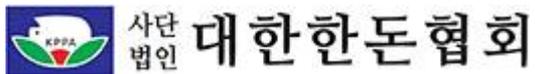

『한돈 고급화 전략 수립을 위한 유통 및 소비 친화적
품질 등 개선방안 연구』

결과보고서

2023. 03.



목 차

1. 연구배경 및 목표	03
2. 연구개발의 목표 및 내용	11
3. 연구개발 방법 및 추진체계	12
4. 기대효과	18
5. 활용방안	19
6. 연구결과 및 결론	20
7. 연구원 편성표	94
8. 전문가 활용	95
9. 주요 연구 기자재 및 시설	96
10. 적 요	97
10. 참고 자료 및 문헌	98

1. 연구배경 및 목표

가. 연구개발의 필요성

- 우리나라 돼지고기 소비시장은 양적 증가뿐만(돼지고기의 1인당 소비량 ‘10년 19kg에서 ’ 19년 26.9kg으로 41.2%가 증가) 아니라 다변화 및 고급화(맛)를 추구함에 따라 돼지고기의 소비 형태가 변화되고 있음
- 소비자의 건강과 맛에 대한 관심이 높아지면서 돼지고기의 육질에 민감한 소비자가 증가하고 있으며 이로 인해 소비자의 입맛에 맞는 경쟁력 있는 고품질의 돈육 생산 필요성이 높아지고 있음
- 특히, ‘브랜드 돼지고기’가 일반 고기에 비해 맛있다는 응답이 과반(51%)을 넘는 등 소비자의 돼지고기에 대한 생각이 변화하고 있는 바, 소비자의 소비패턴을 분석하여 한돈 생산체계를 재구축하여 품질 경쟁력을 강화할 필요가 있음

‘브랜드 돼지고기가 일반 돼지고기보다 맛있다’에 대한 응답 비율(농식품소비자패널 신문조사(‘20 농진청)) : 그렇다 51%, 보통이다 37%, 그렇지 않다 11%, 전혀 그렇지 않다 1%

- 소비자들은 돼지고기 구입 시에 중요 결정요인으로 신선도(4.60) 및 맛/육질(4.56)을 선호하였으며 이는 육질에 대한 소비자 관심도가 높다는 것을 알 수 있었으며 소비자의 요구에 적합한 ‘육질’ 개량을 통한 품질 고급화로 한돈 경쟁력을 강화, 수입육 등에 대한 대응 필요

돼지고기 구입 요인별 중요도 (소비자들의 소비 취향 조사, 농진청 ‘17.12월) : (5점 만점) 신선도 4.6, 맛/육질 4.56, 잡냄새 4.53, 가격 4.29, 원산지 4.24, 마블링 4.16, 지방두께 4.12

- 최근 우수한 육질을 가진 스페인산 이베리코에 대한 소비자의 관심은 기존 삼겹살 및 목살 위주의 국내 돼지고기 시장에 큰 충격을 주었으며, 이는 보다 우수한 육질과 다양하고 고급화된 돼지고기 소비 방향으로 소비자의 관심이 변화하였음을 보여주고 있음
- 일반적으로 육질에 관련된 형질 개량은 돼지의 도축을 필요로 하며 이를 위한 후대검정을 실시하는데 있어서도 많은 비용 및 시간이 수반되기 때문에 실질적인 육질 형질에 대한 개량은 실행하기 어려움
 - 현재 돼지 개량은 ‘육질’ 중심보다는 다산성 위주의 ‘생산성’ 개선에 편중되어있음
 - 돼지 개량 네트워크 사업 10년간 듀록종에 대한 분석 결과 해가 갈수록 근내지방 함량이 감소하는 경향을 나타냄
- 돈육 품질에 있어 주로 평가되는 육질 평가항목으로 육색, 근내지방량, 전단력, 지방산 분석 등이 여러 항목이 있으나 해당 항목을 통해 얻고자 하는 목표가 명확하지 않음
 - 일부 양돈 선진국에서는 해당 분석을 간소화시키기 위하여 DNA 정보를 활용하여 육질 관련 연구를 수행, 개량을 진행하고 있으며, 초음파 기기를 활용한 근내지방도 추정

이용하고 있음

- 고품질 한돈의 기준을 마련하기 위해 돈육의 품질을 평가할 수 있고 측정가능한 현실적인 지표를 발굴하고 이를 적용함으로써 돈육 품질 향상의 기초를 다지고자 함
- 돈육의 품질을 구성하는 항목은 무수히 많아 모든 지표를 고려하는 것은 현실적으로 매우 어려우므로 고품질의 돈육에 대해 명확하고 새로운 기준이 있어야 함
- 따라서, 소비자의 요구를 반영하고 한돈을 세계 일류의 명품으로 도약하기 위해서는 ‘한돈 육질 고급화에 대한 지표 설정 및 이를 활용한 경쟁력 강화 방안’ 과 ‘한돈 고급화를 위한 생산·도축·가공 유통 행태 조사·분석 및 고급화 매뉴얼 작성 및 제도 개선방안 등의 연구’ 이 요구됨

나. 국내·외 관련 기술의 현황

1) 국내 연구 동향

- 제주 개량 흑돼지는 재래 흑돼지가 교잡을 통해 개량된 것으로 현재 육질특성에서는 국내에 보급된 다른 품종과 비교하여 크게 나쁘지는 않으나 도체중 및 근내지방 함량 등 도체특성에 대한 개선이 필요할 것으로 나타남(고경보 등, 2013)
- 돈육 품질 그룹에 따라 성장형질과 도체형질의 특성을 분석한 결과 성장률에 있어 품종의 효과보다는 성별에 의한 효과가 더 크게 작용한 것으로 나타났으며 도체특성의 경우 품종 및 성별 모두 영향을 받는 것으로 나타남(남기욱, 2004)
- 박 등(2001)은 “돈육 종합 품질 인증 체계 확립 연구”에 의하면 각 품종별 육질 특성을 제시하였으나 육질 개량을 위한 지표 제시 등은 언급되지 못하였음
- 도 등(2007)의 “돼지 생체에서 부분육 형질의 추정” 논문에서 의하면 체고와 체폭을 포함시켜 회귀분석 방법을 적용하여 삼겹살과 목심 등 국내 소비자들이 선호하는 부위의 생산량을 예측한 결과 80% 수준의 정확성을 가진 결과를 산출해내었음
- 정 등(2007)의 “고수율, 고급 돈육 생산 돼지 개발 연구”에 의하면, 체장 길이의 주요 요인이 되는 척추수에 따라 삼겹살 부위 생산량에 대한 연구를 진행하고 있음
- Genomic Selection, 후성유전체 발굴, 유전질환 진단 chip의 개발 등 분자유종법 접근 방법의 연구는 선발육종을 위한 통계 육종 시스템을 확립을 통해 선발의 정확도를 향상시켜 산자수뿐만 아니라 모든 경제형질에 대한 개량을 가속화시킬 수 있음
- 국내산 돼지고기의 육질 수준을 높여 수입육과의 경쟁력의 차별성을 주기 위해 근내지방도가 포함된 육질등급을 적용한 바 있으나, 국내 종돈개량 및 돈육의 생산에 있어 근내지방 중심의 육질보다 가격이 중시되는 형태가 지속되고 있음(피그엔포크, 2022)

2) 국외 연구 동향

- 미국의 경우 한국 돈육 수출을 위해 “한국 소비자의 돈육 삼겹살과 목살의 선호도에 미치는 품질”에 대한 연구(M. L. Vonada et al., 2000)와 “미국 돈육의 한국 수출을 위한 국가별 소비자의 선호도에 대한 연구”(M. L. Vonada et al., 2001)가 보고되었으며 한국을 통한 수출 시 선호도가 가장 높은 돼지고기는 적당량의 지방이 포함되어 있고, 육색의 경우 2-4점, 등근 형태를 지닌 것이 선호도가 높게 나타남
- 주요 육질 관련 특성으로 유전력 등은 등심을 중심으로 널리 보고되어 있음(M. F. Rothschild et al., 1997)
- 미경산돈 320두를 사료섭취량, 성장률 및 도체 조성에 따라 7개의 유전자형과 환경 그룹으로 구분하여, 단백질 침착도를 통한 정육 성장률 예측 방법을 개발하기 위해 비선형 성장 모형의 적용 가능성을 제시하였으며 일반화된 방정식이 평균 정육 데이터가 일일 단백질 침착도의 증가율을 예측할 수 있음을 나타낼 수 있음을 나타냄(Schinckel 등, 1996)
- 돼지고기 섭취 품질은 대부분 식감, 육즙, 맛, 부드러움 등의 감각적 맛 측정과 관련이 있으며, 패널이 돼지고기 품질을 평가할 때 전체적인 수용성과 시각적 외관 또한 중요하며, 이러한 속성이 소비자의 수용성과 육류 선호, 결과적으로 구매 의도와 지불의사에 영향을 미친다는 것으로 돼지고기의 전반적인 관능 품질을 향상시키는 것은 돼지고기 시장의 경쟁력을 높이기 위해 돼지고기 산업에 매우 중요(DAVID J 등, 1997)
- 아일랜드 소비자 조사(1995)에서는 등심(pork chops)의 살코기 함량이 가장 중요한 품질 요소이며, 마블링은 보이지 않아야 하고 연도와 풍미를 가장 중요한 관능요인으로 다즙성은 세 번째로 중요하다고 보고되었음(DAVID J 등, 1997)
- 미국 소비자 평가(2010)에서도 돼지 등심(679개)의 근내지방과 pH가 증가하고 전단력이 감소함에 따라 개선되었으며, 근내지방은 가장 작은(1%) 수준과 가장 큰(6%) 수준을 비교할 때만 유의적인 차이가 있었고 0.2 단위 pH 증가 및 4.9 N의 전단력 감소로 8점 척도에서 6 이상으로 평가한 소비자의 비율이 4~5% 감소하였음(David J 등, 1997)
- Sensory wheel 개념은 돈육과 같이 음식의 다양한 관능적 품질 특성을 나타내는 원형의 바퀴 형태로 표현하는 것으로 돈육에서 가장 중요한 품질 특성으로는 육색, 관능특성, 지방함량이 확인이 되며 가격, 품종, 동물복지 등은 돈육 소비자들을 위한 가장 중요한 특성으로 육질지수라는 단일 점수 도구를 개발하는 것을 목표로 함
- Q-Pork Chains의 경우 돼지고기 제품 품질을 고려하여 돼지고기 공급망을 위한 물류체계를 설계하는 것을 목표로 하는 프로젝트로 농장 단계 및 가공 단계 내에서 효율적인 검증 방법으로 분야에 따라 등급판정표를 통해 하나의 지수로서 활용함

