비율이 높았던 버크셔와 듀록의 육질평가지수가 높고, AbQ 그룹의 비율이 높았던 교잡종은 육질평가지수가 가장 낮은 것으로 나타나 육질평가지수의 유효성이 있는 것으로 판단된다.

Table 3-20. Least square means of meat quality index in different pig breeds

	Berkshire	Duroc	Yorkshire	Landrace	LYD	Level of significance
Index 1	0.51 ^a (0.06) ¹	0.26 ^{ab} (0.13)	0.18 ^b (0.10)	0.13 ^b (0.12)	-0.25 ^c (0.06)	***
Index 2	-0.54 ^c (0.06)	0.28 ^a (0.13)	-0.25 ^{bc} (0.10)	-0.01 ^b (0.12)	0.41 ^a (0.06)	***
Index 3	0.41 ^a (0.06)	-0.04 ^b (0.13)	-0.14 ^b (0.10)	0.11 ^{ab} (0.12)	-0.17 ^b (0.06)	***

¹ Standard error of least-square means. Level of significance: *** $P < 0.001$. ^{a-c} Least square means with different superscripts in the same row significantly differ ($P < 0.05$).

실험군의 삼겹살 특화 육질평가지수에 따른 두수 분포를 Figure 3-4에 나타내었다. 평균 육질을 나타내는 지수인 90~110에 해당되는 두수가 44로 가장 높게 나타났으며, 우수한 육질을 나타내는 110~120은 9두, 최상위 육질을 나타내는 120 이상은 9두로 분석되었다. 반면에 평균이하의 육질을 나타내는 80~90은 14두로 나타났고, 그 이하는 4두로 나타나 전체적으로 정규분포형태를 나타내었다. 이는 삼겹살 특화 육질지수가 실제 적용에서도 그 유효성이 있음을 나타내는 것이라 판단된다.

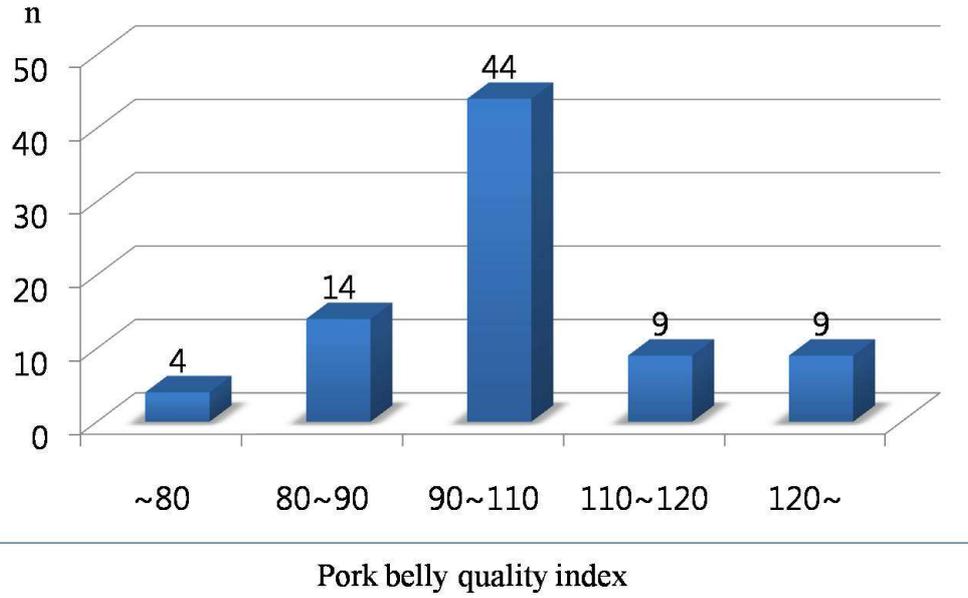


Figure 3-4. Belly quality index distribution in 80 pigs.

□ 제 1위탁과제 : 고수율·고품질 돈육 생산을 위한 사양프로그램 개발

제 1 절 자돈, 육성기의 사료 내 라이신과 에너지의 수준별 급여가 자돈 및 육성-비육돈의 생산성과 육질에 미치는 영향

1. 서 론

현재 양돈업은 지방함량이 낮은 돈육을 선호하는 소비자의 요구에 따라 생산 및 가공방법에 변화를 추구해 왔다. 또한 최근에는 등지방 두께가 얇고 지방함량이 낮은 정육형 돈육(leaner meat)이 주를 이루어 생산되고 있다. 하지만 근내 지방 함량이 낮고 정육 비율이 높은 돈육의 등장은 육질의 변이가 심하며, 이상돈육의 출현 빈도를 높게 만드는 결과를 초래하였다. 근내 지방도 즉 상강도는 등심근 내 지방 분포를 나타내는 것으로 상강도가 높은 고기는 열전도율이 낮고, 결합조직의 강도를 약화시키며, 저온단축을 방지하는 등의 근내 지방 특성으로 인해 풍미와 연도에 있어서 좋은 평가를 받고 있다. 실제로 Hodgson(1991) 및 Castell 등(1994)은 돈육의 근내지방과 다즙성 및 연도 간에는 높은 상관관계가 있다고 보고하였으며, 이러한 이유로 현재 돈육의 근내지방도를 향상시키는 방법에 대해서 다양한 연구가 진행되고 있다.

돼지의 체조성 변화는 돼지의 품종, 성, 사양 시 영양조건, 사양 환경 및 건강 상태의 영향을 받는다. 따라서 다양한 영양적 방법을 통해 돈육의 근내지방의 함량을 높이려는 시도들이 있었는데 사료 내 에너지 수준과 단백질 및 라이신 함량의 조절을 통해 돈육의 근내지방 함량을 증가시키려는 연구는 매우 활발하게 수행되어왔다(Castell 등, 1994; Essen-Gustavsson 등, 1994; Kerr 등, 1995; Cisneros 등, 1996; Blanchard 등, 1999; Witte 등, 2000; Donato 등, 2006; Park 등, 2006). 상강도의 정도를 결정하는 요인에는 유전적 특징, 일령, 성숙도, 영양소, 높은 에너지 함량 등이 있다. 그렇기 때문에 근내 지방 함량을 증가시키기 위한 육종, 영양, 사양관리 측면에서 다양한 연구들이 이루어지고 있다. Jones 등(1994)은 상강도의 증가는 PSE 돈육의 발생을 줄여주며, 돼지고기의 육질의 유전적 특성은 영양소 등에 비해 연도나 맛과의 관계가 낮다고 보고하였다. 하지만 상강도가 매우 낮은 유전적 특성을 가진 돼지에

높은 에너지 함량의 사료를 급여하여도 상강도는 증가하지 않는다는 보고도 있다(Jones, 1992).

라이신은 양돈 사료에 있어서 제 1 제한 아미노산이며 돼지에 있어서 라이신의 요구량은 사료 내 단백질 함량, 사료의 급여방법, 정육 비율의 증가, 다른 제한 아미노산들의 균형 등에 영향을 받는다. 저 라이신 이나 저 단백질 사료 급여 시 근육단백질 합성효율의 저하로 인한 여분의 아미노산이 분해되어 체지방합성에 이용된다(Witte 등, 2000). 그리고 흡수된 라이신은 간과 신장에서 carnitine을 합성하며(Mayes 등,1996), 근육에 존재하고 있는 carnitine은 지방산 분해에 관여하여 carnitine의 부족은 지방산 분해를 억제하여 근육 내 지방축적을 증가시킬 수 있다(Heo 등, 2000). 또한 단백질과 에너지의 비율은 돼지의 단백질과 지방의 축적 비율을 결정하며, 육성-비육기에 단백질 에너지 비율이 낮은 사료를 급여하였을 때 근내지방의 축적량이 증가한다는 보고가 있고(Castell 등, 1994; Blanchard 등, 1999), 단백질과 에너지 대사과정에 상호 작용하는 비 영양적 요소들 또한 돈육 생산량에 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Taylor 등, 1992). 또한 일반적으로 지방의 축적은 주로 비육기에 이루어지며, 성숙 후 근육 생성에 필요한 에너지 외의 잉여 에너지는 근내지방의 합성에 이용되는 것으로 알려져 있다.

하지만 성장단계에 따라 라이신과 에너지의 조절이 차후 비육돈의 육질의 개선에 미치는 영향에 대한 연구는 수행된 바가 없어 본 실험에서는 삼원 교잡종을 이용하여 자돈기와 육성기의 라이신과 에너지의 수준을 조절이 자돈기부터 비육기까지의 성장과 출하 시 돈육의 육질에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 실험동물 및 실험설계

평균체중 $7.20 \pm 0.80\text{kg}$ 의 21일령에 이유했한 삼원 교잡종([Landrace×Yorkshire]×Duroc) 96두를 체중, 성별을 고려하여 공시하였으며 23주간 서울대학교 부속 실험목장에서 사양실험이 수행되었다. 전체 4처리 6반복으로 돈방 당 4두씩 성별과 체중에 따라 난괴법(Randomized Complete Block Design)으로 배치하였다. 처리구는 자돈-육성기에 1) LE1: 모든 영양소를 NRC(1998)기준에 맞추어 급여, 2) LE2: ME 함량 NRC 요구량 기준, 라이신함량 NRC 요구량의 80%급여, 3)LE3: ME 함량 NRC 요구량 대비 10%증가, 라이신 함량 NRC 기준 급여, 4) LE4: ME 함량 NRC 요구량 대비 10%증가, 라이신 함량 NRC 요구량 대비 80% 급여였으며, 비육기에는 모든 처리구의 영양소를 NRC 기준에 맞게 배합한 사료를 일괄급여 하였다. 실험사료는 옥수수-대두박 위주로 배합되었고 원료 및 화학적 조성은 표 2, 3, 4, 5에 나타내었다.

(표 2). 자돈기 실험 사료 배합비 (Phase I, 0-3주)

	LE1	LE2	LE3	LE4
EP-corn	42.90	47.14	36.22	47.14
SBM-44	25.28	15.00	25.28	15.00
Soy protein	12.54	12.52	12.80	12.52
Dried skim milk	0.98	1.20	0.98	1.20
Lactose	14.48	19.90	11.50	10.72
Soy oil	0.66	0.74	10.00	9.92
MCP	1.18	1.42	1.24	1.42
Limestone	1.18	1.16	1.16	1.16
DL-Met	0.08	0.20	0.10	0.20
Vit. Mix. ¹⁾	0.12	0.12	0.12	0.12
Min. Mix. ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline-Cl	0.10	0.10	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10	0.10	0.10
Antibiotics ³⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical Composition ⁴⁾				
ME (kcal/kg)	3265.58	3265.52	3591.60	3591.60
CP (%)	23.00	18.84	22.66	18.84
Lysine (%)	1.35	1.08	1.35	1.08
Methionine (%)	0.44	0.44	0.44	0.44
Ca (%)	0.80	0.80	0.80	0.80
Total P (%)	0.65	0.65	0.65	0.65

¹⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000.00 IU; vitamin D, 1,600.00 IU; vitamin E, 17.40 IU; vitamin K3, 2.40 mg; vitamin B2, 3.20 mg; Ca Pantothenate, 8.00 mg; Niacin, 16.00 mg; Biotin, 0.1 mg; Ethoxquin, 12.00 mg; vitamin B12, 12.00 g.

²⁾ Provided the following per kilogram of diet: Fe, 79.57 mg; Cu, 68.68 mg; Zn, 37.74 mg; Mn, 15.50 mg; Co, 0.16 mg; Ca, 0.18 mg.

³⁾ Avilamycin (10 mg/kg) was added.

⁴⁾ Calculated value.

(표 3). 자돈기 실험 사료 배합비 (Phase II, 3-5주)

	LE1	LE2	LE3	LE4
EP-corn	51.00	63.98	44.24	56.34
SBM-44	29.04	10.00	29.04	10.00
Soy protein	6.36	11.78	6.60	12.20
Dried skim milk	0.00	1.20	0.00	1.20
Lactose	9.88	9.48	6.96	7.28
Soy oil	0.66	0.34	10.04	9.70
MCP	1.14	1.30	1.22	1.36
Limestone	1.14	1.12	1.12	1.10
DL-Met	0.06	0.08	0.06	0.10
Vit. Mix.1)	0.12	0.12	0.12	0.12
Min. Mix.2)	0.10	0.10	0.10	0.10
salt	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline-Cl	0.10	0.10	0.10	0.10
ZnO	0.10	0.10	0.10	0.10
Antibiotics3)	0.10	0.10	0.10	0.10
Sum	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical Composition4)				
ME (kcal/kg)	3265.77	3265.39	3592.09	3591.53
Crude protein (%)	21.00	17.38	20.64	17.38
Lysine (%)	1.19	0.96	1.19	0.96
Methionine (%)	0.37	0.37	0.37	0.37
Ca (%)	0.75	0.75	0.75	0.75
Total P (%)	0.63	0.63	0.63	0.63

¹⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000.00 IU; vitamin D, 1,600.00 IU; vitamin E, 17.40 IU; vitamin K3, 2.40 mg; vitamin B2, 3.20 mg; Ca Pantothenate, 8.00 mg; Niacin, 16.00 mg; Biotin, 0.1 mg; Ethoxquin, 12.00 mg; vitamin B12, 12.00 g.

²⁾ Provided the following per kilogram of diet: Fe, 79.57 mg; Cu, 68.68 mg; Zn, 37.74 mg; Mn, 15.50 mg; Co, 0.16 mg; Ca, 0.18 mg.

³⁾ Avilamycin (10 mg/kg) was added.

⁴⁾ Calculated value.

(표 4). 육성기 실험사료 배합비

	LE1	LE2	LE3	LE4
Corn	64.74	63.82	53.70	52.22
SBM-46	24.54	21.56	25.12	21.72
Wheat bran	5.00	6.66	4.98	7.24
Corn gluten meal	2.06	4.30	3.00	5.48
Soy oil	0.98	1.18	10.48	10.82
DCP	1.06	1.04	1.14	1.14
Limestone	0.80	0.84	0.76	0.78
L-lysine-HCl	0.18	0.00	0.18	0.00
DL-Met	0.04	0.00	0.04	0.00
Vit. Mix. ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix. ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Antibiotics ³⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical Composition ⁴⁾				
ME (kcal/kg)	3265.26	3265.20	3591.77	3591.63
Crude protein (%)	18.00	18.00	18.00	18.00
Lysine (%)	0.95	0.76	0.95	0.76
Methionine (%)	0.29	0.29	0.29	0.29
Ca (%)	0.60	0.60	0.60	0.60
Total P (%)	0.50	0.50	0.50	0.50

¹⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000.00 IU; vitamin D, 1,600.00 IU; vitamin E, 17.40 IU; vitamin K3, 2.40 mg; vitamin B2, 3.20 mg; Ca Pantothenate, 8.00 mg; Niacin, 16.00 mg; Biotin, 0.1 mg; Ethoxquin, 12.00 mg; vitamin B12, 12.00 g.

²⁾ Provided the following per kilogram of diet: Fe, 79.57 mg; Cu, 68.68 mg; Zn, 37.74 mg; Mn, 15.50 mg; Co, 0.16 mg; Ca, 0.18 mg.

³⁾ Avilamycin (10 mg/kg) was added.

⁴⁾ Calculated value.

(표 5) 비육기 실험사료 배합비

	Basal diet
Corn	73.64
SBM-46	21.18
Wheat bran	3.10
DCP	0.05
Limestone	0.65
L-Lysine-HCl	0.88
Vit. Mix. ¹⁾	0.10
Min. Mix. ²⁾	0.10
Salt	0.30
Total	100.00
Chemical Composition ³⁾	
ME (kcal/kg)	3265.04
Crude protein (%)	15.50
Lysine (%)	0.75
Methionine (%)	0.24
Ca (%)	0.50
Total P (%)	0.45

¹⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000.00 IU; vitamin D, 1,600.00 IU; vitamin E, 17.40IU; vitamin K3, 2.40 mg; vitamin B2, 3.20 mg; Ca Pantothenate, 8.00 mg; Niacin, 16.00 mg; Biotin, 0.1 mg; Ethoxquin, 12.00 mg; vitamin B12, 12.00 g.

²⁾ Provided the following per kilogram of diet: Fe, 79.57 mg; Cu, 68.68 mg; Zn, 37.74 mg; Mn, 15.50 mg; Co, 0.16 mg; Ca, 0.18 mg.

³⁾ Calculated value.

나. 사양 실험

삼원교잡종([Landrace×Yorkshire]×Duroc) 이유자돈 96두를 체중, 성별을 고려하여 공시하였으며 자돈기 5주, 육성기 8주, 비육기 10주, 총 23주간 사양실험이 수행되었으며 실험사료의 에너지 함량과 라이신 함량을 제외한 기타 영양소 수준은 NRC(1998)와 같거나 높게 급여하였다. 시험돈은 자각 사양단계에 따라 슬롯-콘크리트 바닥인 자돈사(각 돈방의 넓이, 0.90×2.15 m²), 육성사(1.26×2.55 m²), 비육사(1.6×3 m²)에서 사육되었으며 실험 기간 동안 사료와 물은 자유 채식하였다. 실험 개시 시 BUN 측정을 위하여 임의의 6마리의 채혈을 실

시하였으며, 자돈기 매주, 육성기 3주와 6주 그리고 8주, 비육기 4주와 10주에 사료섭취량 및 체중을 측정하여 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율을 계산하였다. 매번 체중 측정 시 아침 8:00부터 절식 시킨 후 2시간이 지난 후에 처리 당 6두씩 임의로 선발하여 혈액 sample 을 경정맥에서 채혈한 후 혈액을 4°C에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리하여 수거한 혈청에서 혈중 요소태 질소(BUN, blood urea nitrogen) 함량을 측정하였다.

다. 영양소 소화율 실험

소화율실험은 자돈기와 육성기에 각각 평균체중 $8.62 \pm 0.16\text{kg}$, $37.98 \pm 0.71\text{kg}$ 인 돼지들을 4처리 3반복, 총 12두를 공시하여 완전임의배치법(Completely Randomized Design)으로 대사틀에 1마리씩 수용하였고, 5일간의 적응기를 거친 후 5일간 분과 뇨를 전분채취법으로 채취하였다. 본 실험기 5일 동안 하루에 한 번씩 분과 뇨를 채취하였고, 사료는 하루에 두 번씩 07:30 및 19:30에 제한 급이 시켰으며 물은 자유 급이 시켰다. 본 실험 기간 중 채취된 분은 플라스틱 백에 넣어 냉동 보관(-20°C) 하였고 뇨는 1.25N H₂SO₄ 50ml을 미리 부어 놓은 플라스틱 통에 채취하여 냉동보관 하였으며 분은 건조기에서 60°C 에서 72시간 동안 건조 후 스크린 직경 1mm Wiley Mill을 이용하여 분쇄하였다. 사료 분 및 뇨 샘플의 일반성분 분석(건물, 조단백질, 조지방, 조회분)은 AOAC(1995)의 방법에 따라 분석하였고, 영양소 소화율과 질소 이용률을 측정하기 위해 수행되었다.

라. 해부 실험

(1) 자돈기

4처리 3반복 총 12두(평균체중, 14.52kg)를 공시하여 실험 개시 5주차에 시행하였다. 해부하기 전 척추 부분의 10번 rib의 등지방 두께를 측정한 후, 전기 충격에 의해 돼지를 도살하였고, 등심과 삼겹살 부위에서 각각 100g씩 지방산 분석을 하기 위해 샘플을 채취하여 신속히 질소 통에 넣어 -70°C 에 보관하였다.

(2) 육성기

4처리 3반복 총 12두(평균체중, 40.37kg)를 공시하여 육성 3주차에 시행하였다. 해부하기 전 척추 부분의 9, 10번 rib 사이의 등지방 두께를 측정한 후, 전기 충격에 의해 돼지를 도살하였고, 등심과 삼겹살 부위에서 각각 100g씩 지방산 분석 하기 위해 샘플을 채취하여 신속히 질소통에 넣어 -70°C 에 보관하였다.

마. 육질분석

육질 분석을 위해 비육 사양 종료 후 처리별로 8마리씩 (암컷 4 마리, 숫컷 4 마리), 평균 체중 116.96 ± 1.89 kg인 총 16두를 임의로 선발하여 등심의 늑골 마지막 부위 일정한 부분을 채취하였으며, 8, 9번 갈비뼈 부위의 삼겹살을 200g 채취하여 신속히 질소통에 넣어 -70°C 로 보관 하였다.

(1) 일반성분

일반성분 분석은 AOAC(1990)방법에 준하였으며, 수분함량은 oven건조법, 조단백질은 조단백질 증류장치(Buchi 339, Germany), 조지방은 Soxhlet 추출법 (Buchi B-811, Swiss), 조회분은 회화로 (JR11-402, 현대화공(주), 대한민국에서 800°C 로 5시간동안 회화시킨 후 그 함량을 백분율(%)로 나타내었다.

(2) pH/육색

시간에 따른 pH와 육색의 변화는 도축 후 45분, 24시간 경과 시에 pH meter(Model 720, Thermo Orion, U.S.A)와 Chromameter (CR-300, Minolta Camera Co, Japan)를 이용하여 측정하였으며 CIE L^* , b^* , a^* 값을 측정하였다.

(3) 보수력

Filter-paper fluid uptake법을 이용하였으며 등심근을 절개하여 20분간 방치한 후 여과지를 안전히 등심근에 포개어 유리되는 유리 수분을 흡수 시킨 후 여과지에 흡수된 유리육즙을 측정하였다.

(4) 육즙 감량 (drip loss)

사후 24시에 일정한 크기로 등심근을 잘라내어 무게를 잰 후 phlyethylene bag으로 육표면이 닿지 않도록 싸 후 밀봉하여 2°C 에서 48시간 방한한 다음 그 시료의 중량 감소를 %로 산출하였다.

(5) 전단력 (shear force)

등심근을 72°C 로 가열한 후 원통형 표면 채취기(직경 1.27 cm)로 시료를 취함(근섬유 방향과 나란하게) 이후 측정 기기(Series IX, Instron Corp ,USA)로 원통형 시료를 자를 때 (원통형 축과 수직으로 자름)필요한 최대 힘 (N)을 측정하였다.

(6) 가열감량 (cooking loss)

사후 24시에 일정한 크기로 등심근을 잘라내어 쟈 후 polyethylene bag으로 육표면이 닿지 않도록 싼 후 밀봉하여 시료의 심부온도가 72°C가 되도록 수조에서 가열한 후 그 시료의 중량감소를 처음 중량의 %로 산출하였다.

(7) NPPC color/marbling score

미국 NPPC color standard (1=근내지방도 1%~10 = 근내지방도 10%)와 NPPC color standard (1=pale pinkish - gray to white ~ 6 = dark purplish - red)를 이용하여 8명의 전문패널이 측정하였다.

(8) 지방산 산패도

돈육의 저장 중 지방 산패정도를 조사하기 위하여 도축 후 1, 3, 5 및 7일에 Witte 등 (1970)의 방법에 의해 TBA가를 측정하였다.

(9) 지방산

등심과 삼겹살의 지방산 조성 분석은 시료를 0.5g 취한 후 Park과 Coins(1994)의 방법에 의해서 methylation하였다. 시료에 Methanol : Benzen (4:1, v/v) 2 ml와 acetyl chloride 200 μ l를 가한 후 100°C의 heating block에서 1시간 동안 가열하였다. 이를 실온에 충분히 방치한 다음 hexane 1 ml와 6% potassium carbonate 5ml를 가하고 원심분리기를 이용하여 3,000rpm에서 15분간 원심 분리한 후 상등액 1 μ l를 취하여 gas chromatography(agilent 7890A-series)에 injection하였고 분석조건은 다음과 같다. Column의 초기온도는 110°C에서 3min 동안 유지하고 3.0°C/min의 속도로 215°C까지 온도를 상승시켜 3분간 유지하고 3.0°C/min의 속도로 250°C에서 10min 대기하였으며 마지막 온도는 280°C에서 5min 유지하였다. 이때 injector, MSDEI(Agilent, 5975c)의 온도는 각각 250°C로 하였고, 지방산을 standard와 retention time을 비교하여 확인하였으며, 조성은 백분율로 환산하였다.

바. 통계분석

통계 분석은 SAS(2003)의 일반 선형 모형(GLM)을 이용하였다. 사양 실험 결과는 각 돈방을 하나의 실험 단위로 하고, 영양소 소화율과 혈액성상 분석 결과는 각 실험돈을 하나의 단

위로 하여 수집된 자료에 대한 유의성을 검정하였다. 처리간의 결과에 대한 비교 분석은 최소 유의차(LSD) 다중 검정법을 이용하였다. 유의차가 있을 경우 $P < 0.05$ 로, 고도의 유의차가 있을 경우 $P < 0.01$ 로 고려하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

가. 사양성적

(1) 자돈기

사료 내 라이신과 에너지 수준이 자돈의 성장 능력에 미치는 영향을 표 6에 나타내었다. 체중의 경우 자돈의 사양 기간 전 기간에 걸쳐 처리간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 마찬가지로 일당 증체량 또한 자돈기 동안에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만 사료섭취량에서는 에너지를 10% 증가 시킨 LE3와 LE4 처리구에 비해 NRC기준의 에너지를 공급한 LE1과 LE2 처리구가 3~5주 동안과 0~5주 동안에서 유의적으로 높게 나타났다 ($P < 0.05$). 돼지는 보통 자신의 에너지 요구량을 충족시킬 수 있는 정도의 사료 섭취량을 보이며, 사료 내 에너지 함량은 자발적인 사료 섭취량 및 필수 영양소 섭취량을 조절하는 중요한 요인으로 알려져있다(NRC, 1998). 본 실험에서도 에너지를 10% 증가 시킨 사료를 급여하였을 때 낮은 사료 섭취량을 나타내었으며, 이는 에너지 density가 높은 사료를 섭취하였을 때에는 낮은 사료 섭취량으로도 필요한 에너지 요구량을 충족시킬 수 있기 때문으로 사료된다. 반대로 사료 효율에 있어서는 LE3와 LE4 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$) 특히 에너지는 10% 증가 시키고 라이신은 감소시키지 않은 LE3 처리구에서 가장 높게 나타났다. 이는 LE3와 LE4 처리구가 사료 섭취량은 낮지만 다른 처리구와 비슷한 일당 증체량을 가짐으로써 나타난 결과이며 에너지 density를 증가시킨 사료가 사료 효율이 증가시킨다는 Nam과 Aherne(1994)의 결과와 유사한 결과를 보였다.