3) 해외 육질 평가 사례

< 미국 >

- pH, 마블링, 육색을 유전 개량을 위한 적정 품질 지표로 주장하고 있으며, 이들 지표는 다른 능력을 감소시키지 않으면서 부가가치를 높일 수 있는 품질 지표로 판단됨
- 1995년 National Genetic Evaluation Program에 의한 육질평가 항목에는 등심의 가열감량, 수분함량, 연도, 마블링, 견고도, 육색, pH, 보수력(drip loss), 근내지방을 품질 평가항목으로 사용하였음
- 미국의 경우를 보면, 돈육 생산량 1위를 차지하는 아이오와주에 위치한 Iowa State University, Extension PORKLine에서는 돈육의 품질을 측정하는 4가지 특성요인으로 육색, 근내지방, 보수력, 최종 pH를 제시하고 있음
 - Color : 밝은 선홍빛 핑크색을 가장 이상적인 색깔로 규명하고 있으며 6점 척도법에 따라 측정을 실시
 - 근내지방 : 근속(muscle bundles) 둘레의 지방층을 말하여, 영양, 건강, 풍미를 위해 2~4%를 이상적인 함량으로 봄
 - 보수력 : 절단된 등심 표면 위에 용출된 수분량을 측정하며 수치가 낮을수록 수분 손실이 적고 조직이 굳은 것을 측정
 - 최종 pH : 도축 24시간 후에 측정하는 것으로 보수력과 관련된다. pH가 높으면 보수력이 양호하고 바람직한 품질을 지닌 것으로 판단되며, Iowa State University's Center for Designing Foods to Improve Nutrition에 의하면 최종 pH의 목표는 적어도 5.85 이상

< 덴마크 >

- 덴마크 내 중돈의 육질관련 형질에 있어서 주요 품질 요인으로 살코기 함량(lean meat %), 근내지방, 육색, 육즙감량, 연도 등을 설명하고 있으나, 실질적으로 살코기 함량 이외에 특별한 품질 요인을 육종단계에서 사용하고 있지 않음
- 근내지방 함량은 중요하게 생각되지 않는 품질 요인이나 약 2%를 유지하도록 생산되고 있으며, 일부 소비자의 경우 2% 미만일 경우 풍미와 조직감이 떨어지는 것으로 평가
- 일부 소비자 층에서는 높은 근내지방 함량의 돈육을 꺼리는 경향이 있으며 일부 육가공 업계에서 가공성이 높은 저지방의 돈육을 선호하는 경향도 있음

< 캐나다 >

- 캐나다 농무부 내 고기 pH와 육질에 관련한 보고서에 따르면 통한 pH는 보수력(water holding capacity)에 큰 영향을 미쳐 제품 수율 및 돼지고기 품질과 밀접한 관련이 있음
- 보수력은 고기의 가공, 저장, 조리하는 동안 수분을 유지하는 능력으로 낮은 보수력은 종종 높은 드립 손실과 낮은 관능 특성(조리된 상태에서는 건조하고 단단함)을 초래함
- pH는 돼지고기의 육색에 영향을 미치며, 낮은 고기 pH는 종종 낮은 보수력과 창백한 육색과 관련이 있고, 반대로 고기의 pH가 높으면 종종 어두운 육색을 유발함
- 옅은 색과 어두운색 모두 소비자들에게는 매력적이지 않은 돼지고기 육색이며 비선호

경향을 보임

- 낮은 pH와 관련하여 발생하는 유전적 결함은 Halothane과 Rendement Napole (RN) 두 가지 유전자에 의한 것
 - Halothane 유전자를 가진 돼지가 더 많은 PSE(pale, soft, exdautive)를 생산하는 경향을 나타냄
 - RN 유전자를 가진 돼지의 경우 산성의 고기를 일으킬 수 있는데 이는 근육의 pH가 더 광범위하게 감소하고 근육의 최종 pH가 비정상적으로 낮은 결과를 보이며 외관상 창백하고 WHC가 낮은 PSE 고기와 매우 유사함
- 돼지 출하 후 도살 전 스트레스에 대하여 중요한 역할이 있으며, 이는 돈육 품질에 막대한 영향을 끼치는 사항으로 여기고 있음
 - 돈육 품질은 기절 전 5분 이내 관리에 따라 심각한 손상을 초래할 수 있으며 거칠게 다룰수록 PSE 발생이 증가하는 것으로 나타냄
 - 돈육 품질 개선을 위하여 다음과 같은 조치를 함으로 인해 개선을 하고 있음
 - 출하돈 하역 시 소음이 발생하지 않도록 수행
 - 110kg 돼지당 약 0.55m²의 공간을 확보하여 누워서 충분한 휴식을 취할 수 있게 함
 - 고온의 환경 내에서 스프링클러를 활용하여 동물을 체온을 저하시키며 항상 음수를 할 수 있는 환경 제공
 - 도축 전 2~4시간 동안 휴식 시간을 제공

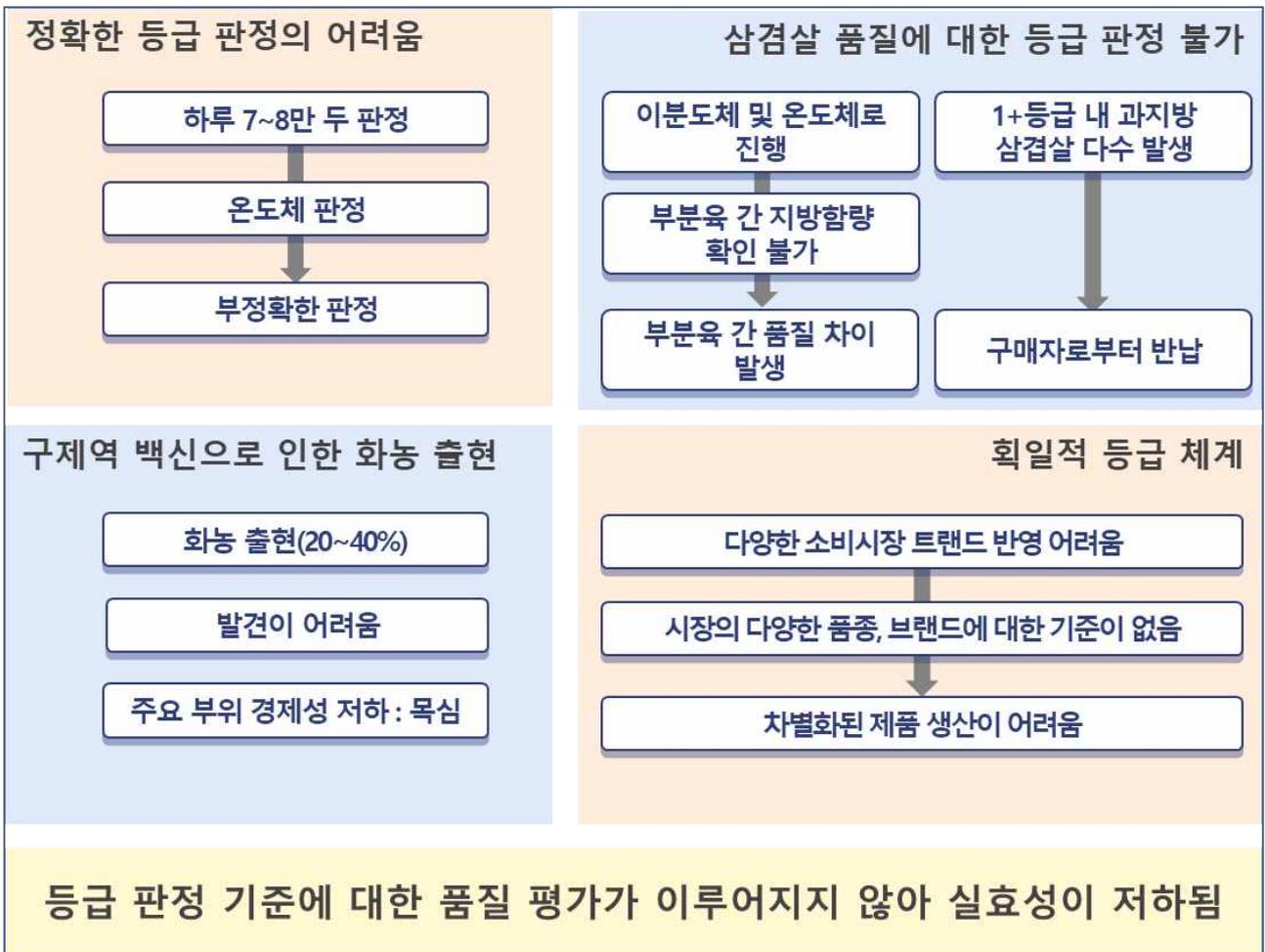
< 독일 >

- 유럽의 양돈산업 보고서(홍살림 정보 98호, 신현식)에 따르면 독일 농산물 전체의 품질보증 제도로는 정부의 보조를 받는 민간 마케팅회사의 CMA 검인프로그램이 있으며 농산물의 품질을 보증함으로써 건강과 위생조건에 치중하고 있음
- 주 단위 제도의 일레로 바이에른(Bayern)주에서 실시하고 있는 QHB 품질보증제도를 구축하고 있으며 다음과 같은 준수사항을 충족해야 함
 - 생산된 돈육에 대한 유래가 확실해야 함
 - 유통, 판매 및 식당 등의 소비 부문까지 식육 검사 조합과 계약이 진행되어야 함
 - 품질 요구사항을 만족시켜야 하며 다음과 같음
 - 지육중량 75% 이상, 도체의 정육율이 53% 이상
 - 도축 45분 후 pH 5.8 이상
 - 정육량을 기준으로 지육의 등급을 정하고, 도축 후 급격한 pH 저하를 나타내는 PES육에 대하여 객관적인 평가 진행

다. 양돈산업 현황 및 문제점

- 최근 이베리코 돼지고기의 국내 시장에서의 선풍적 인기로 인하여 수입 돈육에 대한 대처 변화와 한돈에 대한 전략적 변화 필요성 증가
 - 과거 수입 돈육에 대한 소비자의 인식은 싸고 저품질이라는 것이었으나 이베리코로 인해 인식 전환
 - 수입 돈육에 대응하는 한돈의 전략은 우리 돼지라는 것 이외의 특이한 것이 없음
- 한돈 고급화에 대한 논의 및 연구가 오랜 기간 진행되었으나 실제 고급돈육에 대한 정의를 하고 있지 못함
 - 한우의 경우 근내지방도가 높은 것을 고급육으로 정의하고 이에 대한 가격 차별화가 이루어짐
 - 한돈의 경우 브랜드화 및 고급화가 시도되었으나 가격차별에 있어 미진하며 등급판정 결과가 경매가격에 큰 영향을 미치지 못함
- 지역별에 따라 한돈과 관련하여 무분별한 브랜드의 설립 및 폐업이 반복됨에 따라 제품에 대한 차별화가 이루어지지 않음
 - 브랜드 내 돼지고기의 품질관리가 균일하지 못하며 지속적인 공급 또한 어려워 경제적 효과를 나타내지 못함
 - 축산물 브랜드화의 효과를 확대하기 위하여 지방자치단체, 생산자단체, 생산자조직의 연합 형태 등이 주체가 되어 대상 지역과 대상 품목을 확대하는 공동 브랜드화를 통해 차별화 및 안정적인 판로 확보 필요
 - 공동 브랜드화의 경우 지역적으로 비슷한 유형으로 추진되는 경우가 많아 차별화가 되지 않아 소비자 및 유통자의 인지도가 떨어지는 경우가 다수 있음
- 종돈 개량목표는 더 많은 산자수, 더 빠른 성장률을 중심으로 이루어져 왔으며 ‘육질’ 개량 목표가 미흡했으며, ‘기호성’ 이 많은 돼지고기는 무엇인지 등의 품질 고급화의 목표가 없으므로 관련 지수를 제시하는 것이 필요
 - 현재 사용되는 다산종돈의 경우 유럽산으로 유럽의 경우 신선육보다는 가공육을 선호하며 여러 가지 향미나 기타 성분을 첨가하여 기호도를 높이는 형태를 보임
 - 신선육의 소비가 발달된 우리나라의 경우 돼지고기의 품질과 맛을 매우 중요하게 여기며, 별도의 첨가물이나 가공과정이 없이 소비되므로 보다 중요한 요인으로 작용함
 - 돈육의 성분에 따라 맛이 결정되는 것에 관한 연구와 고기의 일반 성분 및 육질 특성에 대한 상관관계에 관한 연구를 통해 소비자의 기호에 맞는 새로운 지표가 필요함
- 도축 과정에 대한 명확한 기준이 별도로 존재하지 않아 도축장별 기준이 일관성이 떨어져 이에 대한 매뉴얼이 필요
 - 도축 과정에서의 방혈, 털 제거, 세척 과정 등에서의 육질 특성에 미치는 조건들에 대한 문제점 파악 필요

- 현행 등급제는 생산 농가와 구매자인 육가공업체 간의 원료돈 구매기준에 머무르고 있어 등급판정 결과가 소비자와 연계가 되고 있지 못함
 - 1, 1+ 등급의 판정을 받은 돈육의 경우 가공단계에서 유통 판매업체가 원하는 방향에 따라 재가공되어 재판매가 이루어지므로 소비단계에서는 등급판정 결과가 영향을 미치지 못함
 - 도축 가공단계에서 다량의 돼지를 등급별로 구분하여 가공하는 것은 여건상 불가능하며 이에 대해 사유로 인해 소비자가 알 수 없는 제도라는 불만이 발생
- 기존 등급 체계가 가지는 문제점은 유통관계자가 보다 더 인식을 하고 있는 부분이었으며 이에 대한 유통관계자의 의견들은 아래와 같이 정리되었음



[그림] 기존 현행 등급제 관련 유통관계자 의견

- 유통관계자의 의견은 등급 판정의 어려움, 주요 부위인 삼겹살 품질에 대한 미반영, 구제역 백신으로 인해 생기는 화농으로 인한 목심의 경제성 저하, 또한 한우와 달리 다양한 브랜드와 품종이 있음에도 불구하고 획일화된 등급제로 인해 이러한 특성을 잘 나타내지 못한다는 점 등을 등급 체계의 문제점으로 지적하였음
- 지금까지 언급된 사항들을 정리하자면 기존 규격 등급(등지방두께, 도체중)으로 판정되는 등급 체계는 한계점이 온 상태이며 경제적인 요인인 경락가격과 같은 부분 역시 등급만으로는 잘 설명이 되지 못하고 있음이 나타나고 있음

라. 앞으로의 전망

- 수입 돈육의 물량이 증가하고 있어 이를 대비할 수 있도록 새로운 차별화 요소 발굴을 통해 경쟁력을 증대시키는 것이 필요
- 돼지는 단기 사육으로 진행되어 등급을 통해 품질의 차별성을 나타내기가 어렵고 등급 판정 결과가 소비시장 간의 연계가 되지 않아 소비자에게 접근성을 높일 수 있도록 개선이 필요
- 돈육의 어떤 성분이 맛을 결정하는지에 관한 연구를 통해 소비자의 기호에 맞춘 새로운 지표에 대한 연구가 필요

2. 연구개발의 목표 및 내용

가. 한돈 육질 고급화에 대한 지표 설정 및 이의 활용을 통한 한돈 경쟁력 강화

- 한돈 고급화 지표 설정을 통한 개량, 생산, 도축, 가공, 유통 및 소비 과정에서의 각종 체계 및 제도 개선 유도
- 지난 10년간 수행된 돼지고기에 대한 소비자 기호도 문헌 조사 결과 및 유통관계자 한돈 선호도 조사 결과를 통한 돈육 소비 트렌드 분석
- 품질 고급화 지표 선정 및 제시
- 제시된 지표의 측정, 활용 및 종돈 개량에 대한 활용 방안 제시
- 돈육 품질 측정을 위한 새로운 방법 등의 제시 및 도입 타당성 분석
- 기타 이외의 해당 연구용역에 필요한 조사·분석 및 개선안 제시 등

나. 한돈 소비시장에 변화에 대응하기 위해 한돈 시장의 생산·유통 기본경로의 소비 형태에 대한 현황·실태 등을 파악·분석하여 소비자 및 유통관계자가 찾는 차별화된 한돈 고급화 추진

- 생산, 운송, 도축, 가공 및 유통 과제에서의 품질 고급화 방안 발굴 및 매뉴얼 제시
- 한돈 고급화를 위한 현행 제도 분석 및 개선 방안 제시
- 프리미엄 한돈 기준 설정 및 제도화 방안 제시
- 품질에 따른 가격차별화를 위한 제도 도출 및 도입방안 제시 등
- 기타 이외의 해당 연구용역에 필요한 조사·분석 및 개선안 제시 등

3. 연구개발 방법 및 추진체계

가. 연구개발방법

1) 과제 1. 소비자 관점의 한돈 선택 현황·파악 및 한돈 고급화 지표 개발과 종돈 개량을 위한 활용 방안 제시

- 지난 10년간 수행된 돼지고기에 대한 소비자 기호도 문헌 조사 결과 및 유통관계자, 정형업자의 한돈 선호도 조사 결과를 통한 돈육 소비 트렌드 분석
 - 돈육 소비경향을 파악하기 위하여 지난 10년간의 돈육 소비패턴에 대한 문헌 조사 실시
 - 유통관계자에 대한 한돈 선호도 경향을 파악하기 위한 대면 조사 5회 이상 실시
 - 유통업자 대면조사 결과를 바탕으로 하여 관계자들이 추구하는 품질 지표에 대해 검토
 - 1차 육가공장의 도축가공 관계자를 대상으로 대면조사를 5회 이상 실시하여 상등품의 도체를 파악 및 선정 기준에 대해 파악
 - 소비자를 대상의 설문조사의 경우 한돈협회의 협조를 통해 별도로 진행되며 해당 조사 결과를 본 연구에 반영하여 분석 수행 예정
 - 소비자 선택 시 수입육과 국내산, 브랜드 인지도, 가격별 선택 요인 등에 대해 다각적인 관점에서 접근하여 비교 분석
 - 소비자 선호도 조사 결과를 바탕으로 하여 추후 미래의 소비자에 대한 요인에 대한 고급육 분석과 관련하여 연구 과제 도출 검토
 - 조사된 내용을 바탕으로 다각적으로 분석하여 소비자 및 유통업자, 도축가공 관계자의 돈육 품질에 대한 기호도를 파악
 - 고급화 전략 수립 실익 위해 고급화 지표개발과 분야별 설문조사를 통한 평가를 활용하여 육질 평가 내 반영할 수 있는 점수화 방안 검토
- 품질 고급화 지표 선정 및 제시
 - 문헌 및 인터넷 검색을 통한 돈육의 품질요소 조사(10건 내외) 및 종합화
 - 육질관련 형질 발굴 및 측정방안에 대한 용이성 및 현실성 등 종합적인 고려
 - 일반적으로 알려진 품질특성 요소인 육색, 마블링, 조직감(Firmness), 보수력, pH, 연도, 맛 등에 대한 종합 검토
 - 고급육의 개념에 해당하는 지표 검토 - 어떤 브랜드는 돈육의 다즙성을, 어떤 브랜드는 근내지방도를 목표로 삼을 수 있으며, 품종별로 다른 육질 특성을 나타냄
 - 돼지고기 육질 특화 형질 발굴 및 측정 방법 등에 대한 고찰
- 제시된 지표의 측정, 활용 및 종돈 개량에 대한 활용방안 제시
 - 고품질 돼지고기를 위한 선발방법, 개량목표 설정 및 산업적용 방법 등 검토

- 현재 지표로 활용 가능성이 검토되고 있는 Autoform, NIR System, CT 측정과 같은 신기술 등에 대해 예시를 검토
- 기술별에 따른 장단점을 파악하여 지표로서 활용 가능성 고찰

- **Autofom(자동도체분석시스템) :**
 당박, 탈모 공정을 거친 돼지를 도체 분석라인에서 16개의 초음파 센서로 도체표면에 발사하여 지방조직과 고기조직의 경계면에 부딪쳐서 돌아오는 반사파를 측정하여 돼지의 지방량, 고기량 등을 초음파 이미지로 분석하는 첨단 시스템
- **NIR System :**
 NIR 분광법은 전자기 스펙트럼의 근적외선 영역(약 700~2,500nm)을 사용하는 방법으로 시료를 통해 산란된 빛을 측정하는 NIR 반사율 스펙트럼을 사용하여 시료를 변경하지 않고도 물질의 특성을 빠르게 판단할 수 있음
- **CT 측정(Computer tomography, 컴퓨터단층촬영) :**
 물체를 일정한 크기를 갖는 복셀로 나눈 후 X선을 회전하며 조사한 뒤 이 정보를 가지고 연산하여 해당 복셀의 투과도를 나타내는 Hounsfield Unit(HU)를 찾아 시각화하여 판별하는 기술