(2) 육성-비육기

사료 내 라이신과 에너지 수준이 육성돈의 성장 능력에 미치는 영향을 표 7에 나타내었다. 3, 6주에서 LE1 처리구의 체중이 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.01$) 일당 증체량의 경우 0~3주 동안 LE1에서 가장 높게 나타났으며, LE3과 LE4 처리구에서 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.01$). 또한 라이신을 20% 감소시킨 LE2 과 LE4 처리구에서는 각각 LE1 과 LE3 와 비교하였을 때 체중이 유의적으로 낮게 나타났는데, 이는 체단백질을

활발히 형성하는 육성기의 라이신의 제한이 체성장에 부정적인 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다. 3~6주 동안에서도 LE1에서 일당증체량이 가장 높게 나타났으며($P<0.05$), 일당 사료섭취량에 있어서는 자돈기와 마찬가지로 에너지를 10% 증가시킨 LE3와 LE4 처리구에서 다른 처리구에 비해 상대적으로 낮은 경향을 보였으며 LE3 처리구의 경우 유의적으로 낮은 결과를 보였다($P<0.01$). 사료효율을 살펴보면 육성 전 기간에 걸쳐 라이신을 20% 감소시킨 LE2과 LE4 처리구에서 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.01$). Szabo 등(2001)은 낮은 Lys:Energy 비율이 성장능력을 감소시킨다고 보고하였는데, 본 실험에서도 육성기간 동안의 라이신의 제한 급여 및 에너지의 증가로 인한 lys:energy 비율 감소가 체성장을 감소시키는 결과를 보였다.

자돈, 육성기의 라이신과 에너지 수준의 조절이 비육돈의 성장능력에 미치는 영향을 표 8에 나타내었다. 비육기에서는 각 처리구 별로 NRC(1998) 사양표준에 준하는 동일 사료를 급여하였으며 체중, 일당 증체량, 사료효율에 있어서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 그러나 일당 사료 섭취량에 있어서 비육 전기에는 LE1처리구에서 유의적으로 높은 사료 섭취량을 나타내었으며($P<0.01$), 비육 후기에서는 이와 반대로 LE1 처리구에서 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮은 사료섭취량을 나타내었다($P<0.05$). 비육 전기의 사료 섭취량은 자돈, 육성기간 동안의 사료섭취량에 대한 적응으로 인해 LE1 처리구에 비해 다른 처리구이 낮게 나타난 것으로 보이며, 이후 비육 후기에 접어들면서 일반적인 요구량을 충족하는 사료로 인해 사료 섭취량이 증가하고 보상성적이 나타난 것으로 사료된다.

결과적으로 사양 전 기간에 걸쳐 에너지의 증가는 사료섭취량을 감소시키나, 사료효율의 증가를 가져오며 라이신의 감소는 제 1 제한 아미노산의 감소로 성장이 가장 급격하게 일어나는 육성기에서 성장 지체 현상이 보이는 것으로 나타났다.

(표 6). 라이신과 에너지 수준이 자돈의 사양성적에 미치는 영향

	LE1 ¹⁾	LE2	LE3	LE4	SEM ²⁾
Body weight, kg					
Initial	7.20	7.20	7.20	7.20	
1week	8.14	8.00	7.98	7.89	0.10
2week	8.99	9.14	8.62	8.63	0.14
3week	10.40	10.47	10.10	10.11	0.17
4week	13.11	12.95	12.70	12.79	0.21
5week	16.51	16.66	15.64	15.72	0.32
ADG, g					
0~1week	133	115	111	98	9.95
1~3week	162	171	153	158	7.26
3~5week	437	442	396	401	12.13
0~5week	266	270	242	243	7.52
ADFI, g					
0~1week	216	206	170	184	8.93
1~3week	368	369	302	325	11.68
3~5week	752 ^A	752 ^A	608 ^B	655 ^B	19.58
0~5week	493 ^a	491 ^a	397 ^b	430 ^{ab}	13.39
G/F					
0~1week	0.617	0.544	0.621	0.461	0.04
1~3week	0.430	0.458	0.507	0.487	0.01
3~5week	0.582	0.589	0.648	0.613	0.01
0~5week	0.540 ^b	0.550 ^b	0.605 ^a	0.565 ^{ab}	0.01

¹⁾ LE1 : NRC(1998) requirement;

LE2 : CON - Lysine 20%

LE3 : CON + Energy(ME) 10%;

LE4 : CON - Lysine 20% + Energy(ME) 10%

²⁾ Standard error of mean

^{ab} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.05).

^{AB} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.01).

(표 7). 라이신과 에너지 수준이 육성돈의 성장능력에 미치는 영향

	LE1 ¹⁾	LE2	LE3	LE4	SEM ²⁾
Body weight, kg					
Initial	16.51	16.66	15.64	15.72	0.32
3 week	31.79 ^A	29.58 ^{AB}	27.84 ^{BC}	26.76 ^C	0.58
6 week	45.66 ^A	40.30 ^B	38.45 ^B	39.59 ^B	0.83
8 week	52.80	45.36	48.22	47.29	1.09
ADG, g					
0~3 week	728 ^A	616 ^B	581 ^{BC}	526 ^C	18.10
3~6 week	661 ^a	511 ^b	506 ^b	611 ^{ab}	23.17
6~8 week	494	398	733	579	45.79
0~8 week	639	513	599	567	16.83
ADFI, g					
0~3 week	1,325 ^A	1,407 ^A	997 ^B	1,050 ^B	42.06
3~6 week	1,449 ^A	1,438 ^A	938 ^B	1,535 ^A	65.35
6~8 week	1,663	1,471	1,355	1,361	60.62
0~8 week	1,410 ^A	1,393 ^A	1,032 ^B	1,283 ^A	46.02
G/F					
0~3 week	0.550 ^A	0.442 ^C	0.583 ^A	0.502 ^B	0.013
3~6 week	0.460 ^B	0.364 ^C	0.567 ^A	0.399 ^{BC}	0.024
6~8 week	0.285 ^B	0.254 ^B	0.548 ^A	0.424 ^A	0.031
0~8 week	0.467 ^B	0.369 ^C	0.584 ^A	0.444 ^{BC}	0.021

¹⁾ LE1 : NRC(1998) requirement;

LE2 : CON - Lysine 20%

LE3 : CON + Energy(ME) 10%;

LE4 : CON - Lysine 20% + Energy(ME) 10%

²⁾ Standard error of mean

^{ab} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.05).

^{AB} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.01).

(표 8). 자돈, 육성기의 라이신과 에너지 수준의 조절이 비육돈의 성장능력에 미치는 영향

	LE1 ¹⁾	LE2	LE3	LE4	SEM ²⁾
Body weight, kg					
Initial	52.80	45.36	48.22	47.29	1.09
4 week	72.65	62.37	68.48	68.18	1.64
10 week	105.53	106.94	107.41	106.69	2.09
ADG, g					
0~4 week	709	630	673	748	30.99
4~10 week	782	844	795	809	23.71
0~10 week	739	860	817	833	23.50
ADFI, g					
0~4 week	2,117 ^A	1,614 ^B	1,592 ^B	1,717 ^B	66.90
4~10 week	2,264 ^b	2,446 ^{ab}	2,922 ^a	2,549 ^{ab}	105.63
0~10 week	2,237	2,406	2,347	2,259	79.33
G/F					
0~4 week	0.346	0.383	0.422	0.445	0.02
4~10 week	0.391	0.327	0.278	0.323	0.02
0~10 week	0.332	0.364	0.351	0.370	0.01

¹⁾ LE1 : NRC(1998) requirement;

LE2 : CON - Lysine 20%

LE3 : CON + Energy(ME) 10%;

LE4 : CON - Lysine 20% + Energy(ME) 10%

²⁾ Standard error of mean

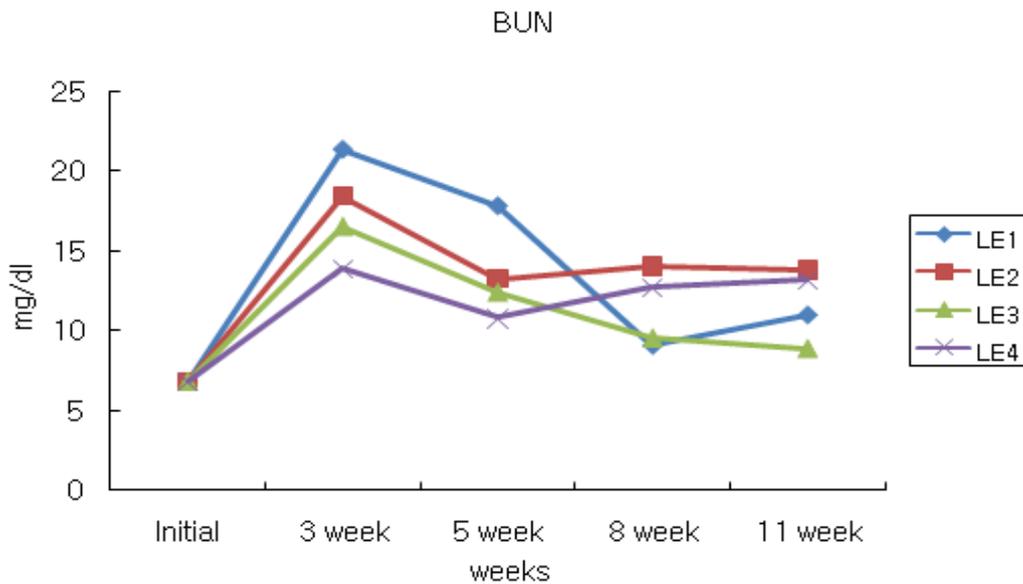
^{ab} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.05).

^{AB} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.01).

나. 혈중 요소태 질소(BUN)

돼지 사료 내 에너지와 라이신 수준의 조절이 혈중 요소태 질소에 미치는 영향을 그림 2에 나타내었다. 자돈 사양 전기간 동안 LE1 처리구의 혈중 요소태 질소의 농도가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다(P<0.01). 일반적으로, 혈중 요소태 질소는 최적의 아미노산 이용률을 나타내는 훌륭한 지표이며(Eggum, 1970), Urea의 생성은 단백질의 섭취의 변화와 아미노산의 이용성 패턴뿐만 아니라 동물이 섭취된 질소를 저장하는 능력을 반영한다. 또한 혈중 요소태 질소는 단백질 섭취와 그 품질에 직접적인 연관성을 가지며, 체내의 식이 아미노산 균형과 역의 상관관계(negative correlation)를 갖는 것으로 알려져 있다(Eggum, 1970; Hahn 등, 1995). 본 실험의 결과 자돈기의 혈중 요소태 질소 함량에서 라이신을 20% 감소시킨 LE2와 LE4 처리구가 LE1과 LE3 처리구에 비해 혈중 요소태 질소 함량이 낮게 나타났다. 이는 자돈기 20% 라이신의 제한이 오히려 아미노산 균형치에 적합하며, 체내 단백

질 대사 효율을 증가시켰기 때문으로 추정된다. 하지만 사양실험에서 처리구 간의 일당증체량의 차이는 나타나지 않았으며 사료 효율의 경우 LE3처리구가 높게 나타나 사양실험과는 다소 다른 결과가 나타났다. 육성기에서는 라이신을 감소시킨 LE2 및 LE4 처리구에서 혈중 요소태 질소 함량이 유의적으로 높게 나타났으며 이는 육성기 LE2와 LE4처리구의 낮은 사료효율과 같은 맥락을 보였다. 이는 육성기의 라이신의 제한이 돼지의 체단백질 합성에 부정적인 영향을 미쳤음을 시사한다.



(그림 2). 자돈, 육성기의 라이신과 에너지 수준의 조절이 돼지의 혈중 요소태 질소에 미치는 영향

다. 영양소 소화율 실험

(1) 자돈기

사료 내 라이신과 에너지 수준이 자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 표 9에 나타내었다. 자돈 사양실험에 이용된 실험사료의 조성은 수분 8.53%, 조단백질 21.96%, 조회분 4.81%, 조지방 2.31%이었으며 조사된 모든 영양소들의 소화율은 대조구와 처리구간에 통계적인 유의성은 없는 것으로 나타났다. 자돈기의 질소섭취량은 사료 내 라이신을 제한한 LE2, LE3처리구가 낮게 나타났으며($P < 0.01$) 라이신의 함량이 높은 사료를 급이한 LE1, LE3 처리구의 질소축적율이 유의적으로 높게 나타났다. 이는 BUN의 결과와 유사하며 라이신의 제한은 체단백질 합성에 부정적 영향을 미치는 것으로 사료된다($P < 0.05$).

(표 9). 라이신과 에너지 수준이 자돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

	LE1 ¹⁾	LE2	LE3	LE4	SEM ²⁾
Mean Digestibility, %					
Dry matter	93.50	94.29	94.46	94.51	0.36
Crude protein	92.32	93.23	93.12	92.58	0.52
Crude ash	85.56	86.66	86.19	85.23	0.82
Crude fat	78.21	82.50	83.10	84.00	2.22
N-retention /day, g					
N-intake	5.09 ^A	4.03 ^C	4.88 ^B	3.55 ^D	0.19
Fecal N	0.39	0.30	0.47	0.27	0.05
Urinary N	2.41	2.01	2.06	1.93	0.09
N retention ³⁾	2.29 ^a	1.72 ^{ab}	2.35 ^a	1.35 ^b	0.15

¹⁾ LE1 : NRC(1998) requirement;

LE2 : CON - Lysine 20%

LE3 : CON + Energy(ME) 10%;

LE4 : CON - Lysine 20% + Energy(ME) 10%

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ N retention (g) = N intake (g) - Fecal N (g) - Urinary N (g).

^{a,b} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.05).

^{A,B,C,D} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.01).

(표 10). 라이신과 에너지 수준이 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

	LE1 ¹⁾	LE2	LE3	LE4	SEM ²⁾
Mean Digestibility, %					
Dry matter	91.38	91.22	93.29	92.77	0.45
Crude protein	91.17	89.20	93.15	92.56	0.62
Crude ash	71.89	70.74	75.82	72.95	1.34
Crude fat	63.28 ^B	60.47 ^B	91.81 ^A	91.95 ^A	4.87
N-retention /day, g					
N-intake	22.44	18.71	22.34	22.20	0.15
Fecal N	0.39	0.30	0.47	0.27	0.62
Urinary N	2.41	2.01	2.06	1.93	0.83
N retention ³⁾	19.64	16.40	19.81	20.00	0.76

¹⁾ LE1 : NRC(1998) requirement;

LE2 : CON - Lysine 20%

LE3 : CON + Energy(ME) 10%;

LE4 : CON - Lysine 20% + Energy(ME) 10%

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ N retention (g) = N intake (g) - Fecal N (g) - Urinary N (g).

^{A,B} Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.01).

2) 육성기

사료 내 라이신과 에너지 수준이 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 표 10에 나타내었다. 육성기 사양실험에 이용된 실험사료의 조성은 건물 91.37% 중에 조단백질 19.19%, 조회분 4.50%, 조지방 2.75%이었다. 지방소화율($P < 0.01$)을 제외한 나머지 영양소 소화율은 차이가 없었으며, 지방소화율의 경우 에너지 함량이 높은 LE3, LE4 처리구가 지방소화율이 유의적으로 높게 나타났다. Owen 등(1996)의 연구에 의하면 자돈에게 대두유(soy oil)를 급여 시 자돈의 일당증체량이 개선된다고 보고하였는데 본 연구에서 나타난 LE3과 LE4 처리구의 높은 지방소화율은 이와 같은 이유로 추정되며 에너지의 밀도보다는 대두유(soy oil) 급여 효과로 예상된다.

라. 육질분석

라이신에너지 수준이 돈육의 품질에 미치는 영향을 표 11에 나타내었다. 육색은 소비자가 즉석에서 고기 품질을 평가하여 구입여부를 결정하는 주된 기준으로 Van der Wal 등(1995)이 보고한 바에 따르면, stress로 인한 체내의 열 발생으로 인해 단백질이 변성되고, 이러한 변성된 단백질에 의해 육색이 변화 된다고 하였다.

고기의 명도(luminance or brightness)를 나타내는 L값과 홍도(red-green component)를 나타내는 a값, 황도(yellow-blue component)를 나타내는 b값에 있어서 유의적인 차이가 나타났다. 도축 후 2시간(initial)시점에는 각 처리구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 도축 후 24시간의 LE1, LE2 처리구의 L값이 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.01$) 소비자가 돈육을 선택하는데 있어 가장 중요한 지표로 뽑히는 a값의 경우 LE2, LE3 처리구가 유의적으로 높게 나타났다($P < 0.01$). 또한 Kauffman 등(1993)은 도축 후 24시간이 지났을 때 L value가 58이상이면 PSE 돈육이라고 보고하였는데, 본 실험에서는 모든 처리구에서 PSE 돈육이 발생하지 않았다.

도축 후 돈육의 pH 변화를 그림 3에 제시하였으며 대조구와 처리구간에 유의적인 차이는 발견되지 않았다. 이는 라이신의 제한이나 에너지함량의 증가가 pH의 변화에 영향을 미치지 않는다는 Szabo 등(2001)의 보고와 유사한 결과이다.

Apple 등(2004)은 라이신의 제한이나 에너지 함량 증가된 사료의 급여가 등지방 두께를 증가시킨다고 보고하였지만 본 연구에서 도축 시 비육돈의 등지방 두께는 평균 17.33 mm로 나타났고 각 처리간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 돈육의 일반성분 결과 또한 처리구간의 차이가 발견되지 않았다. 조지방 함량의 경우 LE3 처리구가 수치상으로 낮게 나타났지만 유의적인 차이는 발견되지 않았고 상강도 또한 차이가 나타나지 않았다.

보수력은 일반적으로 돈육의 내외적 환경변화에 대해 돈육내의 물을 보유 할 수 있는 능력을 의미하며 육즙감량 (drip loss), 가열감량(cooking loss) 그리고 여과지 흡수법(Filter paper fluid uptake: FFU)에서 모두 유의적인 차이를 보이지 않았고 전단력 또한 처리구간의 유의적 차이가 나타나지 않았다.

도축 후 7일까지의 4℃ 냉장 저장기간 중 지방의 산패정도(TBARS value)를 그림 4에 나타내었다. 저장 기간이 증가함에 따라 산패도가 점차 증가하는 일반적인 경향을 보였고 3, 5, 7일에 LE1 처리구의 TBA value가 높게 나타났지만 통계적인 유의차는 발견되지 않았다.

사양구간별 등심과 삼겹살의 지방산 조성을 표 12, 13, 14, 15, 16, 17에 나타내었다. 돈육 내 지방산 조성은 돈육의 풍미에 중요한 역할을 하며 단위동물의 경우에는 반추동물과 달리 사료의 지방산 조성이 그대로 생체조직에 반영되는 경향을 보이는 것으로 알려져 있지만(박, 1997), 자돈기의 돈육 내 지방산에 대한 연구는 거의 되어 있지 않다. 본 실험에서는 자돈기의 등심의 경우 palmitoleic acid의 비율이 높게 나타났으며 LE1과 LE2처리구의 palmitoleic acid가 유의적으로 높게 나왔고 LE3,과 LE4처리구의 γ -linolenic acid의 함량이 다른처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 자돈삼겹살의 경우 myristic acid의 함량이 높게 나타났으며 LE2처리구에서 유의적으로 높은 비율을 보였다. Oleic acid의 경우 일반적으로 돈육의 지방산 함량에서 가장높은 비율을 보이는 것으로 알려져있으나 본실험에서는 다른결과를 보였다. 육성기 등심의 경우 모든 처리구간의 유의차가 발견되지 않았으며 삼겹살의 경우 LE1, LE2와 LE3, LE4처리구간의 결과가 극단적으로 상이하게 나와 분석상의 오류로 추정된다. 비육기 역시 각처리구에 따른 유의적 차이가 나타나지 않았으며 비육기의 등심 및 삼겹살의 지방산 함량은 일반적인 비육돈의 지방산 조성과의 크게 차이가 나지 않았다.

(표 11). 자돈, 육성기의 라이신과 에너지 수준의 조절이 돼지의 등지방과 돈육의 육질에 미치는 영향

	LE1 ¹⁾	LE2	LE3	LE4	SEM ²⁾
Back-fat thickness,mm	16.30	17.00	17.70	18.3	0.62
Proximate analysis					
Water, %	74.25	73.79	74.12	73.99	0.30
Ash, %	1.29	1.24	1.32	1.35	0.04
Lipid, %	2.56	3.12	1.74	2.80	0.32
Protein, %	21.91	21.84	22.82	21.86	0.26
NPPCmarbling score ³⁾	1.87	2.93	2.40	2.13	0.20
NNPC color score ⁴⁾	2.80	2.47	2.87	3.07	0.14
CIE color (24h) ⁵⁾					
L*	44.99 ^{AB}	47.97 ^A	43.28 ^B	43.17 ^B	0.62
a*	3.66 ^C	5.45 ^A	4.62 ^{AB}	4.24 ^{BC}	0.19
b*	6.24 ^b	7.53 ^a	6.55 ^b	6.23 ^b	0.18
FFU, mg ⁶⁾	52.67	67.67	80.33	62.67	6.36
Drip loss, %	1.31	1.60	1.12	1.98	0.18
Coking loss, %	19.63	20.37	21.11	20.76	0.78
Shear force	31.80	33.58	32.09	36.82	2.45

¹⁾ LE1 : NRC(1998) requirement;

LE2 : CON - Lysine 20%

LE3 : CON + Energy(ME) 10%;

LE4 : CON - Lysine 20% + Energy(ME) 10%

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ Marbling scores estimated using NPPC (1991 equation)

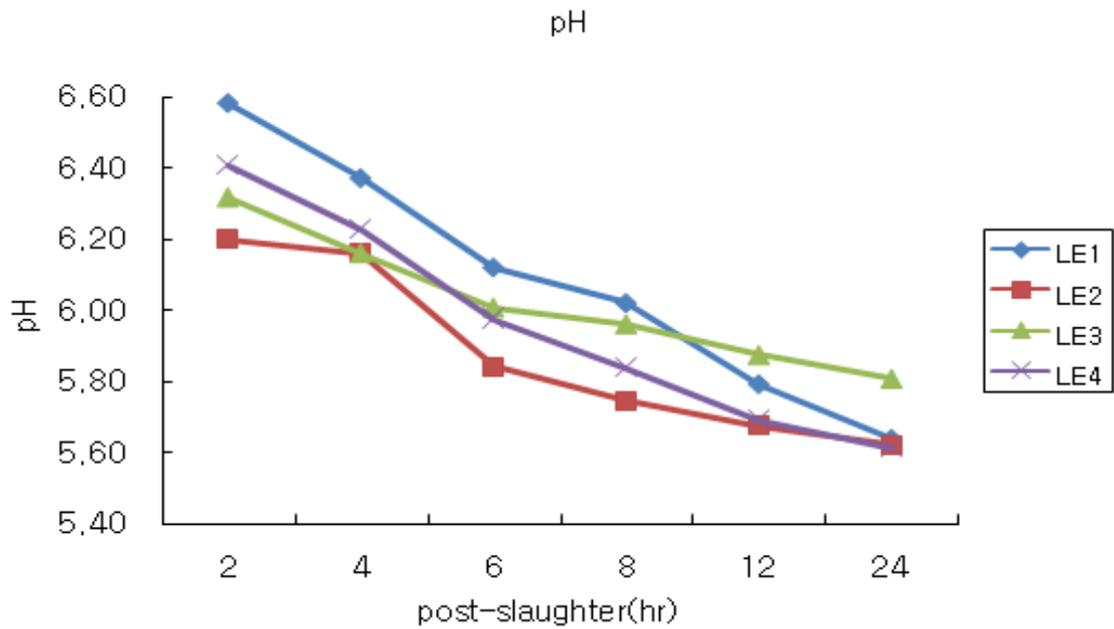
⁴⁾ Color scores estimated using NPPC (1991 equation)

⁵⁾ CIE L : luminance or brightness (very from black to white), a : red-green component (+a=red, -a=green), yellow-blue component (+b=yellow, -b=blue)

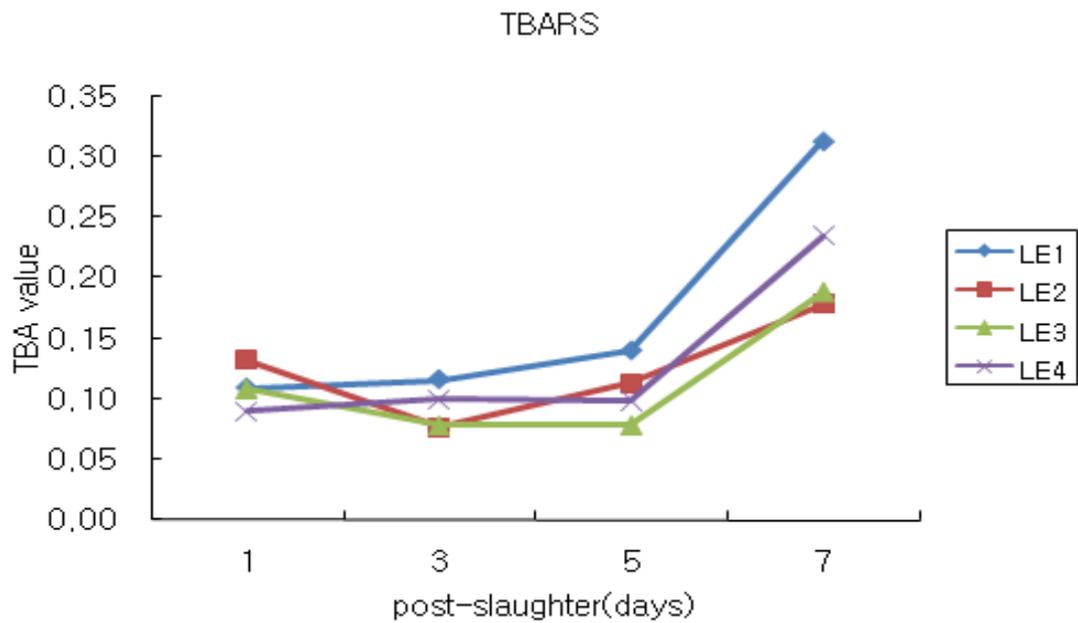
⁶⁾ Measured by Filter-paper fluid uptake

^{ab} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.05).