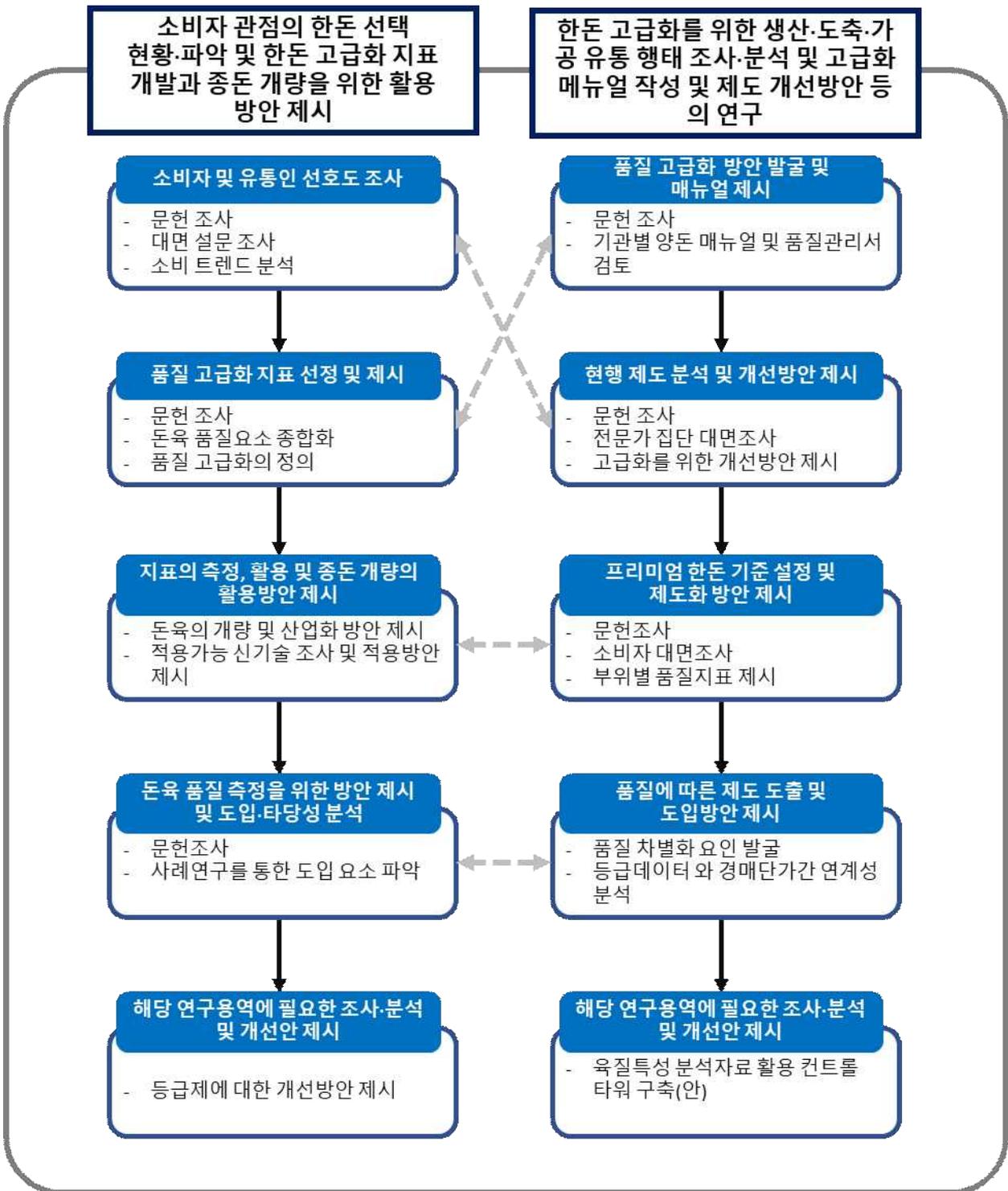
- 돈육 품질 측정을 위한 새로운 방법 등의 제시 및 도입 타당성 분석
 - 타 국가의 돈육품질 측정방안에 대한 장단점 파악 및 사례연구를 통한 도입 요소 파악
 - 돈육에 대한 소비자의 품질적 선호도는 나라마다 다르므로 우리나라 소비자의 선호도를 반영할 수 있는 육질검정 프로그램 적용성 검토

2) 과제 2. 한돈 고급화를 위한 생산·도축·가공 유통 행태 조사·분석 및 고급화 매뉴얼 작성 및 제도 개선방안 등의 연구

- 생산, 운송, 도축, 가공 및 유통 과제에서의 품질 고급화 방안 발굴 및 매뉴얼 3건 내외 제시
 - 한돈 품질 저하 방지를 위한 도축·가공 등의 운영·관리 개선
 - 운송단계의 스트레스 방지방안, 방혈, 전기충격기 등의 운영개선 제도개선
 - 돈육 육질 특성 관련 논문 구조화 및 결론 도출 : 품종, 사료, 사양, 가공
 - 육질 특성 관련 기관, 업체의 양돈 매뉴얼 및 품질관리서 검토 및 결론 도출
 - 양돈 선진국(덴마크) 해외자료 검토 반영
- 한돈 고급화를 위한 현행제도 분석 및 개선방안 3건 내외 제시
 - 한돈 고급화를 위한 논문, 기관자료, 해외자료 검색 및 분석
 - 업체별 품질특성 관련 분석자료 구축
 - 한돈 고급화를 위한 전문가 집단 대면 조사 및 개선방안 제시

- 전문가 집단 대면 조사의 경우 5회 이상 실시 예정
- 프리미엄 한돈 기준 설정 및 제도화 방안 제시
 - 기존 자료 분석을 통한 한돈 기준 검토
 - 소비자 대면 조사 결과를 반영하여 프리미엄 한돈의 정의 도출
 - 영양사협회의 협조를 통하여 소비자 조사 수행 요청
 - 가능성 있는 부위별 내적 품질지표 제시
- 품질에 따른 가격차별화를 위한 제도 도출 및 도입방안 제시 등
 - 소비자, 유통관계자, 도축가공 관계업자 품질 차별화 요인 발굴
 - 등급제, 오토폼 데이터와 경매 단가와와의 연계성 분석
 - 도축공정 내 자동화시스템을 통한 각 공정별 데이터 수집 및 분석
 - 프리미엄 한돈 차별화 방안 : 육질등급 개편, 품질 고급화 지원제, 품질보증/인증제 도입 방안 검토
- 프리미엄 한돈 인증제의 경우 정책제안을 통해 해당 사항에 대한 검토 예정

나. 연구 추진 체계



- 과제1과 과제2는 한돈 고급화를 위한 중돈 육질 개량과 전주기 고급화 방안이라는 개별적인 목표를 지향하면서도, 고급화 지표 선정, 품질 측정방안 및 도입 등 기본 분야에 대해서 공동으로 사업 진행
- 기존 비대면 설문조사의 진부하고 공통적인 설문 내용을 극복하기 위해, 소비자 및 유통 관련 전문가 집단을 대상으로 대면 설문조사에 치중함

- 돈육의 직접적인 가공과 관련된 분야인 1차 가공업의 정도축가공 관계자를 통한 돈육의 품질과 관련하여 5회 이상의 대면조사를 수행
- 소비자 행태등의 설문조사와 관련은 같이 추진하고 있는 “소비자 성향 조사 등”의 연구 용역과 같이 내용을 공유하여 반영
- 현행 시장에서 가격과 연동된 품질 요인들을 탐구하기 위해 돈육의 가치를 객관적으로 대변할 수 있는 경매가격 데이터와 연동되는 품질요인(예. 오토폼 등급판정 데이터 등) 과의 통계적 상관을 분석함
- 도축공정 시 전과정 자동화 시스템을 활용 및 축산물처리협회의 협조 요청을 통해 각 공정별에 따른 요인과 돈육품질 간의 통계적 상관을 분석하여 도축장 내 문제점 및 개선 사항 검토
- 고급육 생산을 위한 도축장 기준 제시 등은 도축장내 과정에 대한 현황 조사 및 문제점 검토 후 정책 제안 예정
- 참여연구원 이외의 양돈, 식육생산, 소비자 전문가를 중심으로 주기적 전문가 회의를 통해 통합된 검토와 의견을 도출함
- 기존의 관능평가 결과를 바탕으로 육질특성 방향을 고려한 결과를 종합하고 국내에 활용방안을 검토함
- 개량 및 품질보증 등에 활용할 수 있는 실용 가능한 비파괴 품질 지표 및 측정방법에 대해 검토하고 적용 가능성 도출
- 외국의 주 소비 부위인 등심 위주의 품질 지표 관리와 별도로 국내의 선 호부위가 다른 점을 고려하여 삼겹살 품질 개선과 같은 부위별 적용 가능한 품질 요소를 별도로 탐색
- 저장기간에 따라 품질이 저하하거나 적절한 숙성기간을 통해 품질을 향상하는 현실을 고려하여 일정 시점의 품질요인을 객관적으로 파악할 수 있는 요건을 분석함
- 주요 양돈 선진국에서 시행 중인 돈육 품질에 대한 평가제도 및 보증제도를 검토하여 국내 프리미엄 한돈 품질보증/인증 적용 여부를 검토함
- 진행과정에 대한 점검 및 보완사항에 대하여 확인하기 위한 중간 보고회 및 최종 연구 결과를 바탕으로 최종보고회 진행

다. 연구 추진 계획

연구내용	세부내용	추진 일정							연구개발비 (천원)	가중치
		9	10	11	12	1	2	3		
소비자 관점의 한돈 선택 현황·파악 및 한돈 고급화 지표 개발과 중돈 개량을 위한 활용 방안 제시	- 소비자 및 유통관계자 소비 트렌드 조사								50,000	50
	- 품질 고급화 지표 선정 및 제시									
	- 제시된 지표의 측정, 활용 및 중돈 개량에 대한 활용 방안 제시									
	- 돈육 품질 측정을 위한 새로운 방법 등의 제시 및 도입 타당성 분석									
	- 기타 이외의 해당 연구용역에 필요한 조사·분석 및 개선안 제시									
한돈 고급화를 위한 생산·도축·가공 유통 행태 조사·분석 및 고급화 매뉴얼 작성 및 제도 개선방안 등의 연구	- 생산, 운송, 도축, 가공 및 유통 과제에서의 품질 고급화 방안 발굴 및 매뉴얼 제시								50,000	50
	- 한돈 고급화를 위한 현행 제도 분석 및 개선 방안 제시									
	- 프리미엄 한돈 기준 설정 및 제도화 방안 제시									
	- 품질에 따른 가격 차별화를 위한 제도 도출 및 도입방안 제시 등									
	- 기타 이외의 해당 연구용역에 필요한 조사·분석 및 개선안 제시									
사업진도(%)		25	25	25	25				100	
연구개발비(천원)		25,000	25,000	25,000	25,000			100,000		