^{ABC} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.01).



(그림 3). 자돈, 육성기의 라이신과 에너지 수준의 조절이 돈육의 pH에 미치는 영향



(그림 4). 자돈, 육성기의 라이신과 에너지 수준의 조절이 돈육의 지방 산패도 (TBARS)에 미치는 영향

(표 12). 라이신과 에너지 수준의 조절이 자돈의 등심 내 지방산 조성에 미치는 영향

	LE1 ¹⁾	LE2	LE3	LE4	SEM ²⁾
Mysristic acid, %	9.52	14.34	15.34	23.98	3.73
Palmitic acid, %	19.19	21.52	15.18	14.71	1.75
Palmitoleic acid, %	28.23 ^a	22.92 ^{ab}	20.45 ^b	17.45 ^b	1.52
Stearic acid, %	11.98	12.75	9.30	8.38	1.31
Oleic acid, %	14.31	11.33	9.41	13.86	1.30
Linoleic acid, %	0.00	0.00	4.78	1.65	1.02
γ -Linolenic acid, %	8.46 ^{bc}	7.22 ^c	15.85 ^a	11.88 ^{ab}	1.24
Eicosenoic acid, %	8.31	8.37	6.69	5.66	1.02
Arachidonic acid, %	0.00	0.00	0.00	1.16	0.35
Eicosapentaenoic acid, %	0.00	1.57	3.00	1.26	0.90

¹⁾ LE1 : NRC(1998) requirement;
 LE2 : CON - Lysine 20%
 LE3 : CON + Energy(ME) 10%;
 LE4 : CON - Lysine 20% + Energy(ME) 10%

²⁾ Standard error of mean.

^{abc} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.05).

(표 13). 라이신과 에너지 수준의 조절이 자돈의 삼겹살 내 지방산 조성에 미치는 영향

	LE1 ¹⁾	LE2	LE3	LE4	SEM ²⁾
Mysristic acid, %	33.20 ^b	39.76 ^a	26.67 ^c	30.20 ^{bc}	1.56
Palmitic acid, %	13.53	11.91	12.28	14.77	0.62
Palmitoleic acid, %	22.07	19.99	18.50	10.58	1.80
Stearic acid, %	5.92	4.94	5.05	3.75	0.54
Oleic acid, %	18.39 ^{bc}	14.87 ^c	18.77 ^b	22.44 ^a	0.94
Linoleic acid, %	0.70	0.90	0.88	0.00	0.33
γ -Linolenic acid, %	4.54 ^b	3.56 ^b	14.55 ^a	14.83 ^a	1.78
Eicosenoic acid, %	0.99	0.00	1.74	2.75	0.44
Arachidonic acid, %	0.00	0.00	1.14	0.13	0.22
Eicosapentaenoic acid, %	0.67	0.00	0.42	0.53	0.16
Decosatetraenoic acid, %	0.00	0.00	0.00	0.03	0.10

¹⁾ LE1 : NRC(1998) requirement;
 LE2 : CON - Lysine 20%
 LE3 : CON + Energy(ME) 10%;
 LE4 : CON - Lysine 20% + Energy(ME) 10%

²⁾ Standard error of mean.

^{abc} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.05).

(표 14). 라이신과 에너지 수준의 조절이 육성돈의 등심 내 지방산 조성에 미치는 영향

	LE1 ¹⁾	LE2	LE3	LE4	SEM ²⁾
Mysristic acid, %	6.31	26.41	13.76	10.33	3.36
Palmitic acid, %	27.53	12.49	9.72	22.46	3.29
Palmitoleic acid, %	5.62	13.70	7.47	7.29	2.01
Stearic acid, %	20.56	9.37	5.68	15.85	2.45
Oleic acid, %	3.62	13.45	6.33	6.47	1.87
Linoleic acid, %	23.96	10.35	44.71	23.65	7.13
γ -Linolenic acid, %	9.37	1.00	1.31	0.00	2.32
Eicosenoic acid, %	0.00	2.09	6.29	6.69	1.25
Arachidonic acid, %	0.00	6.18	1.58	3.45	1.09
Eicosapentaenoic acid, %	3.03	4.52	3.17	3.80	0.11
Decosatetraenoic acid, %	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00

¹⁾ LE1 : NRC(1998) requirement;

LE2 : CON - Lysine 20%

LE3 : CON + Energy(ME) 10%;

LE4 : CON - Lysine 20% + Energy(ME) 10%

²⁾ Standard error of mean.

(표 15). 라이신과 에너지 수준의 조절이 육성돈의 삼겹살 내 지방산 조성에 미치는 영향

	LE1 ¹⁾	LE2	LE3	LE4	SEM ²⁾
Mysristic acid, %	15.61	14.11	6.38	2.76	3.09
Palmitic acid, %	21.88	10.83	4.68	1.83	3.12
Palmitoleic acid, %	8.29	13.31	12.33	19.72	2.05
Stearic acid, %	15.05	9.34	3.09	1.27	2.17
Oleic acid, %	11.37	17.34	7.11	4.08	2.11
vaccenic acid	17.78	12.71	13.96	8.03	2.52
Linoleic acid, %	0.26 ^B	0.21 ^B	38.68 ^A	54.86 ^A	8.17
γ -Linolenic acid, %	3.20	5.00	7.85	3.89	1.09
Linolenic acid	3.97	10.58	4.69	2.64	1.81
Eicosenoic acid, %	2.18	4.80	0.83	0.30	0.84
Arachidonic acid, %	0.00 ^b	0.00 ^b	0.19 ^{ab}	0.34 ^a	0.05
Eicosapentaenoic acid, %	0.14	1.38	0.14	0.16	0.29
Decosatetraenoic acid, %	0.28	0.40	0.08	0.11	0.11

¹⁾ LE1 : NRC(1998) requirement;

LE2 : CON - Lysine 20%

LE3 : CON + Energy(ME) 10%;

LE4 : CON - Lysine 20% + Energy(ME) 10%

²⁾ Standard error of mean.

^{abc} Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.05).

^{ABC} Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.01).

(표 16). 라이신과 에너지 수준의 조절이 비육돈의 등심 내 지방산 조성에 미치는 영향

	LE1 ¹⁾	LE2	LE3	LE4	SEM ²⁾
Palmitic acid, %	24.48	24.52	22.87	22.91	0.17
Palmitoleic acid, %	2.28	2.23	2.54	2.16	0.92
Stearic acid, %	16.61	16.55	15.96	15.68	0.37
Oleic acid, %	41.58	42.11	44.96	45.38	0.73
Linoleic acid, %	14.29	13.98	12.93	13.37	0.65
Eicosenoic acid, %	0.76	0.61	0.74	0.50	0.06

¹⁾ LE1 : NRC(1998) requirement;
 LE2 : CON - Lysine 20%
 LE3 : CON + Energy(ME) 10%;
 LE4 : CON - Lysine 20% + Energy(ME) 10%

²⁾ Standard error of mean.

(표 17). 라이신과 에너지 수준의 조절이 비육돈의 삼겹살 내 지방산 조성에 미치는 영향

	LE1 ¹⁾	LE2	LE3	LE4	SEM ²⁾
Palmitic acid, %	22.07	21.65	23.78	24.78	0.19
Palmitoleic acid, %	2.40	1.41	1.80	1.38	1.02
Stearic acid, %	13.13	13.98	13.34	14.91	0.96
Oleic acid, %	40.11	43.38	42.95	36.72	1.41
Linoleic acid, %	21.75	18.98	17.49	21.55	0.76
Eicosenoic acid, %	0.54	0.60	0.64	0.66	0.04

¹⁾ LE1 : NRC(1998) requirement;
 LE2 : CON - Lysine 20%
 LE3 : CON + Energy(ME) 10%;
 LE4 : CON - Lysine 20% + Energy(ME) 10%

²⁾ Standard error of mean.

제 2 절 라이신의 제한사양이 육성-비육돈의 성장능력, 영양소 소화율, 지방산 조성 및 육질에 미치는 영향

1. 서 론

비록 동물성 지방에 대한 우려로 인해 세계적으로 정육형 돈육의 생산이 증가되었지만, 근내지방 함량과 돈육의 연도와 맛 사이에는 높은 상관관계가 있으며 맛에 대한 선호도가 높아 돈육의 상강도에 대한 연구는 지속적으로 행해져왔다. 마찬가지로 국내소비자들은 높은 상강도에 대한 선호도를 가지고 있어 정육형의 저지방 돈육은 소비자의 구매 욕구를 감소 시켰으며 더욱이 정육형 돈육은 육질의 변이가 심하여 PSE(pale soft exudative)와 같은 이상돈육의 출현빈도를 높게 만드는 결과를 초래 하였다.

고기의 품질은 육색과 보수성 그리고 상강도 등으로 특성으로 결정되며 이상돈육은 육색이 좋지 못하고 또한 육질이 견고하지 못해 피하지방의 분리가 일어나고, 육즙손실이 커서 다즙성과 풍미가 떨어진다.

근내지방은 1,2차 근속 사이 있는 지방을 말하며 marbling, 또는 상강지방이라 불리우며 육질을 결정하는 가장 중요한 요인으로 꼽힌다. 상강도가 높은 고기는 용점이 낮아 가열시 고기표면에 막을 만들어 수분손실을 낮추고, 육단백질 변성에 의한 수분생성을 막아 다즙성과 풍미가 높다. 또한 근주막 주위에 축적된 지방은 고기의 강도를 약화시키고 밀도가 낮춰 고기를 부드럽게 만드는 등, 육질과 근내지방 함량은 관계가 깊다. 따라서 근내 지방 함량을 증가시키기 위한 육종, 영양, 사양관리 측면에서 다양한 연구들이 이루어지고 있으며 Jones 등(1994)은 상강도의 증가는 PSE 돈육의 발생을 줄여주며, 돼지고기의 육질의 유전적 특성은 영양소 등에 비해 연도나 맛과의 관계가 낮다고 보고하였으며 상강도는 유전적 특징, 일령, 성숙도, 영양소, 높은 에너지 함량 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다..

Friesen등(1994)과 Loughmiller등(1998)등의 연구에 의하면 단백질이 부족한 사료의 급여는 돼지의 근내지방도를 높이는 것으로 밝혀졌다. 더불어 라이신은 양돈 사료에 있어서 제 1 제한 아미노산으로 라이신은 성장호르몬의 분비를 촉진하고 carnitine을 생성하는 등의 역할을 하며 라이신의 부족은 지방의 축적을 증가시키고 성장을 지연시키는 것으로 알려져 있다. 라이신의 부족은 다른 아미노산의 이용율을 감소시키고 잉여 아미노산의 TCA cycle로의 진입을 증가시켜 지방합성의 원료를 증가시키며 근육 합성에 이용되지 못한 잉여의 에너지를 지방합성에 쓰이게 한

다. 또한 carnitine은 지방의 분해에 관여하므로 라이신의 제한으로 인한 carnitine의 부족은 지방의 분해를 억제시킨다(Khan 등, 1976; Borum 등, 1977).

Essen-Gustavsson 등 (1994), Castell 등 (1994), Kerr 등 (1995), Blanchard 등 (2008)의 연구에 의하면 라이신의 제한사양은 육성 비육돈의 근내지방함량을 유의적으로 감소시켰다는 보고되었으며 Czabo 등 (2001)의 연구에 의하면 라이신을 제한시킨 돼지의 근내 지방도와 보수력이 증가되었고, 도체의 총 지방함량이 증가되고 총 근육량이 감소되는 것으로 나타났다. 또한 출하 전 5, 6주령부터 라이신을 제한 사양시킨 Bidner 등 (2004)과 Witt 등 (2000)의 연구에서도 등심의 단면적(loin eye area)과 총 근육량이 유의적으로 감소되고 근내지방의 함량이 증가된 것으로 나타났다.

여러 연구에서 밝힌 바와 같이 라이신의 제한급이는 육질을 개선시키는 효과가 있으나 총근육량을 감소시키고 성장이 억제되는 부작용이 있어, 성장과 육질에서 최적 효율수준을 보이는 라이신 제한수준을 규명하는 것은 현실적인 고품질 돈육생산에 큰 의미가 있으리라 추정된다.

따라서 본 실험에서는 삼원 교잡종을 이용하여 사료 내 라이신 수준을 조절함으로써 육성기 부터 출하 시 까지 돼지의 성장과 돈육의 상감도 및 육질을 최적화시킬 수 있는 적정 라이신 수준을 설정하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 동물 및 실험 설계

평균체중 24.18 ± 5.62 kg, 8주령의 삼원교잡종([Landrace×Yorkshire]×Duroc) 64두를 체중, 성별을 고려하여 공시하였으며, 서울대학교 부속 실험목장에서 14주간 육성-비육기 사양실험이 수행되었다. 전체 4처리 6반복으로 돈방당 4두씩 성별과 체중에 따라 난괴법(RCBD : randomized complete block design)으로 배치하였다. 처리구는 1) CON: 모든 영양소를 NRC(1998)의 기준에 맞추어 급여, 2) LD1: CON대비 90% 라이신 수준 급여, 3) LD2: CON대비 80% 라이신 수준 급여, 4) LD3: CON대비 70% 라이신 수준 급여였으며, 실험사료는 옥수수-대두박 위주로 배합되었고 원료 및 화학적 조성은 표 18, 19, 20에 나타내었다.

표 18. 육성기 실험 사료 배합비 (0-6주)

	CON	LD1	LD2	LD3
Corn	66.78	65.68	64.47	63.40
SBM-45	13.53	13.44	13.34	13.25
Wheat bran	5.48	7.06	8.80	10.34
Tallow	1.50	1.50	1.50	1.50
Molasses	0.70	0.70	0.70	0.70
Corn gluten meal	8.70	8.70	8.70	8.70
Limestone	0.42	0.48	0.54	0.59
TCP	1.12	1.05	0.98	0.92
L-Lysine-HCl	1.17	0.79	0.37	0.00
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Vit. Mix. ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix. ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Antibiotic ³⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical Composition ⁴⁾				
ME (kcal/kg)	3265.00	3265.06	3265.04	3265.03
Crude protein (%)	18.00	18.00	18.00	18.00
Lysine (%)	0.95	0.86	0.76	0.67
Methionine (%)	0.35	0.35	0.35	0.35
Ca (%)	0.60	0.60	0.60	0.60
Total P (%)	0.50	0.50	0.50	0.50

¹⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000.00 IU; vitamin D, 1,600.00 IU; vitamin E, 17.40 IU; vitamin K3, 2.40 mg; vitamin B2, 3.20 mg; Ca Pantothenate, 8.00 mg; Niacin, 16.00 mg; Biotin, 0.1 mg; Ethoxquin, 12.00 mg; vitamin B12, 12.00 g.

²⁾ Provided the following per kilogram of diet: Fe, 79.57 mg; Cu, 68.68 mg; Zn, 37.74 mg; Mn, 15.50 mg; Co, 0.16 mg; Ca, 0.18 mg.

³⁾ Avilamycin (10 mg/kg) was added.

⁴⁾ Calculated value.

(표 19). 비육전기 실험 사료 배합비 (6-10주)

	CON	LD1	LD2	LD3
Corn	73.53	73.15	72.72	72.38
SBM-45	7.97	8.13	8.32	8.46
Wheat bran	6.29	6.61	6.96	7.25
Tallow	0.40	0.40	0.40	0.40
Molasses	2.00	2.00	2.00	2.00
CGM	7.75	7.75	7.75	7.75
Limestone	0.36	0.36	0.36	0.36
TCP	0.90	0.90	0.90	0.90
L-Lysine-HCl	0.30	0.20	0.09	0.00
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Vit. Mix. ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix. ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical Composition ³⁾				
ME (kcal/kg)	3265.01	3265.00	3265.02	3265.00
Crude protein (%)	15.50	15.50	15.50	15.50
Lysine (%)	0.75	0.68	0.60	0.53
Methionine (%)	0.31	0.32	0.32	0.32
Ca (%)	0.50	0.50	0.50	0.50
Total P (%)	0.45	0.45	0.45	0.45

¹⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000.00 IU; vitamin D, 1,600.00 IU; vitamin E, 17.40 IU; vitamin K3, 2.40 mg; vitamin B2, 3.20 mg; Ca Pantothenate, 8.00 mg; Niacin, 16.00 mg; Biotin, 0.1 mg; Ethoxquin, 12.00 mg; vitamin B12, 12.00 g.

²⁾ Provided the following per kilogram of diet: Fe, 79.57 mg; Cu, 68.68 mg; Zn, 37.74 mg; Mn, 15.50 mg; Co, 0.16 mg; Ca, 0.18 mg.

³⁾ Calculated value.

(표 20). 비육후기 실험 사료 배합비 (10-14주)

	CON	LD1	LD2	LD3
Corn	79.55	79.25	78.94	78.62
SBM-45	4.47	4.59	4.73	4.88
Wheat bran	6.01	6.27	6.52	6.77
Molasses	2.00	2.00	2.00	2.00
CGM	6.10	6.10	6.10	6.10
Limestone	0.41	0.43	0.43	0.43
TCP	0.72	0.70	0.70	0.70
L-Lysine-HCl	0.24	0.16	0.16	0.16
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Vit. Mix. ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix. ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical Composition ³⁾				
ME (kcal/kg)	3265.02	3265.03	3265.05	3265.02
Crude protein (%)	13.20	13.20	13.20	13.20
Lysine (%)	0.60	0.54	0.48	0.42
Methionine (%)	0.28	0.28	0.28	0.28
Ca (%)	0.45	0.45	0.45	0.45
Total P (%)	0.40	0.40	0.40	0.40

¹⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000.00 IU; vitamin D, 1,600.00 IU; vitamin E, 17.40 IU; vitamin K3, 2.40 mg; vitamin B2, 3.20 mg; Ca Pantothenate, 8.00 mg; Niacin, 16.00 mg; Biotin, 0.1 mg; Ethoxquin, 12.00 mg; vitamin B12, 12.00 g.

²⁾ Provided the following per kilogram of diet: Fe, 79.57 mg; Cu, 68.68 mg; Zn, 37.74 mg; Mn, 15.50 mg; Co, 0.16 mg; Ca, 0.18 mg.

³⁾ Calculated value.

나. 사양 실험

삼원교잡종([Landrace×Yorkshire]×Duroc) 육성돈 64두를 체중, 성별을 고려하여 공시하였으며 육성기 6주, 비육기 8주, 총 14주간 사양실험이 수행되었으며 시험사료의 에너지 함량과 라이신 함량을 제외한 기타 영양소 수준은 NRC(1998)과 같거나 높게 급여하였다. 실험돈들은 성장단계에 따라 각각 슬롯-콘크리트 바닥인 육성사(1.26×2.55 m²), 비육사(1.6×3 m²)에서 사육되었으며 실험 기간 동안 사료와 물은 자유 채식하였다. 실험 개시 시 BUN 측정을 위하여 임의의 6마리의 채혈을 실시하였으며, 육성기 3주령과 6주령 그리고 비육기 4주와 8주에 사료섭취량 및 체중을 측정하여 증체량, 사료섭취량 및 사료효율을 계산하였다. 매번 체중 측정 시 아침 8:00부터 절식 시킨 후 2시간이 지난 후에 처리 당 6두씩 임의로 선발하여 혈액 sample을 경정맥에서 채혈한 후 혈액을 4℃에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리하여 수거한 혈청에서 혈중 요소태 질소함량(blood urea nitrogen)을 측정하였다.

다. 영양소 소화율 실험

소화율실험은 비육초기에 평균체중 60.19 ± 2.63 kg인 비육돈 4처리 3반복, 총12두를 공시하여 완전임의배치법(Completely Randomized Design)으로 대사통에 1마리씩 수용하였고, 5일간의 적응기를 거친 후 5일간 분과 뇨를 전분채취법으로 채취하였다. 본 실험기 5일 동안 하루에 한 번씩 분과 뇨를 채취하였고, 사료는 하루에 두 번씩 07:30 및 19:30에 제한 급여 시켰으며 물은 자유급이 시켰다. 본 실험 기간 중 채취된 분은 플라스틱 백에 넣어 냉동 보관(-20℃) 하였고 뇨는 1.25N H₂SO₄ 50ml을 미리 부어 놓은 플라스틱 통에 채취하여 냉동보관 하였으며 분은 건조기에서 60℃에서 72시간 동안 건조 후 스크린 직경 1mm Wiley Mill을 이용하여 분쇄하였다. 사료 분 및 뇨 샘플의 일반성분 분석(건물, 조단백질, 조지방, 조회분)은 AOAC(1995)의 방법에 따라 분석하였고, 영양소 소화율과 질소 이용률을 측정하기 위해 수행되었다.

라. 육질분석

도축장에 도착 후 축산물 등급기준에 의해 도체량, 등지방두께, 외관 및 육질 등을 고려한 돼지 등급판정을 실시하였다. 그리고 육질 분석을 위해 비육 사양종료 후 적정 출하체중에 도달할 때 까지 각 처리별 사료를 급여한 후 처리별로 6마리

씩, 평균 체중 109.83 ± 9.51 kg의 총 24두를 임의로 선발하여 등심의 늑골 마지막 부위 일정한 부분을 채취하였으며, 8, 9번 갈비뼈 부위의 삼겹살을 200g 채취하여 신속히 질소통에 넣어 -70°C 로 보관 하였다.

(1) 일반성분

일반성분 분석은 AOAC(1990)방법에 준하였으며, 수분함량은 oven건조법, 조단백질은 조단백질 증류장치(Buchi 339, Germany), 조지방은 Soxhlet 추출법 (Buchi B-811,Swiss), 조회분은 회화로 (JR11-402, 현대화공(주), 대한민국)에서 800°C 로 5시간 동안 회화시킨 후 그 함량을 백분율(%)로 나타내었다.

(2) pH/육색

시간에 따른 pH와 육색의 변화는 도축 후 45분, 24시간 경과 시에 pH meter(Model 720, Thermo Orion, U.S.A)와 Chromameter (CR-300, Minolta Camera Co, Japan)를 이용하여 측정하였으며 CIE L*, b*, a*값을 측정하였다.

(3) 보수력

Filter-paper fluid uptake법을 이용하였으며 등심근을 절개하여 20분간 방치한 후 여과지를 안전히 등심근에 포개어 유리되는 유리 수분을 흡수 시킨 후 여과지에 흡수된 유리 육즙을 측정하였다

(4) 육즙 감량(drip loss)

사후 24시에 일정한 크기로 등심근을 잘라내어 무게를 잰 후 phlyethylene bag으로 육 표면이 닿지 않도록 싼 후 밀봉하여 2°C 에서 48시간 보관한 다음 그 시료의 중량 감소를 %로 산출하였다.

(5) 전단력(shear force)

등심근을 72°C 로 가열한 후 원통형 표면 채취기(직경 1.27 cm)로 시료를 취함(근섬유

방향과 나란하게) 이후 측정 기기(Series IX, Instron Corp ,USA)로 원통형 시료를 자를 때 (원통형 축과 수직으로 자름)필요한 최대 힘 (N)을 측정하였다.

(6) 가열감량(cooking loss)

사후 24시에 일정한 크기로 등심근을 잘라내어 썬 후 polyethylene bag으로 육표면이 닿지 않도록 싼 후 밀봉하여 시료의 심부온도가 72℃에서 되도록 수조에서 가열한 후 그 시료의 중량감소를 처음 중량의 %로 산출하였다.

(7) NPPC color/marbling score

미국 NPPC color standard (1=근내지방도 1%~10 = 근내지방도 10%)와 NPPC color standard (1=pale pinkish - gray to white ~ 6 = dark purplish - red)를 이용하여 8명의 전문패널이 측정하였다.

(8) 지방산 산패도

돈육의 저장 중 지방 산패정도를 조사하기 위하여 도축 후 1, 3, 5 및 7일에 Witte 등 (1970)의 방법에 의해 TBA가를 측정하였다.

(9) 지방산

등심과 삼겹살의 지방산 조성 분석은 시료를 0.5g 취한 후 Park과 Coins(1994)의 방법에 의해서 methylation시켰다. 시료에 Methanol : Benzen (4:1, v/v) 2 ml와 acetyl chloride 200μl를 가한 후 100℃의 heating block에서 1시간 동안 가열하였다. 이를 실온에 충분히 방치한 다음 hexane 1 ml와 6% potassium carbonate 5ml를 가하고 원심분리를 이용하여 3,000rpm에서 15분간 원심 분리한 후 상등액 1μl를 취하여 gas chromatography(agilent 7890A-series)에 injection하였고 분석조건은 다음과 같다. Column의 초기온도는 110℃에서 3min 동안 유지하고 3.0℃/min의 속도로 215℃까지 온도를 상승시켜 3분간 유지하고 3.0℃/min의 속도로 250℃에서 10min 대기하였으며 마지막 온도는 280℃에서 5min 유지하였다. 이때 injector, MSDEI(Agilent, 5975c)의 온도는 각각 250℃로 하였고, 지방산을 standard와 retention time을 비교하여 확인하였으

며, 조성은 백분율로 환산하였다.

마. 통계분석

통계 분석은 SAS(2003)의 일반 선형 모형(GLM)을 이용하였다. 사양 실험 결과는 각 돈방을 하나의 실험 단위로 하고, 영양소 소화율과 혈액성상 분석 결과는 각 실험돈을 하나의 단위로 하여 수집된 자료에 대한 유의성을 검정하였다. 처리간의 결과에 대한 비교 분석은 최소 유의차(LSD) 다중 검정법을 이용하였다. 유의차가 있을 경우 $P < 0.05$ 로, 고도의 유의차가 있을 경우 $P < 0.01$ 로 고려하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 사양성적

육성-비육돈 사양 내 라이신 수준에 따른 돼지의 성장에 미치는 영향을 표 21에 나타내었다. 본 실험의 결과 육성기 6주차에서 라이신을 10% 감소시킨 LD1 처리구의 체중이 가장 높게 나타났으며, 14주차에서는 CON대조구와 라이신을 10%제한시킨 LD1 처리구가 20%, 30%를 제한시킨 LD3와 LD3처리구에 비해 유의적으로 높은 체중을 보였다, ($P < 0.01$).