4. 기대효과

가. 기술적 측면

- 한돈에 대한 고급화 정의 수립을 통해 고급육에 대한 기준점 제시 가능
- 양돈 주요국의 선진화된 육질 검정 시스템을 벤치마킹하고 분석하여 우리나라 소비자 취향 및 우리나라 검정시스템 현실에 맞는 육질 검정 시스템 구축
- 소비자의 돈육 품질에 대한 기호도를 조사하여 우리 입맛에 맞는 차별화된 육질 개량 방향을 선정하고 이를 육질 검정 프로그램 구축에 활용
- 육질 개선 연구 결과를 바탕으로 수입육과 차별화된 한돈 고급화와 소비자 만족도 제고
- 소비자 기호 분석을 통한 신규 한돈 상품화 및 메뉴얼 개발 방향성 제고

나. 경제·산업적 측면

- 소비자 입맛을 사로잡는 한돈 고급화 생산체계 마련으로 한돈의 대중화를 통한 한돈 농가 소득 창출에 기여
- 한돈의 품질 고급화를 위한 제도적 기반 마련을 통해 프리미엄 한돈의 안정적 생산체계 구축으로 지속적 농가 소득 창출 가능
 - 한우 품질 고급화로 인한 농가 소득 향상·분석 결과 ('19.8월)
 - 거세우 한 마리당 조수입 : '98년 2,490천원 → '18년 8,230천원 (231%↑)
 - 경영비제외 소득(두 당) : '98년 321천원 → '18년 1,222천원 (281%↑)
- 품질 고급화 정책도입 등으로 한돈 품질고급화를 유도, 고품질 한돈 생산체계구축으로 한돈산업 발전 유도
 - 지원사례 : (주)선진, 팜스코의 계열 농가에 대한 고급육 생산 인센티브(두당 약 3~5천원), 도드람·부경 양동조합 등의 브랜드 장려금 지원(두당 약 2~7천원) 등
- 브랜드 고기 육성 등을 통한 한돈의 차별화된 이미지 부각으로 구매욕을 촉진, 한돈 소비효과 고양 및 이미지 개선 효과 제고
- 'K-Samgyeopsal' 등 한돈만의 독특한 문화홍보를 통해 해외 수출에 대한 긍정적 역할로 작용, 한돈의 세계화에도 기여
- 생산 농가의 차별화된 고품질 돈육 생산을 유도하여 부가가치 확대 및 국내 양돈 산업의 경쟁력 증진

5. 활용방안

- ◎ 돼지고기 육질 관련 개량 형질 발굴 및 선발지수식 활용
- ◎ 우리나라 소비자 취향 및 검정시스템 현실에 맞는 육질 검정 시스템 구축에 활용
- ◎ 소비자의 품질 선호도 조사내용 및 외국 육질 검정 시스템의 평가항목을 고품질 돈육 생산을 위한 정부 주도 및 기업형 양돈회사에서 개량목표로 활용 가능
- ◎ 프리미엄 한돈에 대한 관리 매뉴얼을 활용하여 고품질 돈육의 지속적인 생산 가능
- ◎ 1차 육가공장의 도축가공 관계자를 대상으로 대면조사를 실시하여 상등품의 도체를 파악, 역추적하여 농가의 사양관리 검토를 통해 고품질의 돈육 생산을 위한 사양관리 검토
- ◎ 도축장 내 공정의 문제점에 따른 개선사항을 바탕으로 HACCP과 같은 정책의 건의를 활용하여 적용할 수 있는 기준안을 제시
- ◎ 실제 적용 전략 마련과 관련 본 연구과제의 결과를 바탕으로 하여 실질적으로 적용 가능한 사항들에 대해서 도출

증제도를 받은 돈육을 표시하도록 의무화하는 과정이 최종적으로 필요할 것이므로 사실상 같은 맥락에서 얻어진 키워드들로 해석되었음

2) 유통 전문가 대면조사 결과

- 규격화로 진행된 기존 등급제를 완화시킬 수 있는 방안이 필요
 - 돼지의 품종에 따라 판정 기준이 달라져야 하나 일괄적인 기준을 적용하여 진행되고 있음 : 규격돈 생산에 초점이 맞추어져 구간별 사양관리가 아닌 빠른 증체만을 목적으로 하는 것으로 인해 딱지방, 물떼지 등이 발생하는 것으로 사료됨
 - 30% 정도 발생하는 2등급 돈육일 경우, 품질 자체는 나쁜 것이 아니나 구매처에서 비 선호하는 경향을 보임
 - 이상 품질을 배제할 수 있는 등급제가 필요함
 - 등급 간의 차별로 인한 오해가 나타나지 않을 만한 표기가 필요함 (대, 중, 소 등)
- 돈육 내 이취 발생의 경우, 유통 및 도축 과정에 의한 것으로 사료됨
 - 소비자의 경우, 냄새가 없고 연한 품질을 선호하는 경향이 있음
 - 유통 시 신선도를 유지할 수 있는 시스템 및 설비가 갖추어진 상태로 진행되어야 함
 - 도축 과정 내 기준안에 맞는 설비 및 과정을 진행하는 것에 대한 점검이 필요함

3) 소비자 설문조사 결과

- 소비자 설문조사는 대한영양사협회에서 실시한 “한돈 고급화 관련 소비자의 소비 성향 조사분석 및 구매 요구 선택 기준 등의 제도 개선 방안 연구”의 내용을 바탕으로 돼지고기 구입 시 선택 기준에 대한 정보를 확보하였음
- 소비자 설문조사는 총 705명의 19세부터 64세까지 돼지고기를 직접 구매하고 요리하는 남녀 성인을 대상으로 실시되었음

표. 소비자의 돼지고기 구입시 선택기준

선택기준		중요도	국내산 돼지고기 구입시 만족도
생산	첨가물 무첨가/무보존료	4.01±0.95	3.94±0.80
	무항생제	4.03±0.94	3.95±0.83
	동물복지인증	3.60±1.02	3.59±0.95
	국내산 돼지고기	4.24±0.87	-
	품종(백돼지, 흑돼지 등)	3.42±0.97	3.65±0.87
품질	위생상태	4.57±0.66	4.22±0.76
	연도(부드러운 정도)	4.15±0.81	4.05±0.75
	돼지고기 부위	4.18±0.74	4.14±0.73
	식감	4.09±0.82	4.06±0.74
	육색	4.23±0.76	4.07±0.75
	육즙	4.21±0.78	4.07±0.75
	잡냄새	4.67±0.64	4.20±0.80
	지방의 두께(양)	4.23±0.81	3.93±0.85
	마블링	3.97±0.90	3.85±0.81
유통 및 표시 관련	등급제(1+등급, 1등급, 2등급, 등의 등급)	4.06±0.86	4.01±0.81
	보관상태(냉장/냉동)	4.40±0.75	4.27±0.81
	유통기한	4.57±0.66	4.31±0.71
	상품포장	4.21±0.88	4.06±0.80
	포장단위	4.04±0.92	3.93±0.81
	품질인증마크(HACCP, 무항생제, 유기축산물, 동물복지, 한돈 등) 브랜드	4.28±0.85	4.11±0.81
구매 및 조리 관련	등급제(1+등급, 1등급, 2등급, 등의 등급) 표시	3.68±1.00	3.78±0.87
	구매의 편리성	4.03±0.90	3.98±0.82
	조리의 편리성	4.18±0.76	4.10±0.77
	조리의 편리성	4.05±0.83	4.00±0.78
	조리의 다양성	3.86±0.89	3.91±0.82

- 소비자가 중요하게 보는 돼지고기 선택의 기준은 국내산인지, 위생, 유통기한, 보관상태, 품질마크 등을 손꼽았으며 품질과 관련해서는 육색, 잡냄새, 지방의 두께(양)을 선택하였음

4) 영양사 설문조사 결과

- 영양사 설문조사는 소비자 설문조사와 마찬가지로 “한돈 고급화 관련 소비자의 소비 성향 조사분석 및 구매 요구 선택 기준 등의 제도 개선 방안 연구”의 내용을 바탕으로 돼지고기 구입 시 선택 기준에 대한 정보를 확보하였음
- 개인 구매 의사를 물었던 소비자 설문조사와 달리 영양사는 단체 급식을 위해 대량 구매 시의 기준이 되는 지표를 물어보는 것으로 전국의 영양사 100명을 대상으로 실시하였음

표. 단체급식을 위한 돼지고기 구입시 선택기준

선택기준		중요도	국내산 돼지고기 구입시 만족도
생산	첨가물 무첨가/무보존료	4.19±1.08	4.20±0.96
	무항생제	3.96±1.08	4.07±0.93
	동물복지인증	3.14±1.10	3.47±0.87
	국내산 돼지고기	4.87±0.42	-
	품종(백돼지, 흑돼지 등)	2.92±1.05	3.41±0.64
품질	위생상태	4.90±0.33	4.51±0.64
	연도(부드러운 정도)	4.56±0.64	4.19±0.81
	돼지고기 부위	4.59±0.67	4.39±0.72
	식감	4.53±0.63	4.31±0.77
	육색	4.62±0.56	4.28±0.73
	육즙	4.44±0.73	4.15±0.80
	잡냄새	4.91±0.32	4.13±0.92
	지방의 두께(양)	4.44±0.66	4.07±0.89
	마블링	4.03±0.87	3.87±0.90
유통 및 표시 관련	등급제(1+등급, 1등급, 2등급, 등외 등급)	4.44±0.70	4.30±0.80
	보관상태(냉장/냉동)	4.80±0.53	4.53±0.67
	유통기한	4.95±0.22	4.72±0.53
	상품포장	4.79±0.48	4.50±0.64
	포장단위	4.44±0.77	4.39±0.79
	품질인증마크(HACCP, 무항생제, 유기축산물, 동물복지, 한돈 등)	4.56±0.74	4.36±0.81
	브랜드	3.69±0.90	3.80±0.78
구매 및 조리관련	등급제(1+등급, 1등급, 2등급, 등외 등급) 표시	4.47±0.72	4.26±0.81
	구매의 편리성	3.62±0.55	4.42±0.68
	조리의 편리성	4.63±0.58	4.45±0.69
	조리의 다양성	4.61±0.58	4.34±0.74

- 단체 구매를 하는 영양사의 의견도 소비자와 유사한 경향을 나타냈으나 마지막 구매 및 조리 부분에서는 조리의 편리성을 구매의 편리성보다 더 중요시 여기는 차이만이 나타났음

○ 아래 표는 4가지 유형의 설문조사 결과를 키워드별로 정리하고 동일 키워드에 대해 중요하다고 생각했다면 동그라미를 표시하여 4가지 유형의 설문조사 결과를 비교하여 나타낸 표임

항 목	유통 관계자	유통 전문가	소비자	영양사
마블링	○	○		
육색	○		○	○
육질특성 (보수력, 풍미)	○	○		
지방함량 (떡지방, 물돼지)	○	○		
잡냄새 (이취)		○	○	○
보관상태 및 신선도 (냉장/냉동)	○		○	○
위생관리	○		○	○
원산지			○	○
유통기한			○	○
기타		- 회능 - 등급제 완화 - 농가소득	- 품질인증마크 - 구매의 편리성	- 포장단위 - 조리의 편리성