마찬가지로 육성기의 일당증체량(ADG)에선 CON과 LD1처리구가 유의적으로 동일한 높은수준의 일당증체량(ADG)을 보였으며, 라이신의 제한에 따라 낮은 일당증체량(ADG)이 나타났다($P < 0.01$). 하지만 비육기의 경우 CON과 LD1 및 LD2 처리구의 일당 증체량(ADG)의 통계적으로 유사하게 나타났으며, LD3 처리구만 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.05$). 이러한 경향은 전 사양기간을 기준으로 하였을시에도 동일하게 나타났다.

일당사료섭취량(ADFI)의 경우 육성기에는 처리구간의 유의적 차이가 없었으나 LD2, LD3처리구의 사료섭취량(ADFI)이 떨어지는 경향을 보였으며 비육기에 LD1 처리구와 LD3처리구가 유의적으로 높은 일당사료섭취량(ADFI)을 보였고, 전 사양기간동안 같은 결과가 나타났다($P < 0.05$). 사료섭취량의 결과에 따르면 체중과 일당

증체량(ADG)이 가장 높은 처리구와 가장 낮은 처리구의 일당섭취량(ADFI)이 높게 나타났으며, 이는 LD1처리구의 경우 높은 성장률로 인한 사료섭취의 증가로 사료되며 LD3처리구의 경우 부족한 영양소의 함량을 다량의 사료섭취를 통해 극복하려 한 것으로 추정된다. 일반적으로 돼지는 영양소가 부족한 사료를 급여할 시 일당사료섭취량(ADFI)이 증가되는 경향이 나타나며, 이러한 예로는 Henry 등(1992)과 Zhang등(2008)연구가 있으며 각각 저단백질과 저영양소 함량의 사료를 급여한 처리구가 유의적으로 높은 일당사료섭취량(ADFI)을 보이는 것으로 나타났다.

사료효율을 살펴보면, 육성기에 라이신을 10% 감소시킨 LD1 처리구가 다른 처리구에 비해 높게 나타났고($P < 0.01$), 이러한 경향은 비육전기까지 유지되었다. 비육기 동안 CON과 LD1 처리구의 사료효율이 LD2와 LD3 처리구와 비교하였을 때 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$). 전 사양기간 동안을 기준으로 비육기와 같은 결과가 나타났다($P < 0.01$). 이러한 결과는 LD3처리구의 높은 사료섭취량이 근육으로 축적되지 못하였음을 시사한다.

본 실험에서 라이신 10%의 제한 급여는 대조구와 통계적으로 동일한 사료효율을 보였으며 이는 10%수준의 제한은 돼지의 성장에 큰 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다. 일반적으로 라이신의 제한급여는 일당증체량(ADG)과 사료 효율을 감소시키는 것으로 알려져 있으며 (Czabo 등, 2001), 이러한 결과와 마찬가지로 본 연구에서도 라이신 10% 제한 처리구를 제외한 라이신의 수준이 낮은 처리구의 사양성적이 떨어지는 경향을 보였다.

본 연구의 결과, 라이신 10% 제한 사양은 대조구와 유사한 성장률을 보여 돼지의 성장 면에서 보았을 때 다른 제한 처리구에 비해 긍정적인 효과를 보였으며, 이는 Lysine:Energy ratio 면에 있어서 균형 잡힌 라이신 수준이라고 추정되고, 20%이상의 제한은 성장에 부정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.

(표 21). 라이신의 제한 사양이 육성-비육돈의 사양성적에 미치는 영향

	CON ¹⁾	LD1	LD2	LD3	SEM ²⁾
Body weight, kg					
Initial	24.18	24.17	24.19	24.18	0.506
3week	39.24	40.58	39.12	38.03	1.009
6week	57.46 ^{AB}	58.83 ^A	53.91 ^{BC}	51.94 ^C	1.354
10week	76.47	82.74	72.91	68.08	2.183
14week	95.90 ^A	98.45 ^A	86.85 ^B	81.71 ^B	2.482
ADG, g					
0~3week	717	782	711	659	27.735
3~6week	868	869	704	663	34.917
0~6week	792 ^A	825 ^{AB}	708 ^{BC}	661 ^C	24.078
6~10week	746	906	678	711	31.019
10~14week	541	536	498	387	32.369
6~14week	662 ^a	701 ^a	588 ^a	485 ^b	32.810
0~14week	731 ^{ab}	758 ^a	639 ^{ab}	586 ^b	24.078
ADFI, g					
0~3week	1650	1687	1625	1647	42.524
3~6week	1986	2198	1934	1883	60.166
0~6week	1818	1943	1779	1765	43.658
6~10week	2349 ^B	2651 ^A	2347 ^B	2373 ^B	56.812
10~14week	2101 ^{ab}	2602 ^a	1912 ^b	2503 ^a	115.248
6~14week	2225 ^{BC}	2627 ^A	2129 ^C	2438 ^{AB}	65.962
0~14week	2050 ^b	2334 ^a	1979 ^b	2150 ^{ab}	51.224
G/F					
0~3week	0.430	0.465	0.438	0.401	0.011
3~6week	0.439	0.396	0.365	0.352	0.014
0~6week	0.436 ^{AB}	0.425 ^A	0.399 ^{BC}	0.373 ^C	0.008
6~10week	0.320 ^{ab}	0.339 ^a	0.286 ^b	0.292 ^b	0.009
10~14week	0.255	0.218	0.262	0.164	0.019
6~14week	0.296 ^a	0.270 ^a	0.277 ^b	0.205 ^b	0.012
0~14week	0.355 ^A	0.327 ^A	0.324 ^B	0.277 ^B	0.012

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement;

LD1 : CON - Lysine 10%

LD2 : CON - Lysine 20%

LD3 : CON - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean.

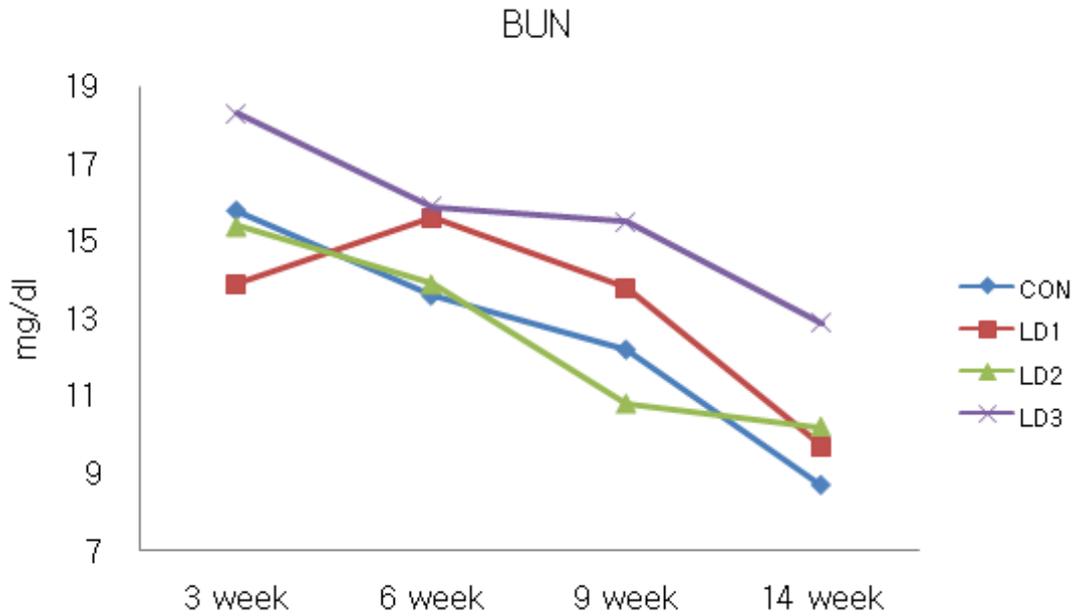
^{abc} Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.05).

^{ABC} Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.01).

나. 혈중 요소태 질소(BUN)

돼지 사료 내 라이신 제한급여가 육성-비육돈의 혈중 요소태 질소 함량에 미치는 영향을 그림 5에 나타내었다. 일반적으로 urea는 단백질과 아미노산 대사의 주요 최종 산물로써 대개 신장을 통해 배설되므로 신장의 기능을 평가하는 지표로 사용되어 왔다. 혈중 urea는 신장 (kidney)의 여과량에 의해 가장 큰 영향을 받지만 단백질 섭취량, 소화관 내의 혈액 존재, 뇨량 등에 의해서도 영향을 받는다. 따라서, 일반적으로 혈중 요소태 질소 함량은 아미노산의 이용에 대한 대표적인 지표로 쓰여왔다(Eggum, 1970). 혈중 요소태 질소는 단백질 섭취와 그 품질에 직접적인 연관성을 가지며, 체내의 식이 아미노산 균형과 역의 상관관계 (negative correlation)를 갖는다(Eggum, 1970; Hahn 등, 1995). 또한, Bergner (1977)는 혈청 내 urea 농도와 사료의 생물가 (biological value)와 역의 상관관계가 있다고 밝혔다. 혈중 요소태 질소 함량의 증가는 혈중 잉여 아미노산의 증가를 의미하며, 그 함량이 낮을수록 체단백질 합성이 활발하다는 것을 의미한다. 따라서 혈중 요소태 질소의 함량은 동물의 단백질 요구량을 결정하거나(Hatori 등, 1994; Cai 등, 1996), 단일 아미노산의 요구량을 결정하는데 반응지표로서 사용되어 왔다. 또한 질소 대사는 (nitrogen metabolism) 식이 아미노산 농도에 따라 빠르게 변하는 것으로 알려져 있는데 (Fuller 등 1979), 혈중 요소태 질소 함량은 오랜 기간 동안 사료를 섭취하였을 때 전체적인 아미노산의 이용효율을 나타낼 수 있다 (Nam과 Aherne, 1995).

본 실험의 결과, 라이신 수준을 30% 감소시킨 처리구에서 BUN 수치가 육성-비육 사양 전 기간 동안 가장 높았으며, 비육 종료 시(14주차)에서 사료 내 라이신 수준 감소에 따라 유의적으로 BUN 수치가 증가되었다 ($P < 0.05$). 한편, 이 시기에 CON 처리구에서 혈중 요소태 질소의 농도가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.01$). 결과적으로 라이신의 제한급여는 혈중 BUN 농도를 높이는 것으로 나타났으며 이는 라이신의 부족이 혈중 잉여 아미노산을 증가시키고 돼지의 체단백질 합성에 부정적인 영향을 미친다고 사료된다.



(그림 5) 라이신의 제한급여가 돼지의 BUN에 미치는 영향

다. 영양소 소화율

라이신 제한사양이 평균체중 60.19 ± 2.63 kg인 비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 표 22에 나타내었다. 처리구에 따라 건물(dry matter), 조단백질(crude protein), 조회분(crude ash), 조지방(crude fat)의 소화율은 통계적으로 유의차를 보이지 않았다. 조단백질 소화율의 경우, 라이신 제한 처리구들에서 CON에 보다 떨어지는 경향이 나타났으나 통계적으로 유의차는 보이지 않았다. 질소 섭취량은 모든 처리구가 유사하였으며 비록 유의차는 나타나지 않았으나 LD3처리구의 질소소화율이 현저히 떨어지는 경향이 관찰되었다. 이러한 결과는 사양성적과 BUN수치에서 LD3처리구가 가장 낮은 성적을 보였다는 점을 고려하면 라이신의 30%수준의 제한은 체단백질 합성에 크게 부정적인 효과를 보이는 것으로 사료된다.

(표 22). 라이신의 제한 사양이 비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

	CON ¹⁾	LD1	LD2	LD3	SEM ²⁾
Mean Digestibility, %					
Dry matter	87.03	85.33	85.36	86.88	0.374
Crude protein	83.81	79.44	78.05	81.87	0.900
Crude ash	49.60	47.27	46.65	40.53	1.834
Crude fat	65.72	56.33	51.03	64.13	2.742
N-retention /day, g					
N-intake	20.92	20.73	20.71	21.31	0.073
Fecal N	3.39	4.26	4.55	3.86	0.182
Urinary N	12.13	10.93	11.10	13.52	0.451
N retention ³⁾	5.40	5.54	5.06	3.92	0.328

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement;

LD1 : CON - Lysine 10%

LD2 : CON - Lysine 20%

LD3 : CON - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ N retention (g) = N intake (g) - Fecal N (g) - Urinary N (g)

다. 출하 등급 및 등지방 두께

라이신의 제한급여가 도체의 규격과 육질 등급, 그리고 등지방 두께에 미치는 영향을 표 23에 나타내었다. 처리별로 6마리씩, 평균 체중 109.83 ± 9.51 kg의 총 24두를 임의로 선발하였으며 처리에 따른 체중과 도체중에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 등지방의 두께의 경우 라이신 수준을 감소시킨 처리구에서 대조구에 비해 두꺼운 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다. 출하등급은 규격등급 1등급을 1.00 point, 2등급을 2.00 point로 가정하여 평균 규격 등급을 표기하였으며 라이신 수준 10% 감소시킨 LD1 처리구에서 1.00점을 도출하였다. 육질등급 A등급 5점, B등급 4점, C등급 3점, D등급을 2점으로 가정하여 평균 육질등급을 표기하였으며, LD1 처리구에서 5점을, 다른 처리구들은 4.33점을 도출하였다. 라이신 수준 10% 감소시킨 LD1 처리구에서 규격등급 1등급과 육질등급 A등급의 출현율이 100%로 가장 높았으며, 다른 처리구에서는 특별한 경향이 나타나지 않았다. 이러한 결과에 따르면 라이신을 10% 제한시킨 처리구가 현행 등급판정기준에 가장 적합한 돈육으로 사료된다.

2007년부터 개선된 돼지 등급판정기준은 등급을 규격과 육질로 분리하여 판정하도록 하였으며 규격 등급은 도체중량과 등지방 두께를 고려하여 A~E의 5개의 등

급으로 1차 판정한 후 돼지의 균형과 비육상태, 지방부착상태와 마무리등을 고려하여 최종판정되며 육질등급은 2차등급 판정 후 육색, 지방색, 마블링, 삼겹살상태, 조직감, 결함등의 육질요소를 평가하여 1+~3등급을 판정하고 있으며 소비자가 돈육을 구매할 시는 육질등급만을 표시하고 있다. 등지방의 경우 일반적으로 등지방이 두꺼운 돼지는 정육율이 떨어지지만 유전적인 능력이 동일할 경우 더 빠른 증체를 나타내며 상대적으로 나은 면역능력을 보인다고 알려져 있다. 등지방의 두께가 높은 돼지는 육량이 떨어지며 외국의 경우 육량을 증가시키기 위해 등지방을 얇게 개량하는 것을 선호하고 있고 우리나라의 경우도 육량위주의 종축계량으로 점차 등지방의 두께가 얇아지고 있지만 외국에 비해선 상대적으로 등지방의 두께가 두꺼운 돼지를 선호하고 있다. Apple 등(2004)의 연구에 의하면 라이신의 제한이나 에너지 density가 증가된 사료의 급여는 등지방 두께를 증가시킨다고 보고 되었다. 본 실험에서도, 라이신 수준을 감소시킨 처리구에서 대조구보다 등지방 두께가 두꺼운 경향을 보였다. 더욱이, 라이신 10% 감소시킨 처리구의 출하돈 경우 규격등급과 육질등급이 우수하게 나타났다.

(표 23). 라이신의 제한 사양이 출하등급과 등지방 두께에 미치는 영향

	CON	LD1	LD2	LD3	SEM ¹⁾
Weight, kg	111.33	111.17	107.67	107.83	0.81
Carcass-weight, kg	83.83	84.17	81.00	81.50	0.61
Back-fat thickness (mm)	18.50	21.00	20.50	20.00	0.84
Quantity Grade, %					
1	83.33	100.00	66.67	83.33	
2	16.67	-	33.33	16.67	
Quality Grade, %					
A	50.00	100.00	66.67	50.00	
B	33.33	-	16.67	33.33	
C	16.67	-	-	16.67	
D	-	-	16.67	-	
Average Quantity Grade, point ²⁾	1.17	1.00	1.33	1.17	
Average Quality Grade, point ³⁾	4.33	5.00	4.33	4.33	

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement;

LD1 : CON - Lysine 10%

LD2 : CON - Lysine 20%

LD3 : CON - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ Calculated value. (Quantity grade 1 = 1point, grade 2= 2point)

⁴⁾ Calculated value. (Quality grade A = 5point, grade B= 4point, grade C= 3point, grade D= 2point)

라. 육질분석

육성-비육돈 사료 내 라이신 수준 감소가 돈육의 일반성분과 육질에 미치는 영향을 표 24, 25에 나타내었다. 각 처리구의 돈육의 수분함량과 조회분에는 차이가 없었으나 CON과 LD1 처리구의 조단백질 함량이 수치상으로 높게 나타났다. 조지방함량의 경우에는 라이신 수준을 감소시킨 LD1, LD2, LD3 처리구가 CON에 비해 유의적으로 높았으며, LD2 처리구에서 가장 높게 나타났다($P < 0.05$). 또한, NPPC marbling score에 있어서도, 라이신 수준을 감소시킨 처리구들에서 근내상강도(marbling score)가 CON에 비해 높은 경향을 보였으며, 이는 돈육내 1, 2차 근속사이의 지방인 근내 지방의 함량이 증가되었다는 것을 의미한다. 그러나 LD3 처리구의 경우 LD2 처리구에 비해 돈육 내 지방량 및 근내상강도가 증가되지 않아 30% 이상의 라이신의 제한 급여는 지방함량의 증가에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

도축 후 45분과 24시간 시점의 돈육의 pH를 측정 하였다. 초기 pH에 있어서 LD1 처리구의 pH가 수치상으로 가장 높게 나타났고 라이신의 제한에 따라 pH가 낮아지는 경향을 보였으나 통계적 유의차는 나타나지 않았으며 이는 라이신의 제한이나 에너지함량의 증가가 pH의 변화에 영향을 미치지 않는다는 Szabo 등(2001)의 연구와 같은 경향을 보였다. 고기의 명도(luminance or brightness)를 나타내는 CIE L값과 홍도(red-green component)를 나타내는 CIE a값에서 LD2, LD3 처리구가 높게 나타났으나 통계적인 유의차는 보이지 않았다. 마찬가지로 NPPC color score 또한 처리구에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Kauffman 등(1993)은 도축 후 24시간이 지났을 때 CIE L value가 58이상이면 PSE 돈육이라고 보고하였는데, 본 실험에서는 모든 처리구에서 PSE 돈육이 발생하지 않았다고 사료된다.

일반적으로 지방함량이 증가함에 따라 보수력이 증가하여 육즙감량이 낮아지고, 전단력이 약해지는 것으로 알려져 있다. 보수력은 육즙감량(drip loss)와 가열감량(cooking loss) 그리고 여과지 흡수법(Filter paper fluid uptake:FFU)을 통해 측정하였다. 보수력은 일반적으로 고기가 내외적 환경변화에 대해 고기 내의 수분을 보유할 수 있는 능력을 의미하며 고기의 미세구조 또는 고기의 세절시 나타나는 수분함량의 변화로 결정되며, 고기의 pH 변화와 밀접한 연관성을 가지는 것으로 알려져 있다. 고기는 무게로 판매되기 때문에 보수력이 좋지 않을 경우 육즙의 산출이 많아 금전적인 손실이 발생하며, 육질에 있어서 돈육의 향미와 조직감의 저하를 간접적으로 알 수 있는 자료이다. 처리구간의 통계적인 유의차는 발생하지 않았지만 일반성분 분석결과 가장 지방함량이 높았던 LD2 처리구에서 육즙감량과 가열감량이

낮았으며 여과지 흡수법을 통한 보수력이 가장 큰 것으로 나타났다. 전단력 또한 보수력과 마찬가지로 경향을 보였으며 각 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 보수력과 마찬가지로 LD2 처리구의 전단력이 가장 높았다. 이러한 보수력과 전단력의 분석결과는 비록 통계적 유의차를 보이지는 않았지만 각 처리구의 지방함량과 유사한 경향을 나타내었다.

사양구간별 등심과 삼겹살의 지방산 조성을 표 9에 나타내었다. 라이신의 제한급여가 돈육의 지방산 구성에 미치는 영향을 표 26, 27에 나타내었다. 비록 처리구간의 통계적인 유의차는 발견되지 않았으나 라이신 제한 처리구에서 등심과 삼겹살의 포화지방산 비율이 증가되는 경향을 보였다. 라이신의 제한에 의해 발생한 잉여의 아미노산 TCA 경로를 통해 포화지방산의 합성에 이용되며 본 결과는 라이신의 제한이 위의 경로를 통해 효과적으로 지방의 합성을 유도하였을 가능성을 시사한다.

(표 24). 라이신의 제한 사양이 등심근의 일반성분과 근내상강도에 미치는 영향

	CON ¹⁾	LD1	LD2	LD3	SEM ²⁾
Water, %	72.80	72.39	72.02	72.12	0.164
Crude ash, %	1.25	1.19	1.06	1.21	0.037
Crude fat, %	1.92 ^c	2.31 ^{bc}	3.34 ^a	2.93 ^{ab}	0.178
Crude protein, %	24.04	24.12	23.59	23.74	0.103
NPPC marbling score ³⁾	2.10	2.63	3.17	2.78	0.148

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement;

LD1 : CON - Lysine 10%

LD2 : CON - Lysine 20%

LD3 : CON - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ Marbling scores estimated using NPPC (1991 equation)

^{abc} Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.05).

(표 25). 라이신의 제한 사양이 pH와 육색, 보수력, 전단력에 미치는 영향

	CON ¹⁾	LD1	LD2	LD3	SEM ²⁾
pH, 45min ³⁾	6.12	6.27	6.03	5.83	0.053
pH, 24hour ⁴⁾	5.63	5.56	5.56	5.53	0.017
CIE value, 24hour					
L ⁵⁾	50.61	49.39	53.44	52.07	0.531
a ⁶⁾	6.15	5.76	6.41	6.59	0.205
b ⁷⁾	1.97	1.59	3.03	2.76	0.180
NPPC color score ⁸⁾	2.50	2.30	2.43	2.80	0.081
FFU, mmg ⁹⁾	38.15	39.95	33.00	30.57	2.273
Drip loss, %	2.75	2.45	1.96	2.42	0.125
Cooking loss, %	27.29	27.50	23.35	27.24	0.808
Shear force	44.52	42.20	33.30	45.31	2.154

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement;

LD1 : CON - Lysine 10%

LD2 : CON - Lysine 20%

LD3 : CON - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ 45minutes after slaughter

⁴⁾ 24hours after slaughter

⁵⁾ CIE L : luminance or brightness (very from black to white)

⁶⁾ CIE a : red-green component (+a=red, -a=green)

⁷⁾ CIE b : yellow-blue component (+b=yellow, -b=blue)

⁸⁾ Color scores estimated using NPPC (1991 equation)

⁹⁾ Measured by Filter-paper fluid uptake

(표 26). 라이신의 제한 사양이 등심의 지방산 조성에 미치는 영향

	CON ¹⁾	LD1	LD2	LD3	SEM ²⁾
Myristic acid	0.97	1.47	1.26	1.47	0.24
Palmitic acid	20.84	20.51	21.20	20.57	0.31
Stearic acid	16.58	13.70	16.16	15.63	1.27
Oleic acid	45.04	44.48	41.41	42.18	1.75
Linoleic acid	9.79	10.20	8.08	7.38	1.35
Linolenic acid	3.82	6.27	3.02	5.41	1.48

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement;

LD1 : CON - Lysine 10%

LD2 : CON - Lysine 20%

LD3 : CON - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean.

(표 27). 라이신의 제한 사양이 삼겹살의 지방산 조성에 미치는 영향

	CON ¹⁾	LD1	LD2	LD3	SEM ²⁾
Myristic acid	2.26	2.71	2.75	3.18	0.35
Palmitic acid	18.70	22.94	24.11	20.45	1.82
Stearic acid	2.94	4.59	5.48	6.58	1.53
Oleic acid	37.03	36.28	37.49	35.28	1.12
Linoleic acid	17.25	17.71	18.21	17.33	0.42
Linolenic acid	7.90	5.65	9.63	8.98	0.96

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement;

LD1 : CON - Lysine 10%

LD2 : CON - Lysine 20%

LD3 : CON - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean.

제 3 절 사료 내 라이신의 제한과 에너지의 증가 수준이 비육돈의 성장능력, 영양소 소화율, 혈중 요소 태 질소, 육질에 미치는 영향

1. 서 론

삼겹살과 목살등에 편중된 우리나라 돈육의 소비형태는 필연적으로 인기부위의 수입과 비인기부위의 수출을 야기하였으며 현재 우리나라는 미국, 덴마크, 중국 등의 다양한 국가에서 돈육을 수입하고 있는데 80% 정도가 삼겹살을 수입하고 있다.

세계 양돈의 추세는 정육형 돈육으로 서구를 중심으로 동물성 지방에 대한 소비자들의 기피욕구를 만족시키기 위해 지방의 함량이 낮은 정육형의 돈육이 생산되어 왔다. 하지만 국내 소비자들은 지방함량이 높은 고기를 선호하는 경향이 있으며 이로 인해 이러한 정육형 돈육은 신선도, 안전도와 더불어 해외 돈육생산 업체들의 한국 시장 진출의 진입장벽이 되어 왔다(Vonada 등, 2000). 더욱이 돈육 내 지방함량의 감소는 육질의 변이와 이상돈육의 출현 빈도를 높게 만들었으며 이러한 문제를 해결하기 위해 근내지방 함량, 즉 상강도를 높이기 위한 연구가 진행되어 왔다(Castell 등, 1994; Blanchard 등, 1999).

근내 지방의 함량은 돼지의 품종과 사료의 영양소 구성에 따라 크게 영향을 받으며(Kerr 등, 1995; Cisneros 등, 1996), 돈육 내 근내지방의 함량과 돈육의 다즙성, 연도 등의 육질에는 높은 상관관계가 있는 것으로 알려져 있다(hodgson 등, 1991; Castell 등, 1994).