- 위 표에서 보여주듯이 동일 키워드에 대해서 비슷한 의견을 가지는 경우도 있었으나 유통 관계자나 전문가 간의 유사성이 그리고 소비자와 영양사 사이에서 유사한 키워드로 묶이는 것으로 확인할 수 있었음
- 또한 설문조사 과정에서 도출된 주요 키워드 중 품질과 관련된 근내지방(함량) 또는 마블링, 보수력, 풍미(맛과 향)에 대한 내용을 확인할 수 있었으며 각 키워드별 의견을 문장으로 정리하여 아래에 나타내었음

근내지방(함량) = 마블링(근내지방도)

- 근육과 등지방이 분리되고 늘어지는 경우가 다수 발생
- 삼겹살의 수율과 지방 비율 예측은 어느 정도 가능함
- 농장별로 등지방두께와 삼겹살 수율 차이가 크게 나타남
- 지방을 잘 갖춘 돈육을 선택하는 것은 변함이 없음 (건강과 맛은 별개)
- 생산성이 높아지면서 육질이 나빠짐
- 근내지방이 높은 경우 삼겹살의 과지방으로 인한 문제 발생
- 등지방두께는 얇으면서 근내지방이 높은 고기가 필요
- 일본 등심 수출 중단 이후 출하월령 증가로 떡지방이 증가
- 등지방두께(육량)보다는 근내지방(육질)이 중요함
- 품종이 다양하므로 같은 기준의 등급판정은 불가하며 차별화 필요
- 외식용은 지방이 많은 것을 공급하고 있음
- 살코기와 지방의 적절한 조화가 필요
- 지방함량은 품종, 브랜드 고유의 품질 특성으로 등급 자율화를 통해 활용하기 좋음

보수력

- 물태지가 발생되고 있음
- 일정 기간 후 육즙이 발생하고 냄새 나는 경우가 발생
- 도체중과 등지방두께만으로 결정되므로 품질 등급이라 할 수 없음
- 현장에서는 품질에 대한 관심이 없음-최하위 품질을 배제할 수 있는 등급제라도 필요
- 등급의 일관성이 없음
- 등급제 이외에 업체별 품질을 구분하고 있음
- 유통 과정에서 육즙 발생과 이취 문제가 발생
- 소비자의 경우 냄새 없고 연한 것을 원하는 경향이 있음
- 돈육의 pH가 매우 낮은 경우만 배제할 수 있는 등급제의 변화도 가능

풍미(맛과 향)

- 등급판정 시점에 따라 품질이 다를 수 있음
- 냄새 문제의 경우 농가 영향보다 도축과정에서 발생될 확률이 높음
- 화농 출현이 많지만 등급 판정 요인 내 점검할 수 있는 것이 없음
- 획일적 품질 등급제가 소비 다양화의 규제로 작용
- 등급제 자율화로 프리미엄 한돈 공급을 촉진해야 할 필요성이 있음
- ‘잡내(이취)’와 같은 나쁜 풍미 물질이 돈육의 고유 풍미보다 더 문제시됨

○ 설문조사 결론 : 유통관계자(전문가)

- 소비자와 달리 품질 특성, 마블링, 지방 함량 등에 주요 관점을 가지고 있음
- 맛을 추구하는 소비자와 달리 품질과 함께 경락단가와 같은 거래 가격에 미치는 요인들에 대해 관심이 많은 것으로 볼 수 있음
- 대표적으로 위에서 언급한 품질 관련 요인, 이취와 같은 악영향을 주는 요인, 가격에 직간접적으로 영향을 주는 등급제관련 요인과 그 외에 기타 사항(화농, 농가 소득, 품종, 이상육발생) 등이 있음
- 본 연구의 주요 목적은 한돈 고급화 지표 탐색으로 위와 같은 품질 관련 요인 중 유통관계자를 만족시키면서 동시에 소비자 기호를 만족시킬 수 있는 현실적 지표가 필요함
- 여기서 현실적 지표란 충분한 연구 사례가 있어 전문성과 신뢰도가 있으면서 현장에서 측정 가능하고 측정 방법을 제시할 수 있는 지표를 의미함

○ 설문조사 결론 : 소비자(영양사)

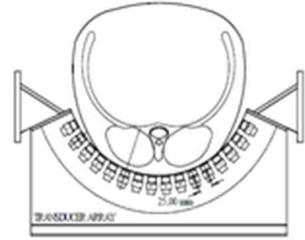
- 국내 영양사협회 조사 결과에서는 소비자와 단체 구매하는 영양사는 그보다는 육색, 위생상태, 잡냄새에 더 점수를 높게 줌
- 대형마트나 정육점에서 구매할 때 당시에는 소비자가 (시식을 해보지 않는 한) 포장된 고기에 직접 손을 댈 수도, 직접 씹어볼 수도 없고, 육안으로 마블링에 대한 객관적인 판단이 어려우므로 당연히 직관적으로 확인 가능한 육색, 위생상태, 잡냄새를 더 많이 보게 되는 것이라 생각됨
- 마찬가지로 단체 구입하는 영양사도 비슷한 입장
- 따라서 소비자 기호와 고급화에 대한 연결점을 찾는다면 보다 소비자 설문조사에서도 언급되었고 소비자 입장에서 직관적으로 접근(확인)이 가능한 육색이 주요 품질 지표가 될 것
- 그 외 보관 및 위생 상태는 HACCP과 같은 제도를 통한 개선, 이취(잡냄새)는 본 고급화 지표와는 주제의 방향성이 다르고 별도의 연구가 필요하므로 후속 연구에서 연구해볼 필요가 있음

나. 품질 고급화 지표 선정 및 제시

- 품질 고급화 지표 선정을 위해 현재 국내에서 사용 중인 자동 도체 판정 기기 2종으로부터 얻어진 데이터 일부를 제공받아 분석을 실시하였음 ; 이 때 사용된 2종의 기기는 아래와 같음

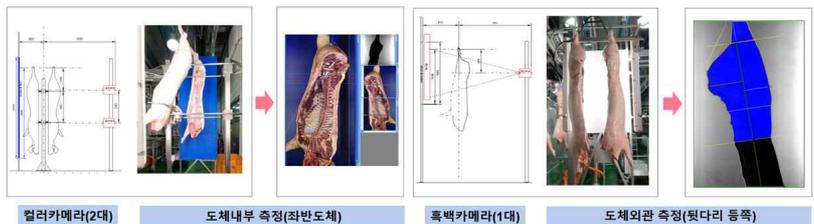
[오토폼(Autofom)]

- 돼지가 방혈 및 탕박 이후 갬블링되어 이동하는 중간 경로에 슈트 설치
- 6개 초음파 센서를 통해 돼지 원형의 상태에서 도체를 5mm 간격으로 스캔
- 센서당 약 200개의 데이터를 측정하므로 도체 하나당 약 3,200개의 데이터를 측정



[VCS2000]

- 카메라 3대로 돼지도체를 측정할 이미지를 측정
- 분석 프로그램에 따라 대분할부위, 전체 정육량과 정육율, 지방비율 등을 추정하여 자동으로 분석하는 장비 및 시스템



1) VCS2000 분석 결과

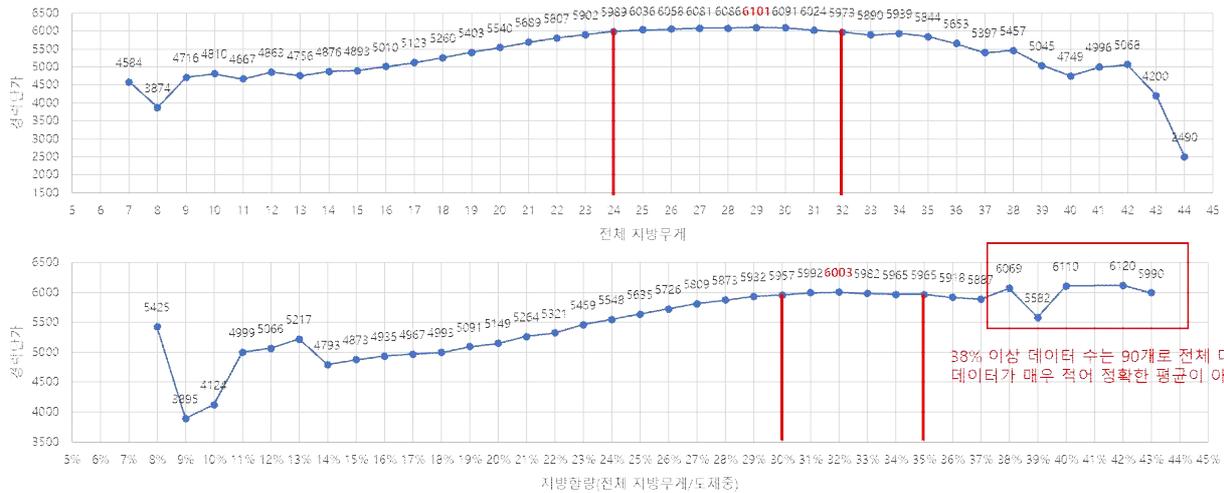
- 22년도 6월부터 10월 사이 한정된 자료 중 109,031개의 도체 등급 판정 자료를 사용하여 분석이 진행되었음
- 이 중 등급 판정 결과가 E등급으로 판정되는 경우 등의 판정으로 보기 때문에 이를 자료에서 제외하였으며 그 외에 도체중 70kg 이하 개체의 정확도 문제, 경락단가 표시가 없는 도체 자료 등은 제외하였으며 그 결과 총 83,185개의 도체 자료만이 분석에 사용되었음



[그림] 도체중과 등지방두께에 따른 경락단가 변화 그래프

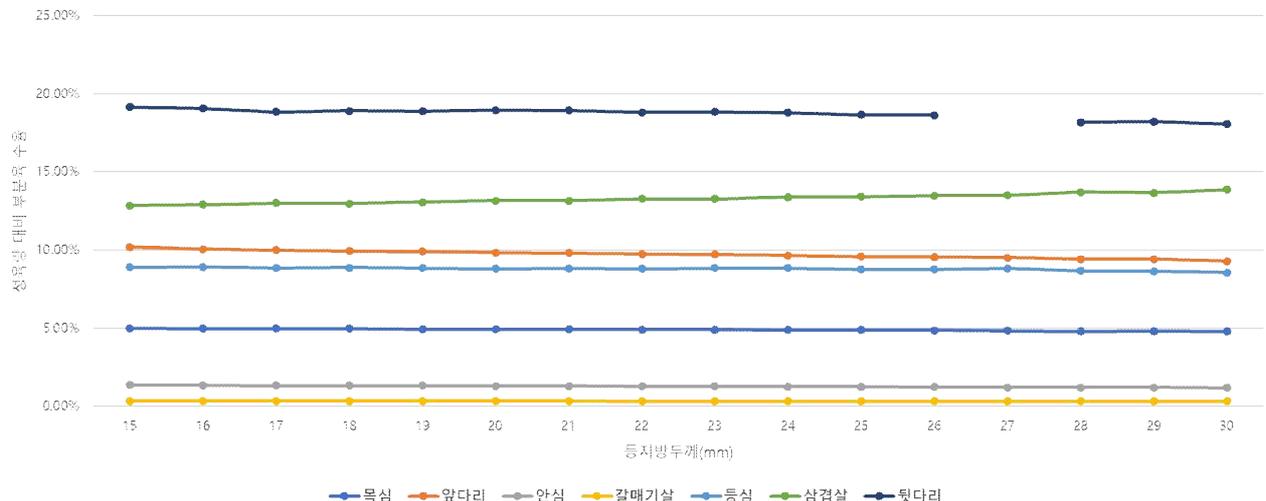
- 위 그림은 도체중과 등지방두께를 x축으로 두고 y축에는 경락단가를 넣어 만든 그래프로 가장 높은 경락단가를 나타내는 도체중과 등지방두께의 구간을 확인 가능하였음

- 도체중의 경우 90~93kg 구간, 등지방두께는 24~27mm에서 높은 경락단가를 보였으며 그 외 구간에서는 경락단가가 낮아지고 있었음
- 단순히 도체중이 높거나 등지방두께가 얇을수록 좋은 것이 아닌 최적의 도체중과 최적의 등지방두께 시점이 존재한다는 것으로 사료



[그림] 지방 수준(무게, 함량)에 따른 경락단가 변화 그래프

- 위 그림은 지방 수준에 따른 경락단가 변화를 표시한 그래프로 VCS2000의 측정 항목 중 하나인 전체 지방 무게와 그 지방 무게를 도체중 대비로 환산하여 제시한 2가지 지표를 토대로 표시하였음
- 전체 지방 무게 기준으로는 24~32kg 구간을 보였으며, 지방함량으로 환산한 경우 30~35% 구간에서 높은 경락가격 수준을 보였음(약 5,950원 이상)
- 아래 그래프는 부분육에 영향하는 기존 도체 특성을 파악하기 위한 일환으로 실시한 분석 그래프로 도체중은 85kg으로 일정한 그룹에서 등지방두께별로 주요 부위별 수율을 체크한 그래프임

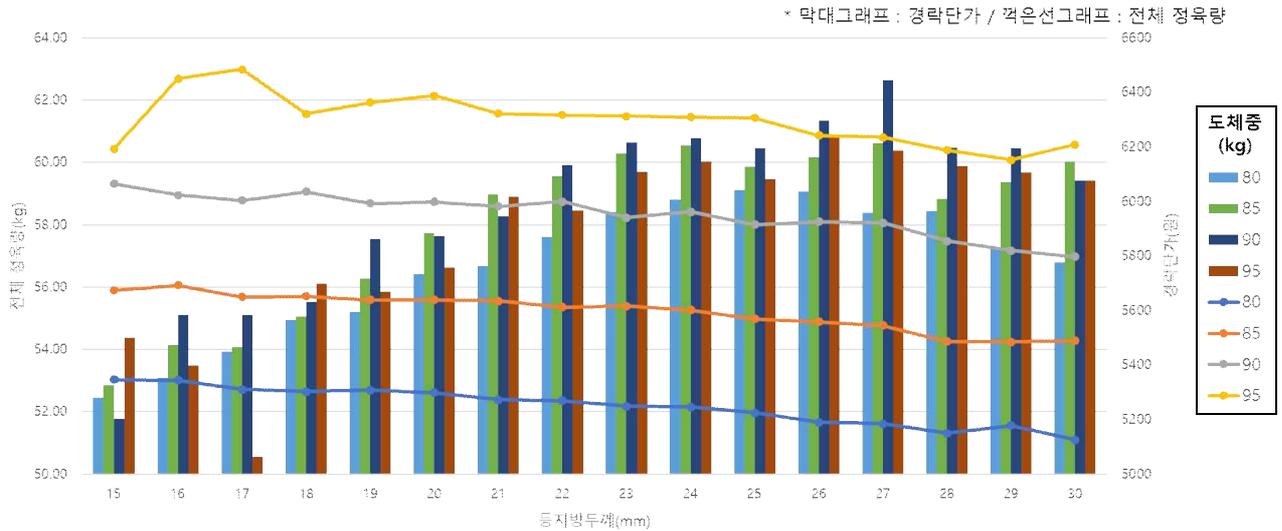


[그림] 등지방두께 변화에 따른 부분육별 수율

- 위 그래프에서 보여주듯이 등지방두께에 따른 약간의 변화는 삼겹살과 같은 특정 부위

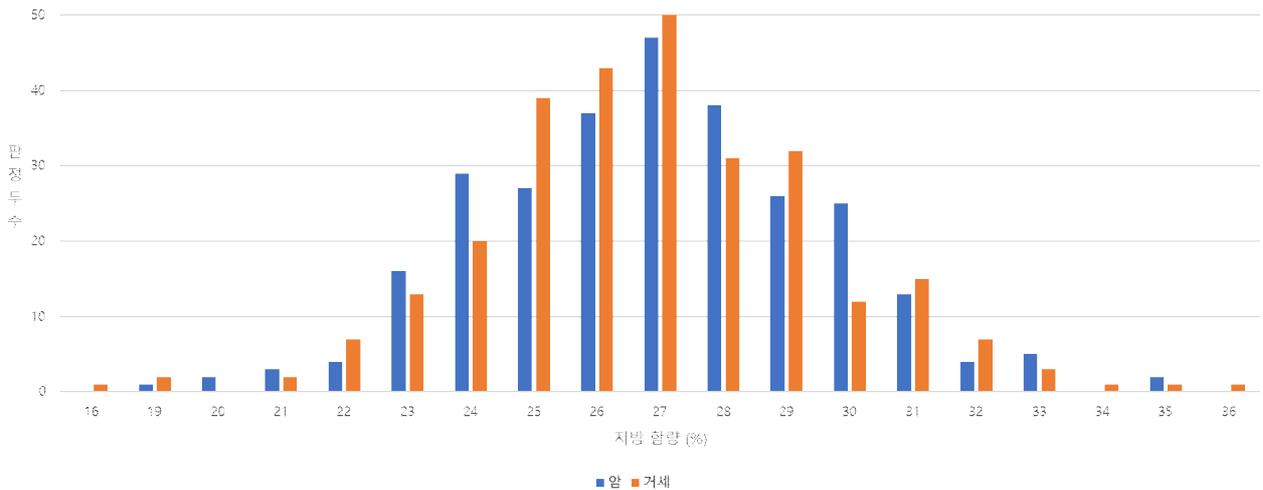
에서 조금 변화를 보였으나 유의미한 수준의 부분육 차이는 확인이 되지 않았음

- 여기서 얻어지는 결론은 등지방두께가 영향하는 부분육이 제한적이거나 전체에 비해 일부만 영향을 주어 다른 요인을 동시에 고려해야 한다는 것



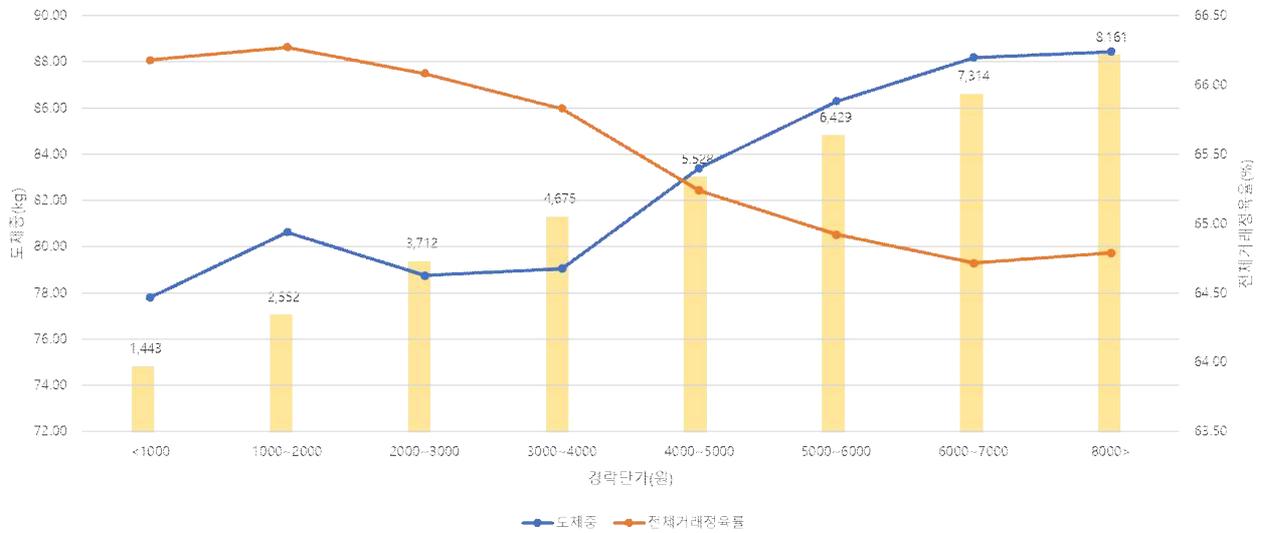
[그림] 도체중 구간별 등지방두께에 따른 정육량 및 경락단가 비교

- 위 그래프는 등지방두께를 기준으로 정육량과 경락단가를 비교한 것으로 등지방두께가 증가하면 정육량의 감소는 미비한 수준으로 이루어졌으며 경락단가는 조금씩 증가하는 것으로 나타났음