단백질과 에너지는 돈육의 지방함량을 결정하는 매우 중요한 요소로써 저 단백질 또는 저 라이신 사료의 급여는 돈육의 근내지방 함량을 증가시킨다고 보고 되었으며(Kerr 등, 1995; witte 등 2000; Donato 등, 2006) 라이신의 경우 돼지의 제 1 제한아미노산으로 라이신의 이용은 사료 내 단백질 함량이나 다른 제한 아미노산의 균형 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있으며 흡수된 일부의 라이신은 간과 신장에서 지방산의 산화에 관여하는 carnitine을 합성하는 원료가 되어(Mayes 등, 1996) 근육 내 지방의 분해를 억제시키게 된다. 또한 사료 내 에너지 함량은 돼지의 자발적인 사료 섭취량에 영양을 미치며(NRC, 1999) Lawrence등(1977)의 연구에 의하면 에너지함량의 증가는 잉여 에너지의 축적을 가져와 지방함량을 증가시킨다고 발표

되었다. 이러한 단백질과 에너지에 대한 연구는 해외에서 수차례 보고되었으며 육성-비육돈에 단백질 에너지 비율이 낮은 사료를 급여하였을 때 근내지방의 축적량이 증가한다는 것은 정설로 받아들여지고 있다(Castell 등, 1994; Blanchard 등, 1999).

돼지의 비육기는 육성기에 비해 성장이 둔화되고 체지방이 축적되는 시기로 근육의 생성에 필요한 에너지 외의 잉여에너지가 지방의 본격적으로 축적되는 시기이다. Bidner 등(2004)은 출하 5주전부터의 라이신의 제한이 도체의 지방 함량을 증가시키고 정육의 비율을 감소시켰다고 보고하였으며 이는 단기적인 기간에 라이신과 에너지 함량의 조절을 통해서도 효과적으로 근내지방의 함량을 증가시킬 가능성을 시사한다.

따라서 본 실험은 삼원 교잡종을 이용하여 비육기의 라이신의 제한과 에너지의 증가가 돼지의 성장과 돈육의 근내지방 함량, 그리고 육질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 실험 동물 및 실험 설계

평균체중 58.47 ± 1.42 kg인 삼원교잡종([Landrace×Yorkshire]×Duroc) 100두를 체중, 성별을 고려하여 공시하였으며, 서울대학교 부속 실험목장에서 56일간 비육기 사양 실험이 수행되었다. 전체 5처리 5반복으로 돈방당 4두씩 성별과 체중에 따라 난괴법(RCBD : randomized complete block design)으로 배치하였다. 처리구는 1) Control: 모든 영양소는 NRC(1998) 기준 (ME-3,265 kcal/kg; 라이신-비육전기 0.75%, 비육후기 0.60%)에 충족한 사료를 급여 2) HL1: ME-100kcal/kg 증가; 라이신-NRC기준 15%제한, 3) LL1: ME-100kcal/kg 증가; 라이신- NRC 기준 30%제한, 4) HL2: ME-200kcal/kg 증가; 라이신-NRC기준 15%제한, 5) LL2: ME-200kcal/kg 증가; 라이신-NRC기준 30%제한이었으며 실험사료는 옥수수-대두박 위주로 배합되었고 원료 및 화학적 조성은 표 28, 29에 나타내었다.

(표 28). 비육전기 실험 사료 배합비 (0-4주)

	CON	HL1	LL1	HL2	LL2
Corn	73.67	72.99	72.85	71.97	71.74
SBM	12.00	8.39	5.84	9.01	6.45
Wheat bran	2.00	2.04	3.17	0.68	1.91
Molasses	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Copra meal	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Corn gluten meal	4.66	7.29	8.91	7.29	8.91
Soy oil	0.00	1.64	1.63	3.40	3.40
Limestone	0.38	0.33	0.32	0.27	0.26
TCP	0.89	0.97	1.01	1.03	1.06
L-Lysine-HCl	0.20	0.15	0.07	0.15	0.07
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vit. Mix. ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix. ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ³⁾					
ME (kcal/kg)	3265.01	3365.03	3365.00	3465.02	3465.02
Crude protein (%)	15.50	15.50	15.50	15.50	15.50
Lysine (%)	0.75	0.64	0.53	0.64	0.53
Methionine (%)	0.30	0.31	0.33	0.31	0.33
Ca (%)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Total P (%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

¹⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000.00 IU; vitamin D, 1,600.00 IU; vitamin E, 17.40 IU; vitamin K3, 2.40 mg; vitamin B2, 3.20 mg; Ca Pantothenate, 8.00 mg; Niacin, 16.00 mg; Biotin, 0.1 mg; Ethoxquin, 12.00 mg; vitamin B12, 12.00 g.

²⁾ Provided the following per kilogram of diet: Fe, 79.57 mg; Cu, 68.68 mg; Zn, 37.74 mg; Mn, 15.50 mg; Co, 0.16 mg; Ca, 0.18 mg.

³⁾ Calculated value.

표 29. 비육후기 실험 사료 배합비 (4-8주)

	CON	HL1	LL1	HL2	LL2
Corn	77.93	76.53	75.83	74.78	73.98
SBM	13.57	9.01	4.51	9.62	4.50
Wheat bran	1.13	2.30	4.86	1.61	4.54
Molasses	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Copra meal	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Corn gluten meal	0.06	3.08	5.66	3.02	5.96
Soy oil	0.00	1.74	1.78	3.62	3.66
Limestone	0.46	0.42	0.44	0.42	0.44
TCP	0.64	0.71	0.71	0.71	0.71
L-Lysine-HCl	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vit. Mix. ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Min. Mix. ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition ³⁾					
ME (kcal/kg)	3265.01	3365.02	3365.02	3465.03	3465.03
Crude protein (%)	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20
Lysine (%)	0.60	0.51	0.42	0.51	0.42
Methionine (%)	0.24	0.26	0.28	0.26	0.28
Ca (%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Total P (%)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

¹⁾ Provided the following per kilogram of diet: vitamin A, 8,000.00 IU; vitamin D, 1,600.00 IU; vitamin E, 17.40 IU; vitamin K3, 2.40 mg; vitamin B2, 3.20 mg; Ca Pantothenate, 8.00 mg; Niacin, 16.00 mg; Biotin, 0.1 mg; Ethoxquin, 12.00 mg; vitamin B12, 12.00 g.

²⁾ Provided the following per kilogram of diet: Fe, 79.57 mg; Cu, 68.68 mg; Zn, 37.74 mg; Mn, 15.50 mg; Co, 0.16 mg; Ca, 0.18 mg.

³⁾ Calculated value.

나. 사양 실험

삼품교잡종([Landrace×Yorkshire]×Duroc) 육성돈 100두를 체중, 성별을 고려하여 공시하였으며 비육전기 4주, 비육후기 4주, 총 8주간 사양실험이 수행되었으며 실험 사료의 에너지 함량과 라이신 함량을 제외한 기타 영양소 수준은 NRC(1998)과 같거나 높게 급여하였다. 실험돈들은 비육사(1.6×3 m²)에서 사육되었으며 실험 기간 동안 사료와 물은 자유 채식하였다. 실험 개시 시 BUN 측정을 위하여 임의의 6마리의 채혈을 실시하였으며, 4주와 8주에 사료섭취량 및 체중을 측정하여 증체량, 사료섭취량 및 사료효율을 계산하였다. 매번 체중 측정 시 아침 8:00부터 절식 시킨 후 2시간이 지난 후에 처리 당 6두씩 임의로 선발하여 혈액 sample을 경정맥에서 채혈한 후 혈액을 4℃에서 3,000 rpm 으로 15분간 원심 분리하여 수거한 혈청에서 혈중 요소태 질소함량(Blood urea nitrogen)을 측정하였다.

다. 영양소 소화율 실험

소화율실험은 평균체중, 62.97±0.71 kg인 실험돈들을 5처리 3반복, 총 15마리를 공시하여 완전임의배치법(Completely Randomized Design)으로 대사통에 1마리씩 수용하였고, 7일간의 적응기를 거친 후 5일간 분과 뇨를 전분채취법으로 채취하였다. 본 실험기 5일 동안 하루에 한번 씩 분과 뇨를 채취하였고, 사료는 하루에 두 번씩 06:00 및 18:00에 제한급이 시켰으며 물은 자유급이 시켰다. 본 실험 기간 중 채취된 분은 플라스틱 백에 넣어 냉동 보관(-20℃) 하였으며 뇨는 1.25N H₂SO₄ 50ml을 미리 부어 놓은 플라스틱 통에 채취하여 냉동보관 하였으며 분은 건조기에서 60℃에서 72시간 동안 건조 후 스크린 직경 1mm Wiley Mill을 이용하여 분쇄하였다. 사료, 분 및 뇨 샘플의 일반성분 분석(건물, 조단백질, 조지방, 조회분)은 AOAC(1995)의 방법에 따라 분석하였고, 영양소 소화율과 질소 이용률을 측정하기 위해 수행되었다.

라. 육질분석

육질 분석을 위해 비육 사양 종료 후 처리별로 8마리씩 (암컷 4 마리, 숫컷 4 마리), 평균 체중 107.0±1.50 kg의 40 두를 임의로 선발하여 등심의 늑골 마지막 부위 일정한 부분을 채취하였으며, 8, 9번 갈비뼈 부위의 삼겹살을 200g 채취하여 신속히 질소통에 넣어 -70℃로 보관 하였다.

(1) 일반성분

일반성분 분석은 AOAC(1990)방법에 준하였으며, 수분함량은 oven건조법, 조단백질은 조단백질 증류장치(Buchi 339, Germany), 조지방은 Soxhlet 추출법 (Buchi B-811, Swiss), 조회분은 회화로 (JR11-402, 현대화공(주), 대한민국)에서 800℃로 5시간동안 회화시킨 후 그 함량을 백분율(%)로 나타내었다.

(2) pH/육색

시간에 따른 pH와 육색의 변화는 도축 후 45분, 24시간 경과 시에 pH meter(Model 720, Thermo Orion, U.S.A)와 Chromameter (CR-300, Minolta Camera Co, Japan)를 이용하여 측정하였으며 CIE L*, b*, a*값을 측정하였다.

(3) 보수력

Filter-paper fluid uptake법을 이용하였으며 등심근을 절개하여 20분간 방치한 후 여과지를 완전히 등심근에 포개어 유리되는 유리 수분을 흡수 시킨 후 여과지에 흡수된 유리육즙을 측정하였다

(4) 육즙 감량(Drip loss)

사후 24시에 일정한 크기로 등심근을 잘라내어 무게를 잰 후 polyethylene bag으로 육표면이 닿지 않도록 싼 후 밀봉하여 2℃에서 48시간 방한한 다음 그 시료의 중량 감소를 %로 산출하였다.

(5) 전단력(shear force)

등심근을 72℃로 가열한 후 원통형 표면 채취기(직경 1.27 cm)로 시료를 취함(근섬유 방향과 나란하게) 이후 측정 기기(Series IX, Instron Corp, USA)로 원통형 시료를 자를 때 (원통형 축과 수직으로 자름)필요한 최대 힘 (N)을 측정하였다.

(6) 가열감량(cooking loss)

사후 24시에 일정한 크기로 등심근을 잘라내어 잰 후 polyethylene bag으로 육표면이 닿지 않도록 싼 후 밀봉하여 시료의 심부온도가 72℃에서 되도록 수조에서 가열한 후 그 시료의 중량감소를 처음 중량의 %로 산출하였다.

(7) NPPC color/marbling score

미국 NPPC color standard (1=근내지방도 1%~10 = 근내지방도 10%)dhk NPPC

color standard (1=pale pinkish - gray to white ~ 6 = dark purplish - red)를 이용하여 8명의 전문패널이 측정하였다.

(8) 지방산 산패도

돈육의 저장 중 지방 산패정도를 조사하기 위하여 도축 후 1, 3, 5 및 7일에 Witte 등 (1970)의 방법에 의해 TBA가를 측정하였다.

(9) 지방산

등심과 삼겹살의 지방산 조성 분석은 시료를 0.5g 취한 후 Park과 Coins(1994)의 방법에 의해서 methylation시켰다. 시료에 methanol : benzen (4:1, v/v) 2 ml 과 acetyl chloride 200 μ l를 가한 후 100 $^{\circ}$ C의 heating block에서 1시간 동안 가열하였다. 이를 실온에 충분히 방치한 다음 hexane 1 ml 과 6% potassium carbonate 5ml를 가하고 원심분리를 이용하여 3,000rpm에서 15분간 원심 분리한 후 상등액 1 μ l를 취하여 gas chromatography (agilent 7890A-series)에 injection하였고 분석조건은 다음과 같다. Column의 초기온도는 110 $^{\circ}$ C에서 3min유지하여 3.0 $^{\circ}$ C/min의 속도로 215 $^{\circ}$ C까지 온도를 상승시켜 3분간 유지하여 3.0 $^{\circ}$ C/min의 속도로 250 $^{\circ}$ C에서 10min 대기하였으며 마지막 온도는 280 $^{\circ}$ C에서 5min 유지하였다. 이때 injector, MSDEI(Agilent, 5975c)의 온도는 각각 250 $^{\circ}$ C로 하였고, 지방산은 standard와 retention time을 비교하여 확인하였으며, 조성은 백분율로 환산하였다

마. 통계분석

통계 분석은 SAS(2003)의 일반 선형 모형(GLM)을 이용하였다. 사양 실험 결과는 각 돈방을 하나의 실험 단위로 하고, 영양소 소화율과 혈액성상 분석 결과는 각 실험돈을 하나의 단위로 하여 수집된 자료에 대한 유의성을 검정하였다. 처리간의 결과에 대한 비교 분석은 최소 유의차 (LSD) 다중 검정법에 2 \times 2+1 요인분석에 의해 처리 간의 결과를 비교하였다. 유의차가 있을 경우 P<0.05로, 고도의 유의차가 있을 경우 P<0.01로 고려하였으며 요인분석의 경우 유의차가 있을 경우 *로, 고도의 유의차가 있을 경우 **로 표기하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 사양성적

라이신 에너지의 수준 별 급여가 비육돈의 성장 성적에 미치는 영향을 표 30에 나타내었다. 비육전기에서 체중, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료 효율은 유의적인 차이가 발생하지 않았으나 실험 종료시에 라이신의 제한에 따라 체중이 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.05$). 마찬가지로 비육 후기와 전 사양기간동안의 일당증체량 또한 라이신의 제한에 따라 유의적으로 낮게 나타났으며($P < 0.05$) 에너지를 200kcal 증가시키고 라이신을 30%제한시킨 LL1처리구의 일당증체량이 가장 낮게 나타났다($P < 0.05$). 사료 효율의 경우 전 사양기간에 걸쳐 통계적 유의차가 나타나지 않았으며, 비육후기와 전 사양기간에 걸쳐 라이신의 제한에 따른 사료효율의 감소가 관찰되었다.($P < 0.01$, $P < 0.05$).

라이신의 함량은 증체량 및 사료효율과 직접적인 관계가 있으며 있으며 라이신 함량이 낮은 사료를 급여 시 증체량과 사료효율이 낮아지는 것으로 알려져 있다(Loughmiller 등, 1998; Yamamoto 등, 2003). Witte 등(2000)의 연구 결과에 의하면 비육후기 42 일 동안 라이신 함량 0.48%의 사료를 급여 하였을 때, 0.64% 함량의 사료 급여구에 비해 일당증체량에는 차이가 없었으나 사료 요구율(Feed Conversion Ratio)이 증가된다고 보고되었으며, Katsrmata 등(2005)은 육성·비육돈에서 사료 중 라이신 함량 0.43-0.40%의 사료를 급여 시 0.65-0.68% 급여구에 비해 일당증체량이 낮고 사료 요구율이 증가되었다고 보고하였다.

본 시험 결과 또한 위의 연구들과 유사한 결과를 보였으며 라이신 함량이 낮은 사료를 급여한 LL1과 LL2처리구가 다른 처리구들에 비해 낮은 일당증체량과 사료 효율을 보였다. 하지만 각 처리구의 에너지 함량에 따른 사양성적의 차이는 나타나지 않았으며 이는 사료에 에너지 농도가 증가할 때 사료효율은 증가하고 ADFI는 감소한다(Tribble 등, 1979; Stahly 등, 1981; Southern 등, 1989)는 기존의 연구 결과와는 다른 결과를 보였다. 많은 연구결과들에 의해 에너지와 성장의 상관관계에 대해 규명되어 왔지만 본 실험의 결과에서는 에너지 함량에 따른 성장의 차이가 나타나지 않았다.

(표 30). 라이신의 제한과 에너지의 증가가 비육돈의 사양성적에 미치는 영향

	CON ¹⁾	HL1	LL1	HL2	LL2	SEM ²⁾	Probability (P) ³⁾		
							ME	Lys	ME× Lys
Body weight, kg									
Initial	58.47	58.47	58.44	58.45	58.51	1.26	NS	NS	NS
4week	84.41	81.19	81.09	83.12	81.71	1.42	NS	NS	NS
8week	103.77	97.89	95.86	100.84	95.04	1.61	NS	*	NS
ADG, g									
0-4week	926	811	809	881	828	23.90	NS	NS	NS
4-8week	717 ^A	619 ^{AB}	547 ^{BC}	656 ^{AB}	494 ^C	23.74	NS	*	NS
0-8week	824	717	680	771	664	21.70	NS	*	NS
ADFI, g									
0-4week	2697	2429	2508	2515	2553	40.94	NS	NS	NS
4-8week	2700	2504	2421	2530	2363	41.92	NS	NS	NS
0-8week	2717	2466	2465	2523	2460	36.48	NS	NS	NS
Gain:Feed									
0-4week	0.343	0.329	0.323	0.350	0.324	0.01	NS	NS	NS
4-8week	0.265 ^A	0.245 ^{AB}	0.226 ^{BC}	0.259 ^A	0.209 ^C	0.01	NS	**	NS
0-8week	0.303 ^A	0.287 ^{AB}	0.276 ^B	0.305 ^A	0.270 ^B	0.01	NS	*	NS

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement / ME - 3,265kcal/kg, Lysine - 0.75%(early finishing), 0.60%(late finishing);
 HL1 : CON + 100kcal/kg ME - Lysine 15%
 LL1 : CON + 100kcal/kg ME - Lysine 30%
 HL2 : CON + 200kcal/kg ME - Lysine 15%
 LL2 : CON + 200kcal/kg ME - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ NS, P>0.05; *, P<0.05; **, P<0.01;

^{ABC} Means in a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.01)

나. 혈중 요소태 질소(BUN)

사료 내 라이신과 에너지의 수준별 급여가 비육돈의 혈중 요소태 질소에 미치는 영향을 표 31에 나타내었다. 본 시험의 결과, 4주령에 라이신의 제한수준에 따라 함량에 따라 혈중 요소태 질소 함량이 유의적으로 높게 나타났고($P < 0.01$) 각 처리구 간 비교에서도 대조구와 처리구 HL1, HL2의 혈중 요소태 질소의 함량이 처리구 LL1, LL2보다 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.01$). 이러한 경향은 비육후기에도 마찬가지로 나타났다. 일반적으로 urea 는 단백질과 아미노산 대사의 주요 최종 산물로서 대개 신장을 통해 배설되므로 신장의 기능을 평가하는 지표로 사용되어 왔다. 혈중 urea 는 신장 (kidney)의 여과량에 의해 가장 큰 영향을 받지만 단백질 섭취량, 소화관 내의 혈액 존재, 요량 등에 의해서도 영향을 받는다. 질소 대사는 (nitrogen metabolism) 식이 아미노산 농도에 따라 빠르게 변하는 것으로 알려져 있으며 (Fuller 등, 1979), Bergner 등(1977)에 의하면 혈청 내 urea 농도와 사료의 생물가 (biological value)와 역의 상관관계가 있다고 밝혀졌다. 혈중 요소태 질소는 장기간동안 사료를 섭취하였을 때 아미노산에 대한 이용율을 대변하며(Nam과 Aherne, 1995), 혈중 요소태 질소의 증가는 혈중 잉여아미노산의 증가를 의미하고 그 함량이 낮을수록 체단백질 합성이 활발하다는 것을 의미한다. 따라서 혈중 요소태 질소는 동물의 단백질 요구량을 결정하거나 (Hatori 등, 1994 Cai 등, 1996), 단일 아미노산의 요구량을 결정하는데 반응지표로서 사용되어 왔다. 본 시험의 결과에 따르면 라이신의 제한급여는 혈중 BUN 농도를 높이는 것으로 나타났으며 이는 라이신의 부족이 혈중 잉여 아미노산을 증가시키고 돼지의 체단백질 합성에 부정적인 영향을 미친다고 사료되며 에너지에 의한 혈중 요소태 질소의 변화는 관찰되지 않았다.

(표 31). 라이신의 제한과 에너지의 증가가 비육돈의 혈중 요소태 질소에 미치는 영향

	CON ¹⁾	HL1	LL1	HL2	LL2	SEM ²⁾	Probability (P) ³⁾		
							ME	Lys	ME× Lys
Initial	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8		NS	NS	NS
4 week	12.9 ^B	14.1 ^B	17.0 ^A	13.8 ^B	17.3 ^A	0.53	NS	**	NS
8 week	11.4 ^b	12.2 ^b	17.2 ^a	13.5 ^{ab}	17.4 ^a	0.85	NS	**	NS

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement / ME - 3,265kcal/kg, Lysine - 0.75%(early finishing), 0.60%(late finishing);
 HL1 : CON + 100kcal/kg ME - Lysine 15%
 LL1 : CON + 100kcal/kg ME - Lysine 30%
 HL2 : CON + 200kcal/kg ME - Lysine 15%
 LL2 : CON + 200kcal/kg ME - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ NS, P>0.05; *, P<0.05; **, P<0.01;

^{AB}Means is a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.01).

^{ab}Means is a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.05).

다. 영양소 소화율

라이신 에너지 수준별 급여 사양이 평균체중이 62.97±0.71 kg 인 비육돈의 영양소 소화율에 미치는 영향을 표 32 에 나타내었다. 처리구에 따라 건물 (dry matter), 조회분 (crude ash), 조지방(crude fat)의 소화율은 통계적으로 유의차를 보이지 않았으나 조단백질(crude Protein)소화율에서 라이신의 제한에 따라 소화율이 유의적으로 낮아지는 결과를 보였으며 (P<0.05), 이는 단백질 수준을 맞추기 위해 사용된 corn gluten meal의 낮은 소화율 때문으로 추정된다. 하지만 질소 축적율의 경우 단백질 소화율과 반대되는 경향이 나타나 설명이 난해한 결과가 나타났다.

(표 32). 라이신의 제한과 에너지의 증가가 비육돈의 소화율에 미치는 영향

	CON ¹⁾	HL1	LL1	HL2	LL2	SEM ²⁾	Probability (P) ³⁾		
							ME	Lys	ME× Lys
Mean Digestibility (%)									
Dry matter	85.82	87.29	86.01	87.01	88.21	0.35	NS	NS	NS
Crude protein	82.33 ^a	79.76 ^a	73.47 ^b	80.53 ^a	78.09 ^{ab}	0.97	NS	*	NS
Crude ash	56.52	57.90	52.85	54.41	56.53	1.04	NS	NS	NS
Crude fat	76.20	74.63	75.01	75.52	71.43	0.89	NS	NS	NS
N-retention /day, g									
n-intake	21.54	24.08	26.59	24.13	24.31	0.43	NS	NS	NS
Fecal N	4.66	3.72	4.08	3.76	4.27	0.32	NS	NS	NS
Urinary-N	4.06	5.80	5.51	4.93	6.45	0.72	NS	NS	NS
N retention ⁴⁾	12.82	14.56	16.99	15.44	13.60	0.78	NS	NS	NS

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement / ME - 3,265kcal/kg, Lysine - 0.75%(early finishing), 0.60%(late finishing);

HL1 : CON + 100kcal/kg ME - Lysine 15%

LL1 : CON + 100kcal/kg ME - Lysine 30%

HL2 : CON + 200kcal/kg ME - Lysine 15%

LL2 : CON + 200kcal/kg ME - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ NS, P>0.05; *, P<0.05; **, P<0.01;

⁴⁾ N retention(g)=N intake(g)-fecal N(g)-urinary N(g).

^{ab} Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.05).

라. 육질분석

비육기 라이신과 에너지의 조절이 돈육에 미치는 영향을 표 33에 나타내었다. 돈육의 일반성분 분석 결과 돈육에 함유한 수분함량은 대조구와 처리구간에 유의적인 차이가 없었으며, 조단백질과 조회분 분석에서도 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 하지만 조지방 함량에서 라이신 수준에 따라 낮은 라이신 처리구가 유의적으로 높은 지방함량을 보였다($P < 0.05$). 라이신의 함량과 ME사이의 상호작용이 나타났으며 ($P < 0.05$), 각 처리구 간의 비교에서 대조구가 처리구 HL1제외한 나머지 처리구에 비하여 지방함량에서 유의적으로 낮게 나타나($P < 0.01$), 에너지의 증가와 라이신의 제한에 따라 돈육 내 지방 함량이 증가되었다. 하지만 에너지 함량 200kcal/kg을 올리고 라이신을 30% 제한시킨 LL2처리구의 경우 대조구에 비해서는 높은 지방함량을 보였지만 같은 수준의 에너지 함량의 사료를 급여한 HL2처리구에 비해 오히려 지방합성에 부정적인 효과를 보이는 경향이 나타났으며, 이는 사료 내 과잉의 에너지로 사료섭취의 감소와 라이신의 제한에 따른 성장의 불리함으로 인해 지방의 축적에 장애가 발생한 것으로 사료된다. 마찬가지로 NPPC marbling score가 돈육의 지방함량에 따라 유의적으로 증가되었는데($P < 0.05$), 이는 조지방의 증가가 돈육 내 1, 2차 근속사이의 지방인 근내지방의 함량의 증가와 맥락을 같이 함을 의미한다. 육색은 돼지고기 품질과 관련하여 지속적으로 연구들이 수행되어 왔으며 보수력 및 근육의 구조와 관계가 큰 것으로 알려져 왔다(Warriss and Brown, 1987). 본 실험에서 육색의 CIE value와 NPPC 기준 육색의 경우 라이신과 에너지의 수준별 급여에 따라 유의적 차이나 경향이 나타나지 않았고 모든 처리구에서 이상 돈육은 발견되지 않았다. 도축 후 돈육의 pH에도 처리구에 따른 차이가 발견되지 않았으며 이는 라이신함량이나 에너지함량의 증가가 pH의 변화에 영향을 미치지 않는다는 Szabo 등(2001)의 보고와 같은 결과를 보였다.

보수력은 일반적으로 돈육의 내외적 환경변화에 대해 돈육내의 물을 보유 할 수 있는 능력을 의미하며 돈육은 무게로 판매되기 때문에 보수력이 좋지 않을 경우 육즙의 산출이 많아 금전적인 손실이 발생하며, 육질에 있어서 돈육의 향미와 조직감의 저하를 측정할 수 있는 지표가 된다. 본 실험에서 보수력은 육즙감량(drip loss)과 가열감량(cooking loss), 그리고 여과지 흡수법(Filter paper fluid uptake: FFU)을 통해 측정하였으며 비록 처리구간의 유의적인 차이는 발생하지 않았지만 지방함량이 높은 LL1 처리구와 HL2처리구의 보수력이 상대적으로 기타 처리구들에 비해 높은 경향을 보였으며 이러한 결과는 지방함량이 증가함에 따라 보수력이 증가하고 근내지방의 함량에 따라 육즙감량이 낮아지고 전단력이 약해진다는 Goerl등(1995)

의 보고와 유사한 결과를 보였다.

비육기의 라이신이 제한되고 에너지가 증가된 사료의 급여가 돈육의 지방산 조성에 미치는 영향을 표 34, 35에 나타내었다. 등심의 palmitic acid와 oleic acid의 함량에서 통계적 유의차가 나타났으며 대조구가 두 지방산 모두 라이신의 제한과 에너지를 증가한 처리구들에 비해 높게 나타났다. 하지만 지방산 조성 비율이 일반적인 돈육의 지방산 함량과 차이가 크고 처리구간의 변차가 커 본 실험에서 라이신과 에너지 함량에 따른 지방산 조성의 특성을 평가하기엔 무리가 있다고 사료된다.

결과적으로 라이신의 제한과 에너지의 수준의 증가는 돼지의 성장에 어느 정도의 부정적인 영향을 보였으나 돈육 내 지방함량과 마블링 스코어를 개선에서는 긍정적인 결과를 보였다, 그 중에서도 라이신 함량을 NRC사양 표준보다 15% 감소하고 에너지 함량을 NRC사양표준보다 200kcal/kg 증가한 처리구 HL2의 경우 다른 처리구들에 비해 상대적으로 돼지에 성장에 적은 영향을 미쳐 고품질 돈육에 가장 효과적인 수준으로 사료된다.

(표 33). 비육기의 라이신의 제한과 에너지의 증가가 돈육의 육질에 미치는 영향

	CON ¹⁾	HL1	LL1	HL2	LL2	SEM ²⁾	Probability (P) ³⁾		
							ME	Lys	ME×Lys
Nutrients composition(%)									
Moisture	72.51	72.52	71.86	71.90	71.96	0.11	NS	NS	NS
Crude protein	24.26	23.85	24.09	23.88	23.96	0.10	NS	NS	NS
Crude Fat	1.92 ^C	2.15 ^{BC}	2.92 ^A	2.96 ^A	2.68 ^{AB}	0.12	NS	*	*
Crude Ash	1.31	1.47	1.13	1.26	1.41	0.05	NS	NS	NS
NPPC color	2.81	2.74	2.46	2.95	2.64	0.08	NS	NS	NS
NPPC marbling	2.14 ^b	2.43 ^{ab}	3.11 ^a	3.00 ^a	2.83 ^{ab}	0.12	NS	NS	NS
Meat quality									
PH45	6.22	6.23	6.24	6.26	6.25	0.01	NS	NS	NS
PH24	5.72	5.62	5.60	5.86	5.62	0.02	NS	NS	NS
FFU	43.96	42.14	37.81	40.51	42.20	2.38	NS	NS	NS
Drip looss (%)	3.02	2.92	2.76	2.75	2.80	0.16	NS	NS	NS
Coking loss (%)	28.88	28.63	27.60	27.18	29.09	0.57	NS	NS	NS
Shear force	49.35	45.8	44.55	40.28	45.24	1.56	NS	NS	NS
Meat color									
CIE L*	49.23	48.63	51.54	50.39	51.19	0.50	NS	NS	NS
CIE a*	7.32	7.21	7.69	7.64	7.67	0.16	NS	NS	NS
CIE b*	2.75	2.48	3.25	3.24	2.96	0.14	NS	NS	NS

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement / ME - 3,265kcal/kg, Lysine - 0.75%(early finishing), 0.60%(late finishing);
 HL1 : CON + 100kcal/kg ME - Lysine 15%
 LL1 : CON + 100kcal/kg ME - Lysine 30%
 HL2 : CON + 200kcal/kg ME - Lysine 15%
 LL2 : CON + 200kcal/kg ME - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean. ³⁾ NS, P>0.05; *, P<0.05; **, P<0.01; ^{ABC} Means is a same row with different superscript letters were significantly different (P<0.01). ^{ab} Means is a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.05)

(표 34). 비육기의 라이신 제한과 에너지의 증가가 등심 지방산조성에 미치는 영향

	CON ¹⁾	HL1	LL1	HL2	LL2	SEM ²⁾	Probability (P) ³⁾		
							ME	Lys	ME×Lys
Palmitoelic acid	2.47	1.95	1.95	2.55	2.62	0.16	NS	NS	NS
Palmitic acid	22.07 ^a	21.15 ^a	18.04 ^b	20.73 ^a	18.66 ^b	0.55	**	NS	NS
Linoleic acid	25.47	24.96	23.02	31.22	27.24	1.22	NS	NS	NS
Oleic acid	21.75 ^a	17.94	15.67 ^b	18.18	17.87	0.98	NS	NS	NS
Elaidic acid	3.67	2.98	3.52	2.74	2.81	0.15	NS	NS	NS
Stearic acid	13.97	13.28	10.13	13.01	12.35	0.62	NS	NS	NS
Eicosenoic acid	10.81 ^b	17.76	27.66 ^a	11.56 ^b	18.47	2.50	*	NS	NS

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement / ME - 3,265kcal/kg, Lysine - 0.75%(early finishing), 0.60%(late finishing);
 HL1 : CON + 100kcal/kg ME - Lysine 15%
 LL1 : CON + 100kcal/kg ME - Lysine 30%
 HL2 : CON + 200kcal/kg ME - Lysine 15%
 LL2 : CON + 200kcal/kg ME - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ NS, P>0.05; *, P<0.05; **, P<0.01;

^{abc}Means in a same row with different superscript letters were significantly different(P<0.05).

(표 35). 비육기의 라이신의 제한과 에너지의 증가가 삼겹살의 지방산 조성에 미치는 영향

	CON ¹⁾	HL1	LL1	HL2	LL2	SEM ²⁾	Probability (P) ³⁾		
							ME	Lys	ME×Lys
Palmitoelic acid	2.04	1.76	1.52	1.27	1.65	0.14	NS	NS	NS
Palmitic acid	20.72	14.43	21.73	18.54	18.57	0.99	NS	NS	NS
Linoleic acid	19.38	31.19	33.06	29.28	29.07	1.77	NS	NS	NS
Oleic acid	17.31	23.18	18.22	19.74	21.19	1.01	NS	NS	NS
Elaidic acid	12.89	4.68	8.99	3.84	4.13	1.43	NS	NS	NS
Stearic acid	13.42	11.21	8.28	16.80	15.25	1.00	NS	*	NS
Eicosenoic acid	14.24	13.55	8.21	10.54	10.15	0.87	NS	NS	NS

¹⁾ CON : NRC(1998) requirement / ME - 3,265kcal/kg, Lysine - 0.75%(early finishing), 0.60%(late finishing);
 HL1 : CON + 100kcal/kg ME - Lysine 15%
 LL1 : CON + 100kcal/kg ME - Lysine 30%
 HL2 : CON + 200kcal/kg ME - Lysine 15%
 LL2 : CON + 200kcal/kg ME - Lysine 30%

²⁾ Standard error of mean.

³⁾ NS, P>0.05; *, P<0.05; **, P<0.01;

제 4 절 최종평가: 고수율고급육질 생산을 위한 사양 시스템 개발

본 연구는 라이신 함량과 에너지 수준을 조절하여 소비자들의 요구에 부합하며 이상 돈육의 발생을 억제할 수 있는 높은 근내지방, 즉 상강도를 가진 고품질 돈육을 생산하기 위해 수행되었으며 제 4절에서는 고품질 돈육과 돼지의 성장에 중심을 두고 사양시스템에 대한 결론을 내리고자 한다.

본 과제 1년차, 제 1절의 실험은 자돈, 육성기의 라이신의 제한과 에너지의 증가가 비육돈의 성장과 영양소 소화율 그리고 육질 등 돼지에 전반적으로 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었다. 처리구는 자돈기·육성기에 1)LE1: 모든 영양소를 NRC(1998)기준에 맞추어 급여, 2)LE2: ME함량 NRC 요구량 기준, 라이신함량 NRC 요구량의 80%급여, 3)LE3: ME함량 NRC 요구량 대비 10%증가, 라이신함량 NRC 기준급여, 4)LE4: ME함량 NRC 요구량 대비 10%증가, 라이신함량 NRC 요구량 대비 80% 급여 였으며 비육기에는 모든 처리구의 영양소를 NRC 기준에 맞게 급여하였다. 자돈기에는 에너지를 10% 증가시킨 LE3과 LE4처리구의 사료효율이 증가되었지만($P<0.05$) 영양소 소화율의 결과를 보았을 때 라이신을 제한시킨 LE2와 LE4처리구의 질소 축적율이 다른처리구에 비해 낮았으며 LE4처리구의 경우 유의적으로 낮게 나타났다. ($P<0.05$) 이러한 질소축적율의 차이는 육성기의 실험처리구간의 성장차이를 가져왔다고 사료되며. 육성 초기에 LE2, LE3, LE4처리구가 LE1에 비해 유의적으로 낮은 일당증체량을 보였고($P<0.01$) 이후에도 라이신을 제한시킨 LE2와 LE4처리구는 다른 처리구에 비해 낮은 성장률을 보였다. ($P<0.05$) 이러한 결과는 육성기의 혈중 요소태 질소함량의 결과와 상통하였다. 비육기의 사료는 모든 처리구에 동일한 NRC(1998) 요구량의 영양소 수준을 갖춘 사료가 급여되었으며 최종 비육 10주령에서 체중수준의 처리구간 차이가 사라졌다. 이는 충족한 영양소 함량의 사료 급여로 인한 보상성장으로 사료된다. 육질의 경우 육색의 CIE value에서 처리구간의 차이가 나타났으며 LE2와 LE3처리구의 CIE a값이 높게 나타나 육색이 개선되었고($P<0.01$) 지방 함량의 경우 수치상으로 증가되는 경향을 보였지만 통계적인 차이는 없었으며 상강도, 보수력, 전단력 등의 다른 육질에는 큰 차이를 보이지 않았다. 지방산의 경우 자돈기에 불포화 지방산이 증가되는 경향을 보였으나 최종 비육돈에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 제 1절의 실험 결과에 따르면 자돈, 육성기의 에너지의 증가는 돼지의 성장에 큰 영향을 미치지 않았으나 라이신의 제한은 육성돈의 성장을 저해시키는 것으로 나타났으며 이후 일반적인 사료를 10주간 급여하였을 시 출하체중 도달일수와 비육돈의 육질에는 육색을 제외한 큰 차이는

없는 것으로 나타났다.

2년차 제 2절의 실험은 육성, 비육기의 라이신 제한사양이 육성, 비육돈의 성장과 영양소 소화율 그리고 육질에 미치는 영향을 규명하기 위해 수행되었다. 처리구는 1)CON: 모든 영양소를 NRC(1998)의 기준에 맞추어 급여, 2)LD1: CON대비 90% 라이신 수준 급여, 3)LD2: CON대비 80% 라이신 수준 급여, 4)LD3: CON대비 70% 라이신 수준 급여였다. 사양성적의 경우 육성기에는 CON과 LD1처리구의 일당증체량과 사료효율이 다른 처리구에 비해 유의적으로 높았으며($P < 0.01$) 비육기의 경우 라이신을 30%제한시킨 LD3처리구의 일당증체량과 사료효율이 유의적으로 낮게 나타났다. ($P < 0.05$) 전 사양구간에서 LD2와 LD3처리구의 체중이 유의적으로 낮게 나타났으며 LD3처리구의 경우 전 구간에 걸쳐 낮은 사양성적을 기록하였다. 이러한 경향은 혈중 요소태 질소의 함량에서도 나타나 비육 종료 시 LD3처리구의 혈중 요소태 질소가 다른처리구에 비해 유의적으로 높게 나타나 체내 단백질 대사에 부정적인 영향을 보였다. 영양소 소화율 실험에서는 처리구간의 차이가 나타나지 않았다. 출하시 등지방두께는 모든 라이신 제한 처리구가 CON 대조구에 비해 높은 등지방 두께를 보였으나 통계적 유의차는 발견되지 않았으며 LD1처리구가 육량, 육질 등급에서 모두 100%로 1A등급이 나타나 현재 시행되고 있는 출하등급에는 가장 적합한 것으로 나타났다. 육질분석 결과는 LD2와 LD3처리구의 등심 조지방 함량이 기타 처리구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$) NPPC 마블링스코어 또한 높게 나타났다. ($P < 0.10$) 비록 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 지방함량이 높았던 LD2 처리구에서 육즙감량과 가열감량이 낮았으며 여과지 흡수법을 통한 보수력이 가장 큰 것으로 나타났다. 또한 전단력을 측정된 결과 보수력과 마찬가지로 LD2 처리구의 전단력이 가장 높은 경향을 보여 LD2처리구의 육질이 가장 우수한 것으로 사료된다. 지방산 조성 또한 라이신의 제한에 따라 포화지방산 비율이 증가되는 경향을 보였으며 이는 아미노산의 제한에 따른 예상된 경로로의 지방합성을 설명할 수 있다. 제 2절의 실험 결과에 따르면 육성, 비육기의 라이신의 제한은 효과적으로 지방합성을 유도할 수 있는 것으로 나타났으며 NRC(1998)를 기준으로 할 시 10%의 라이신 제한은 돼지의 성장에 큰 영향을 미치지 않고 육질의 개선을 가져오며 그이상의 제한은 성장률을 떨어뜨리지만 돈육의 지방함량과 육질에 큰 개선 효과를 가져왔다. 또한 라이신 20%제한의 경우 모든 실험을 통틀어 가장 지방함량이 높게 나타났다. 하지만 30%이상의 라이신의 제한은 성장에 크게 부정적 영향을 미쳤으며 육질 면에서도 20%제한에 비해 나아진 결과를 보이지 않아 라이신의 20%제한이 고품질 돼지의 생산을 위한 적정선으로 사료된다.

3년차 제 3절의 실험은 비육기의 라이신 제한과 에너지 증가가 비육돈의 성장과

영양소 소화율 그리고 육질에 미치는 영향을 규명하기 위해 수행되었다. 처리구는 1)CON NRC(1998) 기준 (ME-3,265kcal/kg; 라이신-비육전기 0.75%, 비육후기 0.60%)에 충족한 사료를 급여 2)HL1: ME-3,365kcal/kg; 라이신-NRC기준 15%제한, 3)LL1: ME-3,365kcal/kg; 라이신- NRC 기준 30%제한, 4)HL2: ME-3,465kcal/kg; 라이신-NRC기준 15%제한, 5)LL2: ME- 3465kcal/kg; 라이신-NRC기준 30%제한이었다. 에너지의 함량과 에너지-라이신의 상호작용에 관계없이 종료 체중에서 라이신이 30%수준까지 제한된 LL1과 LL2처리구의 체중이 다른 처리구에 비해 낮게 나타났으며 비육후기의 일당증체량에서 위의 두 처리구가 유의적으로 낮게 나타났고 CON대조구의 일당증체량이 가장 높았다.($P<0.01$) 사료효율도 일당증체량과 마찬가지로 LL1과 LL2처리구가 유의적으로 낮았으며 혈중 요소태 질소의 함량 또한 두 처리구가 가장 높게 나타났다.($P<0.01$) 또한 영양소 소화율 실험에서도 LL1처리구의 단백질 소화율이 유의적으로 가장 낮았고($P<0.05$) LL2처리구가 다음이었다. 육질의 경우 수치상으로 보았을 때 LL1과 HL2처리구가 높은 수준의 지방함량과 상강도를 보였고 라이신의 저감과 에너지의 증가에 따라 등심의 조지방 함량이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났으며($P<0.01$), LL1과 HL2, LL2처리구의 조지방 함량이 높게 나타났고 에너지와 라이신간의 상호작용이 발견되었다($P<0.05$). 이러한 결과는 돈육의 NPPC 마블링수치에서도 유사하게 나타나 등심의 상강도가 크게 증가되었다.($P<0.05$) 비록 처리구간의 유의적인 차이는 발생하지 않았지만 조지방 함량이 높게 나타난 LL1 처리구와 HL2처리구의 보수력이 다른 처리구들에 비해 높은 경향을 보였다. 제 3절의 결과에 따르면 에너지를 100kcal/kg 증가시켰을 시 라이신의 30%제한 수준은 돈육의 품질을 크게 개선시켰고 에너지를 200kcal/kg 증가시켰을 시 라이신의 30% 제한은 15% 제한수준에 비해 오히려 부정적인 결과를 보였다. 따라서 비육기의 사료내 라이신 함량과 에너지함량은 생산성과 돈육의 품질을 기준으로 보았을 때 라이신 함량을 15% 낮추고 에너지 수준을 200kcal/kg 높게 한 수준이 성장을 크게 제한하지 않고 높은 상강도를 가진 경제적인 고품질 돈육을 생산 할 수 있는 가능성을 제시한다.

위의 결과들에 의하면 자돈기의 라이신과 에너지 조절은 고품질 돈육의 생산에 큰 이점을 제시하기 힘들다고 사료되며 돈육의 지방함량은 사료 내 에너지 함량의 증가에 따라 영향을 받기도 하지만 주로 라이신의 함량에 따라 크게 좌우되는 것으로 사료된다. 2차년도 연구결과에 의하면 라이신의 10% 제한은 사양성적에 영향을 미치지 않는 수준에서 육질을 개선 시킬 수 있는 것으로 나타났으며 20%이상의 제한 시 상강도가 크게 높아지는 것으로 나타났다. 또한 3차년도 연구의 결과를 통해 보면 라이신과 에너지의 시너지 효과가 나타나는 수준은 100kcal/kg의 에너지의

증가와 라이신 30%제한 수준과, 200kcal/kg의 에너지의 증가와 라이신 15%제한 수준이었고 사양성적 측면에서는 후자가 적합한 것으로 나타났으며 과잉의 에너지와 과도하게 낮은 라이신은 오히려 지방의 축적에 부적합한 것으로 사료된다. 본 연구결과는 육성기와 비육기의 라이신 조절과 에너지 조절이 고품질 돈육의 생산에 효율적인 수단이 될 수 있으며 비육기 단기간의 영양소 조절만으로도 눈에 띄는 근내지방의 증가와 육질의 개선을 가져올 수 있음을 시사하며 에너지와 라이신 두 가지 요소 모두에서 지나친 수준의 제어는 성장과 돈육 양방면에 부정적인 영향을 미칠 수 있음을 보여주고 있다.

따라서 결론적으로 고품질 돈육 생산을 위한 사료 내 라이신 함량의 제한은 육성, 비육기의 NRC(1998)기준 15-20% 수준이 적합하고 에너지의 증량은 약 100kcal/kg 수준이 적합하며, 비육기의 조절만을 통해서도 높은 상강도의 고품질 돈육을 생산할 수 있다 사료된다. 또한 육성기의 라이신과 에너지 조절은 비육기의 조절보다 큰 효과를 기대하기는 어려운 것으로 사료되나 최종 상강도를 극대화하기 위해서는 육성기부터의 조절이 필요할 것으로 추정된다.

□ 제 1협동과제 : 초음파기계를 이용한 생체 등심 마블링 스코어 측정

1차년도 연구개발의 목표는 생돈에서 측정한 마블링스코어와 도체에서 측정한 근내지방도간의 상관관계를 규명하고 생돈의 4~5번째 늑골부위에서 측정한 삼겹살이미지를 수집(collection)하는 것이 주목적으로 연구되었다. 평가의 착안점은 초음파기계(Aloka 500 SSD)를 활용하여 생돈의 최후 늑골부위 등심이미지 측정하여 이미지 분석용 소프트웨어를 활용하여 마블링스코어를 예측하고, 도축후 도체의 10번째 갈비뼈 근처의 등심표본채취후 pH변화, 일반성분, 보수력, 육즙손실 및 근내지방도를 분석하여 일반상관도분석 및 순위상관도 분석을 실시하였다. 또한 4~5번째 늑골에 해당하는 앞다리 뒷부분의 복부를 돼지 체장과 직각되도록 탐색자로 밀착시켜 삼겹살부위 초음파 이미지를 수집하여 2년차와 3년차에 예측모형을 개발하는데 기초자료로 이용하고자 하였다.

2차년도 연구개발의 목표는 품종별 생돈에서 측정한 마블링스코어와 도체에서 측정한 근내지방도간의 상관관계를 규명하여 근내지방도와 마블링스코어간 예측모형을 개발하고 또한 생돈의 4~5번째 늑골부위에서 측정한 삼겹살이미지를 분석(analysis)을 목적으로 연구되었다. 평가의 착안점은 이미지 분석용 소프트웨어를 활용하여 예측한 마블링스코어와 도체에서 측정한 근내지방도간의 예측모형을 개발하기위해 상관도분석과 회귀분석을 실시하였다. 또한 3년차의 회귀모형을 검증할 수 있는 기초자료로 자료를 축척하였다. 또한 4~5번째 늑골에 해당하는 앞다리 뒷부분의 복부를 돼지 체장과 직각되도록 탐색자로 밀착시켜 삼겹살부위 초음파 이미지를 수집하여 모형개발에 착수 하였다.

3차년도 연구개발의 목표는 생돈에서 측정한 마블링스코어와 도체에서 측정한 근내지방도간의 예측모형을 개발하고 개발된 예측모형을 검증하였다. 또한 생돈의 4~5번째 늑골부위에서 측정한 삼겹살이미지를 분석(analysis)하여 모형을 개발하는 것이 주목적으로 연구되었다. 평가의 착안점은 초음파기계를 활용하여 측정한 마블링스코어와 도체에서 측정한 근내지방도간의 예측모형을 검증하기 위한 Spearman의 rank correlation을 실시하고, 마블링스코어 따른 근내지방도를 추정할 수 있는 regression analysis를 실시하였다. 또한 3년차의 회귀모형을 검증할 수 있는 기초자료로 자료를 축척하였다. 또한 초음파기계를 활용하여 삼겹살의 품질을 평가하기 위해 Shaw 와 Rossetto(2003)이 개발한 예측모형을 활용하여 도체에서 측정한 4~5번째 늑골부위에서 측정한 초음파 이미지와 도체에서 측정한 삼겹살이미지를 비교분석하

여 새로운 모형을 개발 하였다.

본 연구는 초음파기계를 활용하여 예측한 마블링스코어와 도체에서 측정된 근내 지방도간에는 일반상관 및 순위상관도에서 매우 고도의 상관관계를 보였다. 이 결과로서 실제 근내지방도를 개량하는데 초음파기계를 활용할 경우 그 효율이 매우 높다는 것을 알 수 있다. 또한 도체의 삼겹살 품질을 측정하는 대신에 초음파기계를 활용하여 삼겹살의 품질을 측정할 수 있는 모형을 개발하였다.

□ 제 2협동과제 : 돈육의 육질특성분석 및 육질 평가시 스템 개발

국내에서 사용되는 다양한 품종의 돈육질 육질특성을 주관적인 평가기준과 과학적이고 객관적인 방법을 적용하여 분석하였으며, 분석된 육질항목 간 연관성을 다각적으로 분석하였다. 국내산 돈군의 육량지표를 생체특성 및 도체특성으로 나누어 분석하였으며, 다양한 육질평가 항목과의 상관관계를 분석하였다. 이와 같은 다각적인 분석기법을 통해 대표 육질항목을 설정하였다.

돈육의 육질분포를 분석하였으며, 분석된 육질분포와 새롭게 제안한 고품질 돈육의 품질지표를 이용하여 지표의 차별성을 검증하였다. 이와 같은 고품질 돈육의 품질지표 제안은 차년도 연구의 기초자료로 활용되며, 차후 고품질 품종의 개량자료로 활용가능하다.

근육의 사후 초기 대사과정에 의한 글리코젠과 젖산의 함량을 측정하여 조직학적 특성과의 관계를 분석하였으며, 또한 사후 초기 대사산물 함량에 따른 육질특성을 측정하여 대사적 특성이 돈육질 미치는 영향을 분석하였다. 다양한 육질측정항목 중 육질을 대표할 수 있는 대표 육질항목을 통계적 분석을 통하여 설정하였고, 이를 종합적으로 설명할 수 있는 육질평가지수식을 산출하였다. 제안된 품질지표 및 육질 평가지수의 실용성 검증을 위하여 객관적인 육질측정항목과 주관적인 관능적 특성과의 상관성 및 통계적 유의성을 검증하였다.

특화 육질지수를 고안하는데 있어 돈육질 육질평가 지표를 선정함. 돼지의 등심과 삼겹살 부위의 객관적 육질특성과 관능적 특성의 다양한 육질평가를 실시하고, 육질지표에 따른 각 항목의 차이분석을 실시하였다. 여러 육질특성 항목을 이용하여 등심육질평가지수와 마찬가지로 삼겹살 부위에 적합한 삼겹살 육질평가지수를 고안함 등심 및 삼겹살 부위의 여러 육질특성 항목, 등심육질평가지수, 삼겹살 육질평가

지수 간 상관관계분석을 실시하였다. 국내 유통되는 돈육에 육질지표 및 육질평가지수를 적용, 그 등급별 분포를 분석하여 육질평가지수의 객관성을 검증하였다.

돈육 등심근의 육질 평가항목을 이용하여 고안한 세 가지 등심 육질평가지수를 국내에서 유통되는 대표적인 5가지 품종(버크셔, 듀록, 요크셔, 랜드레이스, 교잡종)에 적용하여 품종에 따른 등심 육질평가지수 분포를 확인하였다.

현재 국내에서 유통되는 돈군의 육질항목을 객관적, 주관적(관능적)인 측정방법을 통해 육질을 대표할 수 있는 육질지표항목을 제안하였다. 또한 제안된 육질 평가지표를 이용해 육질평가지수를 고안하여 이에 따른 국내 유통 돈군의 육질을 육질평가지표를 적용하여 그 실용성을 검증하였다. 육량 및 육질을 함께 고려한 육량지표 및 등급을 설정하여 효과적인 종합 육질평가지수를 제안함. 부위별 육질을 지수법으로 표시 할 수 있는 방법을 제안함으로써 돈육을 고급화 및 차별화 할 수 있는 평가시스템을 구축할 수 있는 토대를 마련하였다. 또한 육질을 대표하는 근육인 등심근과 돈육의 최 선호 부위인 삼겹살 부위에 대한 육질평가지표 제안 및 육질평가지수를 고안함으로써 연구의 최종 목표인 육질평가지수의 개발의 토대를 마련하였다.

□ 제 1위탁과제 : 고수율·고품질 돈육 생산을 위한 사양 프로그램 개발

1차년도 연구개발의 목표는 돼지의 생리적 변화 조사와 적정 도체 체중의 확립이었으며 자돈기부터 육성기까지의 영양소 조절이 비육돈의 지방축적에 미치는 영향에 대해 연구되었고 자돈, 육성사료에 대한 적절한 에너지와 라이신 수준에 대한 패턴이 연구되었다. 평가의 착안점은 성장단계별 생리적 특성과 육질 및 출하체중의 확립이었으나 같은 영양소 함량의 사료를 섭취시킨 비육기의 보상성장으로 인해 처리구간의 체중차이가 사라져 출하체중을 확립하는 것은 실패하였다. 하지만 1년차 연구를 통해 자돈기와 육성기의 영양소 수준의 조절이 비육돈의 지방합성에 미치는 영향은 크지 않다는 것과 비육기의 영양소 수준의 조절이 돈육 내 지방함량의 주요 요건이라는 것을 밝혔다. 이러한 결과는 2년차와 3년차 연구에 있어서 육성기와 비육기, 혹은 비육기만을 통한 단기적인 사료내 영양소 조절을 통해서도 육질의 큰 변이를 유도 할 수 있다는 기초 자료가 될 수 있었다.

2차년도의 연구개발 목표는 돈육의 상강도 및 육질 증진을 위한 방안 모색이었으

며 사료 내 라이신 함량의 조절만을 통해 돈육의 육질 증진을 시도하였고 수준별 영양수준에 따른 육질의 변화에 대하여 조사되었다. 2년차 연구의 결과에 따르면 라이신 수준의 조절만으로도 돼지의 지방함량과 상강도를 조절할 수 있으며 육성, 비육기의 라이신의 제한은 효과적으로 돼지의 상강도를 증가시키는 것으로 나타났다. 하지만 30%수준의 제한은 오히려 적은 육질의 개선을 가져왔으며 10%제한과 20%제한의 차이에 따른 육질의 변화가 크게 나타나 고품질 돈육을 위해서는 적절한 수준의 라이신의 제한이 중요한 것으로 사료되었고 그 수준은 NRC(1998)기준의 약 20%정도 제한이 효과적임이 증명되었다.

3차년도 연구개발 목표는 돈육의 품질 고급화를 위한 사양관리 표준 모형의 설정으로 비육기의 라이신 제한과 에너지 수준의 증가가 비육돈의 성장과 육질에 미치는 영향을 규명하기 위한 연구가 수행되었으며 1, 2년차 연구와 3년차의 연구를 통합하여 사양 관리 시스템을 개발하고 표준화 하였다. 3년차 연구에서 비육기의 라이신과 에너지 조절만으로도 돈육의 상강도를 증가시킬 수 있다는 것이 증명되었고 2년차 연구 결과와 마찬가지로 라이신과 에너지의 조절 수준이 돈육품질 조절의 주요 요인으로 나타났으며 그 수준으로는 라이신 제한 15%, 에너지 증가 100kcal/kg수준이 적합하였다.

위의 결과들에 따라 고품질 돈육 생산을 위한 사료 내 라이신 함량의 제한은 육성, 비육기의 NRC(1998)기준 15-20% 수준, 에너지의 증량은 약 100kcal/kg수준으로 사양시스템을 변화시켜야 하고 비육기의 영양소의 조절만으로도 적절한 고품질 돈육을 생산할 수 있으며 육성기부터의 영양소의 조절을 통해 이를 극대화시킬 수 있음을 발견하였다.

본 연구는 사료의 영양소 수준에 따른 성장단계별 근육 및 지방의 축적과 영양학적 방법을 통한 돼지의 상강도 및 육질의 향상을 위한 방안을 연구하고 이를 통해 고품질 돈육 생산을 위한 사양시스템을 개발하기 위해 수행되었다. 결과에 따르면 증가된 근내지방과 상강도는 일반적인 영양소의 사료를 급여한 돼지의 돈육의 지방의 양에 비해 약 30~50%수준이 추가적으로 축적되었으며 이는 영양적인 조절이 상강도가 높은 고품질 돈육의 생산에 매우 효과적이었음을 증명하였고 3년간의 연구기간동안 적절한 라이신과 에너지 수준과 사양단계에 따른 효율성이 규명되었다.

본 연구의 결과는 높은 상강도의 돈육을 통해 한국산 돈육의 육질을 개선하고, 성장의 손실을 최소화한 수준에서 지방의 함량을 높일 수 있는 기술에 활용될 수 있으며, 고품질 돈육 시장을 활성화하고 농가의 수익을 증진시킬 수 있으며 차후 시장개방에 대비하여 국제 경쟁력을 강화하고 일본등의 해외 시장에서의 한국산 돈육의 입지를 높이는데 크게 기여할 수 있으리라 생각된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

□ 제 1세부과제 : 고부가가치 돼지 생산을 위한 요인 분석

- 육질관련 유전자 마커와 산육관련 유전자 마커의 기업형 종돈장의 육종과 대한양돈협회 능력검정소 종돈 선발 방안에 활용 건의
- 비육돈 출하체중을 현재의 110kg에서 120kg 으로 증가시키는 방안을 산업계에서 활용가능하도록 건의
- 삼겹살 품질 표준화 방안을 산업계에서 활용할 수 있도록 건의

□ 제 1협동과제 : 초음파기계를 이용한 생체 등심 마블링 스코어 측정

본 연구를 통해 생돈에서 초음파기계를 활용하여 마블링스코어를 예측할 수 있는 기반을 마련하였으며 도체에서 측정한 근내지방도와 삼겹살로 예측한 근내지방도간의 일반상관계수(Pearson correlation coefficient)와 순위상관계수(Spearman rank correlation coefficient)는 0.76, 0.86으로 고도의 상관도를 보임일 알 수 있었다. 품종별 상관도를 살펴보면 버크셔종의 일반상관계수와 순위상관계수는 각각 0.75와 0.79로 고도의 상관관계로 조사되었고, 듀록종은 각각 0.63과 0.78, 랜드레이스종은 각각 0.85, 0.82, 대요크셔종은 0.91, 0.93으로 가장 높게 상관관계로 조사되었다. 초음파기계로 예측한 마블링스코어에 의한 도체에서 측정한 근내지방도의 회귀분석결과 회귀계수와 절편이 각각 0.836, -0.005로 조사되었다. 품종별로는 버크셔종은 회귀계수와 절편이 각각 0.966, 0.257로 조사되었고, 듀록종은 각각 0.815, 0.836으로 조사되었고, 랜드레이스종은 각각 0.902, 0.202, 대요크셔종은 각각 0.993, -0.005로 조사되었다. 이러한 결과를 종합해보면 생돈에서 초음파기계를 활용하여 마블링스코어를 예측하는 방법으로 실제 근내지방도를 개발하는데 이용한다면 그 효율이 매우 높다는 것을 알 수 있다. 또한 초음파기계를 활용하여 예측한 근내지방도와 미놀타 육색(명도, 적색도, 황색도), 가열감량간에는 유전상관이 정(+)의 상관관계 보였다는 것은 종돈개량에 있어 초음파기계를 활용하여 근내지방도를 개발할 경우 육색과 가

열감량도 또한 개량할 수 있다는 것을 의미한다.

삼겹살의 품질을 대상형질로 하여 생돈에서 미리 예측할 수 있는 방법은 전문후 무하였다. 국내에서 가장 선호하는 부위인 삼겹살의 품질을 등한시하고 종돈의 육질을 개량한다는 것은 실제 무의미하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 4~5번째 늑골부위에서 초음파기계를 활용하여 측정된 삼겹살 품질과 도체에서 측정된 삼겹살의 품질을 비교분석하여 실제 생돈에서 삼겹살의 품질을 예측할 수 있는 도태를 마련하였지만 실제 이 기술을 사용하기 위해서는 개발된 모형을 더 보완해야 한다.

□ 제 2협동과제 : 돈육의 육질특성분석 및 육질 평가시스 템 개발

제 1 절 연구개발 성과

- 돈육 등심과 삼겹살 부위의 육질을 객관적으로 평가할 수 있는 특화 육질평가지수 개발

- 4명의 석사 인력 양성

- SCI급 해외학술지에 2편의 논문을 게재

<개제 내용>

- 1) Ryu, Y.C., Y.M. Choi, S.H. Lee, H.G. Shin, J.H. Choe, J.M. Kim, K.C. Hong, B.C. Kim. (2008). Comparing the histochemical characteristics and meat quality traits of different pig breeds. *Meat Science*, 80, 363-369.
- 2) Choe, J.H., Y.M. Choi, S.H. Lee, H.G. Shin, Y.C. Ryu, K.C. Hong, B.C. Kim. (2008). The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition, and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science*, 80, 355-362.
- 3) Shin, H.G., Y.M. Choi, Y.J. Nam, J.H., Choe, S.H. Lee, D.W. Jeong, and B.C. Kim. (2008). Relationships among instrumental tenderness parameters, meat quality traits, and histochemical characteristics in porcine *longissimus dorsi* muscle. *Food Science and Biotechnology*, 17, 965-970

제 2 절 성과활용 계획

- 개발된 돈육 등심과 삼겹살 특화 육질평가지수의 특허출원

- 관능적 특성 평가를 통한 육질특성으로 SCI급 해외학술지에 논문 게재 2 편

1) Nam, Y.J., Y.M. Choi, D.W. Jeong, and B.C. Kim. (2009). Comparison of postmortem meat quality and consumer sensory characteristics in porcine quality classification. Food Science & Biotechnology, submitted.

2) Nam, Y.J., Y.M. Choi, S.H. Lee, J.H. Choe, D.W. Jeong, Y.Y. Kim, and B.C. Kim. (2009). Sensory evaluations of porcine *longissimus dorsi* muscle: relationships with postmortem meat quality traits and muscle fiber characteristics. Meat Science, Submitted

□ 제 1위탁과제 : 고수율·고품질 돈육 생산을 위한 사양 프로그램 개발

본 연구를 통해 고품질 돈육을 생산하기 위한 사양단계에 따른 영양소의 조절방안에 대한 기틀이 마련되었으며 성장에 미치는 부정적 영향을 최소화하고 고품질 돈육을 생산할 수 있는 영양소의 조절 수준은 NRC(1998) 기준 라이신 15~20%제한, 에너지 100kcal/kg 증가 수준으로 규명되었다. 또한 육성기와 비육기의 조절로 근내지방을 효과적으로 축적 시킬 수 있는 것으로 나타났으며 지방함량의 증가수준은 일반돈육의 약 30~50%의 성과를 보였다. 본 연구의 결과를 통해 정육형 돼지가 갖고 있는 PSE등의 이상돈육에 대한 문제를 해결하고 지방함량이 높은 고기를 선호하는 국내 소비자들의 취향에 맞는 돈육을 생산하여, 고품질 돈육에 대한 소비자들의 요구에 부합하고 돈육의 소비를 증가시킬 수 있을 것이라 사료되며 차후 외국산 돈육의 수입개방에 대한 국내 돈육의 우월성을 확보 할 수 있을 것이라고 생각된다. 또한 높은 상강도의 돈육 생산은 국내 돈육의 주요 수출처이자 목표시장인 일본 돈육 시장의 취향과도 부합하여 국산 돈육의 수출을 늘리고 저 평가된 한국산 돈육의 평가를 개선시킬 수 있을 것이다.

성장과 돈육에 부정적인 영향을 미치는 수준까지 규명한 본 연구의 결과는 고품질 돈육의 생산에 적절한 수준의 영양소 설정 뿐 아니라 라이신과 에너지를 통한 돈육 품질의 조절 가능 수준을 포괄하고 있다. 이러한 기초 연구는 세계적으로 높은 수준에 올라있지만 아직까지 국내에서는 외국의 사례를 가지고 국내에서의 도입 가능성을 타진할 뿐 이용가능성을 규명하고 국내 실정에 맞게 적용하려는 노력은

미흡한 실정이다. 본 연구를 차후 국내외의 학술회의나 저널에 발표함으로써 기술의 우수성을 확인할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 본 연구는 고품질 돈육의 생산이라는 목적 외에도 라이신과 에너지의 조절이 돈육의 육질에 미치는 영향을 규명하였으며, 이러한 기초연구는 더욱 높은 상강도의 돈육을 생산하기 위한 여러 기술들의 기초자료로 활용될 수 있어 국내 고품질 돈육의 연구에 대한 밑받침이 될 수 있을 것으로 사료된다. 뿐만아니라 상강도를 극대화 시키기 위한 추가적인 연구로 각 품종에 따른 고지방 품종의 육종에 대한 연구와 사양단계에 따라 더욱 세분화된 지방축적의 연구가 차후 수행된다면 더욱 정확한 조절 수준과 적합한 조절 시기를 통해 돈육의 품질개선 폭을 극대화 할 수 있으리라 생각되며 본 연구와 병합된 다른 원료사료나 특정 생리활성물질등의 첨가를 통한 연구는 높은 상강도와 더불어 특정 생리활성효과를 가지는 고품질 브랜드육 개발에 적극 활용될 수 있으리라 사료된다.

이러한 결과는 양돈 사양가에 의해 업계에 적용이 되어야하며 시장에서의 활용방안으로는 높은 상강도의 돼지를 전국적으로 생산함으로써 국내 돈육의 전체적인 품질을 높이고 고품질돈육으로의 브랜드를 꾀하는 방안이 있다. 하지만 기술을 현장에 적용시키기 위해서는 현행 육량, 육질 등급에 대한 변화가 필요할 것으로 사료된다. 2년차 연구에서 라이신이 제한된 사료를 공급한 돼지의 육량, 육질 등급을 추가하였으며 이에 따르면 높은 상강도의 돈육에 비해 낮은 상강도의 돈육이 오히려 높은 육량, 육질 등급을 보였고 이러한 돼지의 등급은 양돈 사양가들의 수입과 직결되는 현실에서 양돈 사양가들이 본 기술을 현장에 적용하기엔 무리가 따르는 것이 현실이다. 따라서 이러한 고품질 돈육의 등급에 대한 정부나 업계의 인증이나 일반 돈육과는 차별된 등급제도에 대한 제도적인 보완이 요구된다. 마지막으로 고품질 돈육의 활용을 위해서는 소비자들이 고품질 돈육을 인식할 수 있는 환경이 뒷받침 되어야 한다. 일본의 명품브랜드 돈육들과 마찬가지로 고급육에 대한 소비자들의 인지도를 확보하고 고급육 시장을 생성한다면 국내 돈육시장을 더욱 활성화시키고 진보된 양돈사양가들의 수입을 증대시키며 고부가가치 돈육에 대한 업체 간의 경쟁을 통해 더욱 높은 상강도의 돈육을 생산하려는 시도들이 유도될 것이다. 그리하여 이러한 시도들은 차후 돈육의 품질과 그 품질에 대해 이루어질 수많은 연구들, 그리고 양돈업과 돈육 시장의 발전에 큰 기여를 할 것으로 사료된다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 1 절 초음파기계를 이용한 하이마블링 듀록 개발

1998년 미국의 아이오와주립대학의 육종실험농장에서는 듀록종의 등심부위의 근내지방도를 개량하는데 초음파기계를 활용하였다. 기초돈군으로 듀록암돼지 40두를 활용하였고 교배는 냉동정액을 활용하여 무작위교배 실시하였다. 그 결과 6세대이후 하이마블링 듀록 선발돈군과 대조군의 등심 근내지방도는 각각 4.53과 2.41로 2.12의 차이를 보였다. 매년 0.35씩 근내지방도가 높아진 것이다. 특히 근내지방도 육종가의 차이는 2.20이어서 선발돈군의 근내지방도의 증가는 순전히 유전적개량에 의한 것이었다.

(표 1) 미국의 아이오와 주립대 하이마블링 듀록 6세대 선발결과

형질	선발돈군	대조돈군	차이
근내지방도 육종가	1.93	-0.27	2.20
근내지방도	4.53	2.41	2.12

제 2 절 상강도의 측정 기준

근내지방(intramuscular fat)의 함량과 상강도(marbling)는 그 의미가 혼용되어 사용되기도 하지만 일반적으로 근내지방의 함량은 화학적으로 측정되며 상강도는 주관적인 외관상의 평가에 의해 측정되는 차이가 있다. 따라서 화학적인 지방추출법을 통해 측정되는 정확한 근내지방의 함량에 비해 상강도의 주관적인 평가는 다양한 환경적 요인들에 의해 영향을 받게 되므로 상강도 측정 시 고기를 자르고 표면을 공기에 최소한 15분 이상 노출시킨다거나 100 lux이상의 백열광 조명하에서 측정하는 등의 표준화된 기준들이 세워졌다. 고기에 따라 지방조직은 고기의 전면을 덮고 있기도 하고 일정 부분에 밀집되어 있기도 하여 전체적인 상강도는 지방조직의 크기와 숫자, 지방 입자들의 분포 등을 모두 고려하여 측정하여야 한다. 하지만

지방조직들의 크기와 근간지방, 피하지방과의 상대적인 거리에 따라 상강도에 대한 신뢰도의 차이가 생기게 되고 큰 지방조직이 고기 내에 존재할 경우 이것을 고려하여 상강도를 한 단계 낮추어 표기한다.

1992년, Jones 등은 10번째 갈비뼈 근처 등심의 마블링 기준을 제시하여 traces, slight, small, moderate, abundant 등의 등급을 제시하였으며 각 등급에 따른 일반적인 지방함량을 아래 표 36에 나타내었다. 또한 이러한 시각적 상강도 기준은 video image analysis가 개발되면서 컴퓨터를 이용한 정밀한 측정이 가능하게 되었다. NPPC는 1995년 새로운 시각적 상강도 기준을 주관적 기준과 실질적 분석을 통해 제시하였으며 근내지방의 함량에 따라 상강도를 표기하는 기준을 마련하였다.

(표 2). 일반적인 시각적 상강도와 NPPC 상강도의 근내지방함량

Usual	IMF (%)	NPPC	IMF (%)
Devoid	1.0~2.5	1	1
Trace	2.5~4.0	2	2
Slight	4.0~5.0	3	3
Small	5.0~6.5	4	4
Modest	6.5~7.5	5	5
Moderate	7.5~8.5	6	6
Abundant	>8.5	10	10

제 3 절 영양적인 방법을 통한 상강도의 개선에 대한 연구

식품내의 동물성 지방이 건강에 좋지 못하다는 인식이 생기면서 돼지고기는 정육형으로 변화되어 왔지만 연도와 맛에 대한 요구와 이에 대한 연구는 계속 되었으며 근내지방의 함량이 고기의 맛에 미치는 영향은 많은 연구들에서 높은 상관관계가 증명되었다. 이러한 근내지방을 향상시키려는 영양적인 연구로는 본 연구에서 수행된 라이신과 에너지의 비율외에도 비타민과 미네랄의 급여와 지방공급원의 제공을 통한 사료 내 에너지 밀도의 증가, 아미노산을 이용한 지방축적 유도등이 있다.

비타민 A, D, E 등의 지용성 비타민이 육질에 미치는 영향은 이미 많은 연구들에 의해 규명되었다. 육류의 지방산화 기작은 세포 내막의 주성분인 phospholipid에서 시작되는데 비타민 D, E의 급여는 이 산화기작을 억제하는 기능이 있으며 Swigert 등(2003)의 연구에 의하면 마그네슘과 비타민 E의 공급은 돈육의 상강도를 크게 증가시키는 것으로 보고되었다. 그리고 비타민 A는 체내에 지방세포의 형성을 억제하는 기능이 있어 D'Souza 등 (1999)은 육성·비육기의 사료에서 첨가되는 비타민, 미네랄 첨가제로부터 비타민 A를 제거하였을 때 대조구에 비해 각각 상강도가 1.9%, 2.0% 높아졌다고 보고 하였다.

또한 creatine monohydrate(CMH)의 급여가 돈육의 품질과 상강도를 높였다는 보고가 있으며(Maddock et al., 2002; Berg et al., 2003) 본 연구와 마찬가지로 지방 공급원의 급여는 에너지의 밀도를 높여 지방의 축적에 기여하는 것으로 알려져 있다.

또한 Lysine외에도 leucine, tyrosine, isoleucine, tryptophan등의 케톤원성 아미노산들은 acetyl-CoA와 acetoacetate의 형태로 근육조직에서 전변되어 지방산 합성에 이용되는 것으로 알려져 있으며 Cisneros 등 (1996)은 요구량 이상의 Leucine을 사료내 첨가하였을 때 근내 지방 및 육색의 개선이 이루어졌다고 보고되었다.

제 4 절 NMR을 이용한 지방함량의 분석법

상강도의 기본 기준은 돈육 내 지방의 함량이며 이 기준의 대부분은 정육에서 화학적 용매에 의해 추출되는 지질을 기준으로 하고 있다. 이러한 화학적으로 추출된 지질은 주로 지방세포에서 유래하며 세포막의 지질, 그리고 근육세포의 sarcoplasm에 저장된 작은 물방울 형태의 지질 등에서 추출된다.(NPPC, 2000) 이러한 추출법의 종류로는 ether 추출법, Folch 법이 있으며 각각 ether, chloroform methanol을 용매로 이용하여 지방을 추출하지만 분석에 시간이 오래 걸린다는 단점이 있었다. 그래서 이를 보완하기 위해 지질의 비중을 이용한 Foss-let 지방 분석법과 전자기파를 이용한 CEM사의 지방과 수분 추출법 등이 개발되었다. 하지만 이러한 방법들도 과거의 방법들과 마찬가지로 methylen chloride와 detergent tetrachloroethylene 등의 용매를 필요로 하였으며 분석을 위해 샘플의 균질화 과정이 필요하다는 한계를 벗어나지 못하였다.

그러나 최근 미국의 CEM사는 위험한 화학물질을 이용하지 않고 실시간 분석이 가능한CEM SMART Trac NMR system을 발표하였으며 2008년 6월 AOAC의

official method로 승인되었다. NMR(Nuclear magnetic resonance)은 분자내의 수소, 질소, 탄소 사이의 거리와 각도를 측정해 거대 생체 고분자의 구조를 밝혀내고 여러 분자의 구조에 대한 연구를 수행하는데 이용되는 첨단 장비로 수분함량이 높은 샘플의 분석은 물 분자가 지방분자의 측정에 간섭을 하는 문제로 인해 사용되지 못하여 왔었지만 CEM사는 이러한 문제점을 microwave를 이용한 샘플의 건조방법과 NMR을 접목시켜 해결하였으며 이는 NMR의 이용영역을 확대시켰다. 방식의 원리는 microwave를 이용하여 샘플을 건조시켜 수소결합을 파괴한 후 NMR을 이용하여 고주파에너지 펄스를 샘플로 발사하면 남아있는 수소분자는 전기신호인 자유유도감쇠(FID, Free Induction Decay)를 발생하게 되고 이 신호의 강도를 측정하는데 지방 분자의 경우 단백질이나 탄수화물 등에 비해 신호가 늦게 나타나 쉽고 빠르게 지방의 함량이 측정된다.

제 7 장 참고 문헌

- Aalhus, J. L., Best, D. R., Murray, A. C., & Jones, S. D. M. (1998). A comparison of the quality characteristics of pale, soft and exudative beef and pork. *Journal of Muscle Foods*, 9, 267–280.
- Amin, V., D. Wilson, and G. Rouse. 1997. USOFT: An ultrasound image analysis software for beef quality research. A. S. Leaflet R1437. Iowa State University, Ames
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemistes. Wash ington DC.
- Apple J. K., C. V. Maxwell, D. C. Brown, K. G. Friesen, R. E. Musser, Z. B. Johnson, and T. A. Armstrong. 2004. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. *J. Anim. Sci.* 82:3277–3287
- Bendall, J. R., & Swatland, H. J. (1988). A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. *Meat Science*, 24, 85–126.
- Bendall, J. R., & Wismer–Pedersen, J. (1962). Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. *Journal of Food Science*, 27, 144–159.
- Bergner, H. 1977. Protein evaluation and protein metabolism. FEBS 11th Meeting. Copenhagen 1977, 149–160.
- Bidner, B. S., M. Ellis, D. P. Witte, S. N. Carr and F. K. McKeith. 2004.

Influence of dietary lysine level, pre-slaughter fasting, and rendement napole genotype on fresh pork quality. *Meat Science* 68:53–60.

Blanchard, P. J., Ellis, M., Warkup, C. C., Hardy, B., Chadwick, J. P. and Deans, G. A. 1999. The influence of rate of lean and subcutaneous fat tissue development on pork eating quality. *Anim. Sci.* 68:477–485.

Borum, P. R., and H. P. Broquist. 1977. Lysine deficiency and carnitine in male and female rats. 1977. *J. Nutr.* 107; 7:1209–1215.

Bouton, P. E., Carrol, F. D., Fisher, A. L., Harris, P. V., and Shorthose, W. R.(1983)Influence of pH and fiber contraction state up on factors affecting the tenderness of bovine muscle. *J. Food sci.*38, 404.

Bowker, B. C., Grant, A. L., Forrest, J. C., & Gerrard, D. E. (2000). Muscle metabolism and PSE pork. *Journal of Animal Science*, 79, 1–8.

Bowker, B. C., Swartz, D. R., Grant, A. L., & Gerrard, D. E. (2004). Method of isolation, rate of postmortem metabolism, and myosin heavy chain isoform composition influence ATPase activity of isolated porcine myofibrils. *Meat Science*, 66, 743–752.

Briand, M., Talmant, A., Briand, Y., Monin, G., & Durand, R. (1981). Metabolic types of muscle in the sheep: I. Myosin ATPase, glycolytic, and mitochondrial enzyme activities. *European Journal of Applied Physiology*, 46, 347–358.

Briskey, E. J. (1964). Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Advanced in Food Research*, 13, 89–178.

- Briskey, E. J., Bray, R. W., Hoekstra, W. G., Phillips, P. H., & Grummer, R. H. (1959). The effect of exhaustive exercise and high sucrose regimen on certain chemical and physical pork ham muscles characteristics. *Journal of Animal Science*, 18, 173–177.
- Briskey, E. J., Bray, R. W., Hoekstra, W. G., Phillips, P. H., & Grummer, R. H. (1960). Effect of high protein, high fat and high sucrose rations on the water-binding and associated properties of pork muscle. *Journal of Animal Science*, 19, 404–411.
- Brook, M. H., & Kaiser, K. K. (1970). Three myosin adenosine triphosphatase systems: The nature of their pH liability and sulfhydryl dependence. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 18, 670–672.
- Cai, Y. and D. R. Zimmerman, 1996. Lysine requirement of the lactating sow determined by using plasma urea nitrogen as a rapid response criterion. *J. Anim Sci.* 74:1056–1062.
- Calkins, C. R., Dutson, T. R., Smith, G. C., & Carpenter, Z. L. (1982). Concentration of creatine phosphate, adenine nucleotides and their derivatives in electrically stimulated and nonstimulated beef muscle. *Journal of Food Science*, 47, 1350–1353.
- Castell, A. G., Cliplef, R. L., Poste-Flyun, L. M. and Butler, G. 1994. Performance, carcass and pork characteristics of castrates and gilts self-fed diets differing in protein content and lysine : energy ratio . *Can. J. Anim. Sci.* 74:519–528.
- Choi, Y. M., Ryu, Y. C., & Kim, B. C. (2006). Effect of myosin heavy chain isoforms on muscle fiber characteristics and meat quality in porcine

- longissimus muscle. *Journal of Muscle Foods*, 17, 413–427.
- Chen Chen–Chi, Chang Tse, Su Hung–Yi. Genetic polymorphisms in porcine leptin gene and their association with reproduction and production traits. *Australian Journal of Agricultural Research*, 2004, 55, 669–704.
- Choi, Y. M., Ryu, Y. C., & Kim, B. C. (2007). Influence of myosin heavy– and light chain isoforms on early postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science*, 76, 281–288.
- Ciobanu D. C., Lonergan S. M., Woollard J. R., Lonergan E. J., Rothschild M. F., New Alleles in the Calpastatin Gene Associated with Improved Tenderness in Pork. Iowa State University Animal Industry Report 2003
- De Varies, A. G., P. G. van der Wal, T. Long, G. Eikelenboom, and J. W.. M. Mer ks. 1994. Genetic parameters ofm pork quality and production traits in Yorkshire population. *Livest. Prod. Sci.* 40:277~289.
- Depreux, F. F. S., Grant, A. L., & Gerrard, D. E. (2002). Influence of halothane genotype and body–weight on myosin heavy chain composition in pig muscle as related to meat quality. *Livestock Production Science*, 73, 265–273.
- Dreiling, C. E., Brown, D. E., Casale, L., & Kelly, L. (1987). Muscle glycogen: Comparison of iodine binding and enzyme digestion assays and application to meat samples. *Meat Science*, 20, 167–177.
- E. P. Berg, K. R. Maddock and M. L. Linville. 2003. Creatine monohydrate supplemented in swine finishing diets and fresh pork quality: III. Evaluating the cumulative effect of creatine monohydrate and alpha–lipoic

- acid. *J. Anim. Sci.* 81:2469–2474.
- Eggert, J. M., Depreux, F. F. S., Schinckel, A. P., Grant, A. L., & Gerrard, D. E. (2002). Myosin heavy chain isoforms account for variation in pork quality. *Meat Science*, 61, 117–126.
- Eggum, B.O. 1970. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. *Br. J. Nutr.* 24:983.
- Essen–Gustavsson, B., Karlsson, A., Lundstrom, K., & Enfalt, A. C. (1994). Intramuscular fat and muscle fibre lipid contents in halothane–gene–free pigs fed high or low protein diets and its relation to meat quality. *Meat Science*, 38, 269–277.
- Fernandez, X., & Tornberg, E. (1991). A review of the causes of variation in muscle glycogen content and ultimate pH in pigs. *Journal of Muscle Foods*, 2, 209–235.
- Fernandez, X., Lefaucheur, L., & Candek, M. (1995). Comparative study of two classifications of muscle fibres: Consequences for the photometric determination of glycogen according to fibre type in red and white muscle of pig. *Meat Science*, 41, 225–235.
- Fortomaris, P., Arsenos, G., Georgiadis, M., Banos, G., Stamataris, C., & Zygoyiannis, D. (2006). Effect of meat appearance on consumer preferences for pork chops in Greece and Cyprus. *Meat Science*, 72, 688–696.
- Friesen, K. G., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, M. D. Tokach, J. A. Unruh, D. H. Kropf and B. J. Kerr. 1994. Influence of dietary lysine on growth and

carcass composition of high-lean-growth..J Anim Sci 72:1761-1770.

Frans Gerbens, Giinther Rettenberger, Lenstar Johannes A., Veerkamp Jacques H., Marinus F.W.te Pas. Characterization, chromosomal localization, and genetic variation of the porcine heart fatty acid-binding protein gene. Mammalian Genome 8,328-332(1997)

Goerl, K. F., S. J. Eilert, R. W. Mandigo, H. Y. Chen and P. S. Miller

Goodband, R. D., J. L. Nelssen, R. H. Hines, D. H. Kropf, R. C. Thaler, B. R. Schrick, G. E. Fitzner and A. J. Lewis. 1990. The effects of porcine somatotropin and dietary lysine on growth performance carcass characteristics of finishing swine. J Anim Sci. 68:3261-3276.

Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. The Journal of Biological Chemistry, 177, 751-766.

Guo, Q., B. T. Richert*, J. R. Burgess, D. M. Webel, D. E. Orr, M. Blair, G. E. Fitzner, D. D. Hall, A. L. Grant and D. E. Gerrard. 2006. Effects of dietary vitamin E and fat supplementation on pork quality. J. Anim Sci. 84:3089-3099.

Hahn, J. D., Biehl and D. H. Baker. 1995. Ideal digestible lysine for early- and late finishing swine. J. Anim. Sci. 73:773

Hambrecht, E., Eissen, J. J., Newman, D. J., Smits, C. H. M., den Hartog, L. A., & Verstegen, M. W. A. (2005a). Negative effects of stress immediately before slaughter on pork quality are aggravated by suboptimal transport and lairage conditions. Journal of Animal Science, 83, 440-448.

- Hambrecht, E., Eissen, J. J., Newman, D. J., Smits, C. H. M., Verstegen, M. W. A., & den Hartog, L. A. (2005b). Preslaughter handling effects on pork quality and glycolytic potential in two muscles differing in fiber type composition. *Journal of Animal Science*, 83, 900–907.
- Hassen, A., D. Wilson, V. Amin, G. Rouse, and C. Hays. 2000. Predicting percentage of intramuscular fat using two of real time ultrasound equipment. A. S. Leaflet R1732. Iowa State University, Ames.
- Henckel, P., Karlsson, A., Oksbjerg, N., & Petersen, J. S. (2000). Control of post mortem pH decrease in pig muscles: experimental design and testing of animal models. *Meat Science*, 55, 131–138.
- Henry, Y., Y. Colleaux and B. Seve. 1992. Effects of dietary level of lysine and of level and source of protein on feed intake, growth performance, and plasma amino acid pattern in the finishing pig. *J Anim Sci*. 70:188–195.
- Hermesch. S and O'Shea J.M, GENETIC PARAMETERS FOR CHARACTERISTICS OF PORK BELLIES. Animal Genetics and Breeding Unit. University of New England(UNE), Armidale, NSW, 2351; QAF Meat Industries, Corowa, NSW,2646.
- Hodgson, R. R., Davis, G. w., Smith, G. C., Savell, J. W. and Cross. H. R.1991. Relationships between pork loin palatability traits and physical characteristics of cooked chops. *J. Anim. Sci*. 69: 4858–4865.
- Honikel, K. O. 1987. How to measure the water–holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs*. Martinus Nijhoff Publishers. p129–142.

- Honikel, K. O., & Fischer, C. (1977). A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscles. *Journal of Food Science*, 42, 1633–1636.
- Hovenier, R., E. Kanis, and J. A. M. Ve hoeven. 1993. Repeatability of taste panel tenderness scores and their relationships to objective pig meat quality traits. *J. Anim. Sci.* 71:2019~2025.
- Hurling, R., & Shepherd, R. (2003). Eating with your eyes: effect of appearance on expectations of liking. *Appetite*, 41, 167–174.
- Jones, S. D. M., A. K. W. Tong, C. Campbell and R. Dyck. 1994. The effects of fat thickness and degree of marbling on pork color and structure. *Can. J. Anim. Sci.* 74(1);155–157.
- Jones, S. D. M., W. M. Robertson and S. Talbot. 1992. Marbling standards for beef and pork. Agriculture and Agri-Food Canada Pub. No. 1879/E, Ottawa, ON.
- Joo, S. T., Kauffman, R. G., Kim, B. C., & Park, G. B. (1999). The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. *Meat Science*, 52, 291–297.
- Ju, W. S., M. S. Yun, Y. D. jang, H. B. Choi, J. S. Chang, H. B. Lee, H. K. Oh, and Y. Y. Kim. 2008. Comparison of synthetic lysine sources on growth performance, nutrient digestibility and nitrogen retention in weaning pigs. *Asian-Aust. J Anim Sci* 2008. Vol.21, No.1:90–96.
- Karlsson, A. H., Klont, R. E., & Fernandez, X., (1999). Skeletal muscle fibres as

factors for pork quality. *Livestock Production Science*, 60, 255–269.

Kauffman, R. G., Eikelenboom, G., van der Wal, P. G., Merkus, G., & Zaar, M. (1986). The use of filter paper to estimate drip loss of porcine musculature. *Meat Science*, 18, 191–200.

Katsumata, M., Kobayashi, S., Matsumoto, M., Tsuneishi, E. and Kaji, Y. 2005. Reduced intake of dietary lysine promotes accumulation of intramuscular fat in the Longissimus dorsi muscles of finishing gilts. *Anim. Sci. J.* 76:237–244.

Kauffman, R. G., G. Eikelenboom, P. G. Van der Wal, B. G. Merkus and M. Zaar. 1986. The use of filter paper to estimate drip loss of porcine musculature. *Meat Sci.* 18:191-200.

Khan, L. AND M. S. BAMJI. 1979. Tissue carnitine deficiency due to dietary lysine deficiency: triglyceride accumulation and concomitant impairment in fatty acid oxidation. *J. Nutr.* 109; 24–31.

Kim, I. S., Min, J. S. and Lee, M. 1998. comparison of TBA, VBN, fatty acid composition and sensory characteristic of the imported and domestic Frozen pork bellies. *Korean J. Anim. Sci.* 40(5)507–516.

Kim Kwan Suk, Larsen Niels, Short Tom, Plastow Graham, Rothschild Max F. A missense variant of the porcine melanocortin-4 receptor(MC4R) gene is associated with fatness, growth, and feed intake traits. *Mammalian Genome* 11, 131–135(2000).

Kim Kwan-suk, Molecular Genetic Studies of Porcine Genes for Obesity. ASL-R 1803 Iowa State University Animal Industry Report 2003.

- Kyla–Puhju, M., Ruusunen, M., Kivikari, R., & Puolanne, E. (2004). The buffering capacity of porcine muscles. *Meat Science*, 67, 587–593.
- Lawrence, T. L. J.(1977) The effect of dietary nutrient density on growth of the pig. *Animal Prod* .25,261–269.
- Loughmiller, J. A., J. L. Nelssen, R. D. Goodband³, M. D. Tokach, E. C. Titgemeyer, and I. H. Kim J. 1998. Influence of dietary lysine on growth performance and carcass characteristics of late–finishing gilts. *Anim. Sci.* 76:1075–1080.
- Maddock, R. J., B. J. Bidner, S. N. Carr, F. K. McKeith, E. P. Berg, J. W. Savell. 2002. Creatine monohydrate supplementation and the quality of fresh pork in normal and halothane carrier pigs. *J. Anim. Sci.* 80:997–1004..
- Mahan, D.C. 1992. Efficacy of dried whey and its lactalbumin and lactose components at two dietary lysine levels on postweaning pig performance and nitrogen balance. *J. Anim. Sci.* 70:2182–2187.
- Martin, A.H.,Jeremian,L.H.,Fredeen,H.T.,and L’Hirondelle, P. J. (1987) The influence of pre–and post rigor muscle changes on intrinsic toughness of beef carcasses .*Can.J.Anim.Sci.*57,705.
- Monin, G., Mejenes–Quijano, A., Talmant, A., & Sellier, P. (1987). Influence of breed and muscle metabolic type on muscle glycolytic potential and meat pH in pigs. *Meat Science*, 20, 149–158.

- Nam, D. S. and F. X. Aherne. 1994. The Effects of Lysine:Energy ratio on the performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 72:1247–1256.
- Neath, K. E., Barrio, A. N., Lapitan, R. M., Herrera, J. R. V., Cruz, L. C., Fujihara, T., et al. (2007). Difference in tenderness and pH decline between water buffalo meat and beef during postmortem aging. *Meat Science*, 75, 499–505.
- Nemeth, P. M., & Lowry, O. H. (1984). Myoglobin levels in individual human skeletal muscle fibers of different types. *The Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 32, 1211–1216.
- Newcom D. W, Schwab C. R, Berry. N. L, Stalder T. J, Dept Baas., Improvement of intramuscular fat percentago in live swine using real–time ultrasound Iowa State University Animal Industry Report 2004
- Newcom D. W., Bass T. J., Swchwab. C. R., Stalder K. J., Relationship Between Backfat Depth and its Individual Layers and Intramuscular Fat Percentage in Swine. Iowa State University Animal Industry Report 2004
- Ngapo, T. M., Dransfield, E., Martin, J. –F., Magnusson, M., Bredahl, L., & Nute, G. R. (2004). Consumer perceptions: pork and pig production. Insights from France, England, Sweden and Denmark. *Meat Science*, 66, 125–134.
- Ngapo, T. M., Martin, J. –F., & Dransfield, E. (2004). Consumer choices of pork chops: results from three panels in France. *Food Quality and Preference*, 15, 349–359.
- Noblet, J., Y. Henry and S. Dubois. 1987. Effect of protein and lysine levels in

- the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. *J Anim Sci* 1987. 65:717–726.
- NPPC. 1995. Genetic Evaluation/Terminal Line Program Results. R. Goowin and S. Burroughs, ed. Natl. Pork Producer's Council, Des Moines, I.A.
- NPPC. 1999. Pork Quality Standards. Natl. Pork Prod. Council, Des Moines, IA.
- NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine (10th Ed.). National Academy Press, Washington, D. C.
- Owen, K. Q., J. L. Nelssen, R. D. Goodband, T. L. Weeden and S. A. Blum. 1996. Effect of L-carnitine and soybean oil on growth performance and body composition of early-weaned pigs. *J Anim Sci*. 74:1612–1619.
- Ozawa, S., Mitsuhashi, T., Mitsumoto, M., Matsumoto, S., Itoh, N., Itagaki, K., et al. (2000). The characteristics of muscle fiber types of longissimus thoracis muscle and their influences on the quantity and quality of meat from Japanese Black steers. *Meat Science*, 54, 65–70.
- Perez, M. P., Palacio, J., Santolaria, M. P., Acena, M. C., Chacon, G., Gascon, M., et al. (2002a). Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs. *Meat Science*, 61, 425–433.
- Perez, M. P., Palacio, J., Santolaria, M. P., Acena, M. C., Chacon, G., Verde, M. T., et al. (2002b). Influence of lairage time on some welfare and meat quality parameters in pigs. *Veterinary Research*, 33, 239–250.
- Peterson, R. G. 1985. Design and Analysis of Experiments. Marcel Dekker, New York.

- Poso, A. R., & Puolanne, E. (2005). Carbohydrate metabolism in meat animals. *Meat Science*, 70, 423–434.
- Ragland, K. D. 1988. Assesment of intramuscular fat, lean growth, and lean composition using real–time ultrasound., p.H.D. Diss. Iowa State University, Ames.
- Ramsay. T. G., Yan. X., Morrison. C., The Obesity Gene in Swine : Sequence and Expression of Porcine Leptin.
Pennington Biomedical Research Cneter and The Department of Anmal Science,
Louisiana State University, Baton Rouge 70808
- Ryu, Y. C., & Kim, B. C. (2005). The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig longissimus dorsi muscle. *Meat Science*. 71, 351–357.
- Ryu, Y. C., & Kim, B. C. (2006). Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality. *Journal of Animal Science*, 84, 894–901.
- Ryu, Y. C., Choi, Y. M., & Kim, B. C. (2005). Variations in metabolite contents and protein denaturation of the longissimus dorsi muscle in various porcine quality classifications and metabolic rates. *Meat Science*, 71, 522–529.
- SAS. 2006. SAS. User's Guide : Statistics, SAS Inst. Inc. Cary. NC.
- Scheffler, T. L., & Gerrard, D. E. (2007). Mechanisms controlling pork quality development: The biochemistry controlling postmortem energy metabolism.

Meat Science, 77, 7–16

Schiaffino, S., & Reggiani, C. (1994). Myosin isoforms in mammalian skeletal muscle. *Journal of Applied physiology*, 77, 493–501.

Schiaffino, S., & Reggiani, C. (1996). Molecular diversity of myofibrillar proteins: Gene regulation and functional significance. *Physiological Reviews*, 76, 371–423.

Scopes, R. K. (1970) Characterization and studies of sarcoplasmic proteins, In: physiology and biochemistry of muscle as a food, Briskey, E. J., Cassens, R. G., and Trautman, J. C. (eds), Univ. Wisconsin Press Madison, Vol. 2 p471.

Sellier, P. 1998. Genetics of meat and carcass traits. page in 463–510 in *The genetics of pigs*. M. F., Rothschild and A. Rubinsky, ed CAB Int., New York, NY.

Sinnhuber, R. O. and Yu, T. C. 1958. Thiobarbituric acid method for the measurement of rancidity in fishery products. 2. the quantitative determination of malonaldehyde. *Food Technol.* 12:9.

Smith, J. W., M. D. Tokach, P. R. O'Quinn, J. L. Nelssen, and R. D. Goodband. 1999. Effects of dietary energy density and lysine:calorie ratio on growth performance and carcass characteristics of growing–finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 77:3007–3015.

Stalder K. J., Moeller S. J., Rothschild M. F., Associations between two gene markers and traits affecting Fresh and Dry–Cured Ham Processing Quality. Iowa State University Animal Industry Report 2004.

- Suzuki, K., M. Irie, H. Kadowaki., T. Shibata., M. Kumakai, and Nishida. 2005. Genetic parameter estimates of meat quality traits in Duroc pigs selected for average daily gain, longissimus muscle area, backfat thickness, and intermuscular fat content. *J. Anim. Sci.* 83:2058~2065.
- Suzuki, K. M. Ishida, H. Kadowki, T. Shibata, H. Uchida, and A. Nishida. 2006. Genetic correlations among fatty acid compositions in different sites of fat tissues, meat production, and meat quality in Duroc pigs. 2006. *J. Anim. Sci.* 84:2026~2034.
- Swatland, H. J. 1975. Relationships between mitochondrial content and glycogen distribution in porcine muscle fibres. *Histochemical Journal*, 7, 459–469.
- Swatland, H. J. 1994. *Structure and development of meat animals and poultry.* Technomic Publishing, Lancaster, PA.
- Swigert, K. S., F. K. McKeith, T. C. Carr, M. S. Brewer and M. Culbertson. 2004. Effects of dietary vitamin D₃, vitamin E, and magnesium supplementation on pork quality. *Meat Science*. Volume 67, Issue 1.
- Szabo, C., A. J. M. Jansman, L. Babinszky, E. Kanis, and M. W. A. Verstegen. 2001. Effect of dietary protein source and lysine:DE ratio on growth performance, meat quality, and body composition of growing–finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 79:2857–2865.
- Talmant, A., Monin, G., Briand, M., Dadet, M., & Briand, Y. (1986). Activities of metabolic and contractile enzymes in 18 bovine muscles. *Meat Science*, 18, 23–40.

- Taylor, J. A., D. N. Salter, W. H. Close, and G. H. Laswai. 1992. Serum concentrations of insulin-like growth factor 1 and cholesterol in relation to protein and fat deposition in growing pigs. *Anim. Prod.* 55:257–264.
- Tholen E, Baulain. U, Henning M. D, Schellander K., Comparison of different methods to assess the composition of pig bellies in progeny testing. *Anim. Sci.* 2003. 81:1177–1184
- Turner ,E.W., painter, W. D., Montie, E. J., Basserk, M. w., struck, G.M. and Olson,F,C.1954.Use of 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity of frozen pork. *Food Technol.* 8:326.
- van der Steen H. A. M., Prall G. F. W., Plastow. G. S., Application of genomics to the pork industry. *J. Anim. Sci.* 2005. 83(E. Suppl.):E1–E8
- van Lack, R. L. J. M., & Kauffman, R. G. (1999). Glycolytic potential of red, soft, exudative pork longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, 77, 2971–2973.
- van Wijk, H, J, D. Arts, J. O. Mattherws., M. Webster., B. J. Ducro, and E. F. Knolts. 2005. Genetic parameters for carcass composition and pork quality estimated in a commercial production chain. *J. Anim. Sci.* 83:324~333.
- Vonada, M. L., B. S. Bidner, K. E. Belk, F. K. McKeith, W. R. Lloyd, M. E. O'Connor, and G. C. Smith. 2000. Quantification of pork belly and Boston butt quality attribute preferences of South Korean customers. *J. Anim. Sci.* 78:2608-2614.
- Vonada M. L, B. S. Bidner, K. E. Belk, F. K. McKeith, W. R. Lloyd, M. E. O'Connor, G. C. Smith. Factors influencing consumer demand for U.S.

pork exported to the Republic of Korea(South Korea) J. Anim. Sci. 2001
79:907–911

Warner, R. D., Kauffman, R. G., & Greaser, M. L. (1997). Muscle protein changes postmortem in relation to pork quality traits. *Meat Science*, 45, 339–352.

Warriss, P. D. and Brown, S. N. (1987) The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. *Meat Sci.*20, 235–252.

Whang, K. Y and R. A. Easter. 2000. Blood urea nitrogen as an index of feed efficiency and lean growth potential in growing–finishing swine. *Asian–Aus. J. Anim. Sci.* 13(6):811.

Wilson, D. E., G. H. Rouse, and A. Hassen. 2001. Ultrasound prediction model for % intramuscular fat in beef cattle. A. S. Leaflet R1756. Iowa State University. Ames.

Witte, D. P., M. Ellis, F. K. McKeith and E. R. Wilson. 2000. Effect of dietary lysine level and environmental temperature during the finishing phase on the intramuscular fat content of pork J Anim Sci. 78:1272–1276.

Yamamoto, A., Satoh, Y., Nakamura, K., Itoh, M. And Furuya, S. 2003. Effects of feeding a lower protein diet supplemented with the apple pomace on growth performance, nitrogen excretion and backfat thickness in finishing pigs. *Japanese J. Swi. Sci.* 40:129–134

Yla-Ajos, M. S. K., Lindahl, G., Young, J. F., Theil, P. K., Puolanne, E., Enfalt, A., et al. (2007). Post–mortem activity of the glycogen debranching enzyme and change in the glycogen pools in porcine *M. longissimus dorsi*

from carriers and non-carriers of the RN- gene. Meat Science, 75, 112-119.

Zhang, Jinxia ,Jingding Yin, Xuan Zhou, Fengna Li, Jianjun Ni and Bing Dong. 2008. Effect of lower dietary lysine and energy content on carcass characteristics and meat quality in growing finishing pigs. Asian-Aust. J Anim Sci 2008. Vol.21, No.12:1785-1793.

김광현 , 전우복. 1995. 사료내 Lysine 과 에너지수준이 비육돈의 성장과 육질에 미치는 영향. 한국영양사료학회. 19권 2호 p104-109.

김명직, 조규호, 전기준, 김영화, 박준철, 정현정, 김인철, 권오섭, 진현주, 김진형, 이 학교. 2007. 한국 재래 돼지 근교 계통 돈의 산육 형질에 대한 유전모수 및 표준 성장 곡선 추정에 관한 연구. 한국수정란이식학회지. 22권 3호 p143-147.

김병기, 우선창, 김영직. 2004. 쉼 펠릿사료 급여가 돈육의 저장성에 미치는 영향. 한국축산식품학회. 25권 2호 p121-127.

김성각. 2003. 가고시마흑돈의 브랜드 확립과 마케팅. 농촌경제. 26권 3호 p129-144.

김영환, 김일석, 신대근. 1999. 수출용 돼지고기의 유통기한 설정에 관한 연구. 한국 식품저장유통학회지. 6권 2호 p188-193.

김진형, 박범영, 유영모, 조수현, 김용곤, 이종문, 윤희진. 2002. 비육돈 생산단계에 따른 도체 및 부분육 생산 특성. 한국동물자원과학회지. 44권 6호 p793-800.

김진형, 박범영, 유영모, 조수현, 김용곤, 이종문, 윤희진. 2002. 비육돈 생산단계에 따른 도체 및 부분육 생산 특성. 한국동물자원과학회지. 44권 6호 p793-800.

박기수, 권기문, 최양일. 2007. 사료급여방법과 성별이 비육돈의 도체특성에 미치는 영향. 농업과학연구. 23권 2호. p101-105.

박병성. 1997. 새로운 축산식품 생산을 위한 지질 신소재. 한국축산식품학회지. 17:118-130.

최봉암, 이학교, 전광주, 오재돈, 최일신, 박미현, 공홍식, 정일정, 김태현, 윤두학, 조병욱. 2004. 한국 재래돼지 브랜드 돈육 원산지 검증을 위한 유전자 감식 기법 활용 연구. 한국유기농업학회지. 12권 2호 p197-207.

한상현, 조인철, 이종언, 고문석, 성필남, 박범영. 2007. 비육돈의 도체형질과 A-FABP Promoter 유전자형의 연관 분석. 한국축산식품학회지. 27권 3호 p382-386.

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.