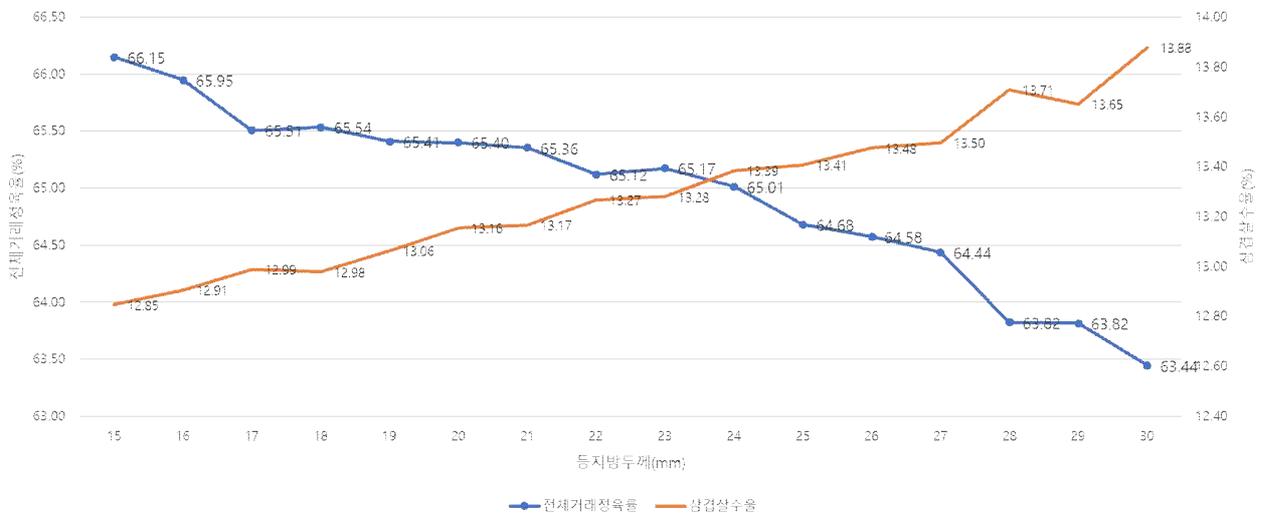
[그림] 지방함량 분포별 출현 두수

- 위 그래프는 도체중 85kg, 등지방두께 22mm인 동일 도체 규격 그룹에서 지방 함량의 분포 차이에 따른 분포를 확인한 것으로 동일 도체 규격에서도 지방 함량 분포가 다양하게 나타나는 것으로 확인되었음



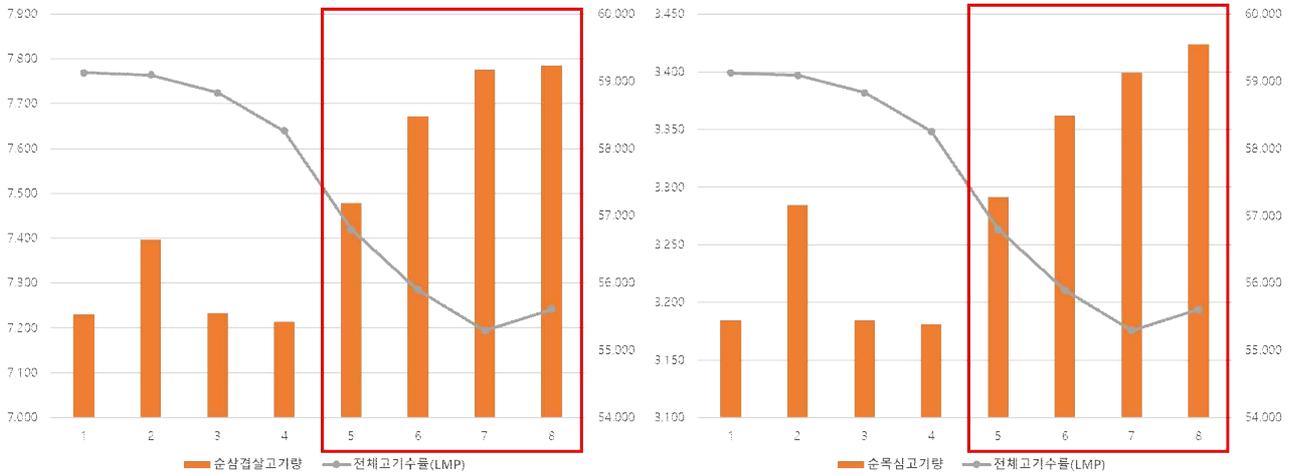
[그림] 평균 경락단가에 따른 도체중 및 정육율 변화

- 경락단가를 1000원대별로 그룹화하고 이에 따른 도체중과 정육율 변화를 나타낸 그래프로 경락단가가 상승할수록 도체중은 높아지는 반면 정육율이 감소하는 현상을 보이고 있음



[그림] 등지방두께에 따른 정육율 및 삼겹살 수율 비교

- 또한 국내에서 주로 소비되는 부분육 중 주요 부위인 삼겹살 수율과 정육율을 등지방두께에 따라 비교한 결과에서는 등지방두께 상승시 정육율을 감소하며 삼겹살 수율이 증가하는 그래프를 보였으나 삼겹살 수율의 경우 가장 최저점이 12.85, 가장 최고 점이 13.88로 유의미할 정도로 큰 차이라고는 보기 어려웠음



Note. 1: 2,000원 미만, 2: 3,000원 미만, 3: 4,000원 미만, 4: 5,000원 미만, 5: 6,000원 미만, 6: 7,000원 미만, 7: 8,000원 미만, 8: 8,000원 이상

[그림] 경락단가에 따른 주요 부위 정육율 비교

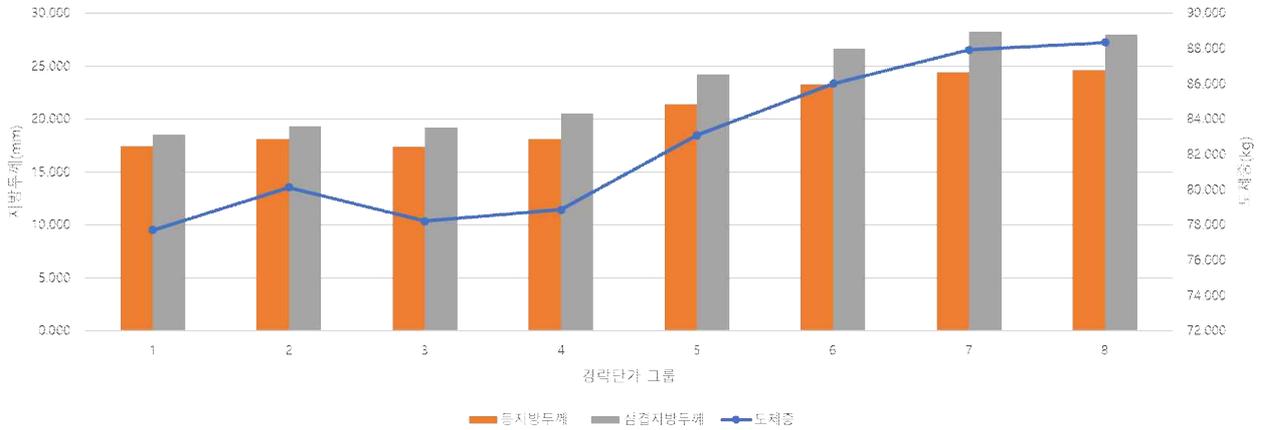
○ 삼겹살과 목심 주요 부위에 대한 경락단가 수준별 부분육 수율과 전체 정육율을 비교한 결과 5천원 이상의 상대적으로 높은 경락단가 그룹에서는 해당 부분육의 수율이 증가하는 것으로 확인되었음



Note. 1: 2,000원 미만, 2: 3,000원 미만, 3: 4,000원 미만, 4: 5,000원 미만, 5: 6,000원 미만, 6: 7,000원 미만, 7: 8,000원 미만, 8: 8,000원 이상

[그림] 경락단가에 따른 주요 부위 지방함량 비교

○ 평균 경락단가의 상승할수록 삼겹과 목심의 지방함량은 증가하는 형태를 보임



Note. 1: 2,000원 미만, 2: 3,000원 미만, 3: 4,000원 미만, 4: 5,000원 미만, 5: 6,000원 미만, 6: 7,000원 미만, 7: 8,000원 미만, 8: 8,000원 이상

[그림] 경락단가에 따른 삼겹 지방 두께 비교

- 위 그래프는 마찬가지로 주요 부위인 삼겹살의 지방 두께를 비교한 것으로 도체중과 등지방두께가 증가할수록 삼겹 지방 두께 역시 증가하며 상관분석 결과 0.704의 양의 상관관계를 보인 것으로 확인되었음

[표] 경락단가와 주요 지표 간 상관분석 결과

경락단가	성별	도체중	등지방두께	거래정육 목심	거래정육 삼겹살	전체거래 정육량	전체 지방무게
	0.133	0.386	0.429	0.303	0.403	0.336	0.392

- 위 표는 상관분석 결과를 경락단가와 이전 분석에서 언급된 주요 지표들 중 유의미한 결과를 가진 지표들만을 선별하여 표시한 표임
- 가장 많은 상관을 보인 것은 등지방두께, 삼겹살, 그리고 도체중 순으로 선별된 다른 지표들 역시 모두 0.3 이상의 중도 수준의 상관관계를 보임

[표] 경락단가에 대한 주요 지표들 공분산 분석

Source	Partial Eta-Square	Source	Partial Eta-Square	Source	Partial Eta-Square	Source	Partial Eta-Square
도축월	0.1677	판정등급	0.0022	정형한 뒷사태무게 ²	0.0006	거래정육(정형한)등심 ²	0.0002
성별	0.0669	전체거래정육량(사태, 갈매기살포함) ²	0.0018	전체지방무게	0.0004	거래정육내 삼겹살지방량 ²	0.0002
등지방두께	0.0424	거래정육(정형한)앞다리 ²	0.001	거래정육(정형한)안심 ²	0.0003	거래정육(정형한)뒷다리 ²	0.0002
등지방두께 ²	0.0268	삼겹살거래정육율	0.0008	거래정육내 삼겹살지방량	0.0002	거래정육(정형한)갈매기살무게 ²	0.0001
도체중	0.0055	삼겹살거래정육율 ²	0.0007	거래정육(정형한)목심 ²	0.0002	전체지방무게 ²	0.0001
도체중 ²	0.005	거래정육(정형한)삼겹살 ²	0.0006	거래정육(앞사태) ²	0.0002		

* : ^2 : 제곱함을 의미함

- 또한 규격 등급과 더불어 여러 지표를 요인으로 하는 모델식을 세워 일종의 공분산 분

석을 실시한 결과는 위와 같이 나타냈으며 이 때 여러 분석 결과에서 단순한 선형 방정식이 아닌 최소 U자 형태의 2차항 이상의 방정식이 들어가는 그래프가 보여진 점을 토대로 주요 지표 중 일부는 제곱을 시켜 2차항을 인위적으로 만들어낸 후 분석을 실시하였음

- 결과적으로 0.482의 전체 결정계수(R²) 값을 확인할 수 있었으나 이 자체로도 양호한 수준의 결정계수 값이 아니었으며 또한 개별의 결정계수(Partial Eta-Square)에서도 높지 않은 수준을 보였기에 특정한 지표에 대한 유의미한 결과를 얻지는 못하였음

[표] 경락단가에 대한 주요 지표 공분산 분석

Source	Partial Eta-Square	Source	Partial Eta-Square
도축월	0.1635	거래정육(정형한)등심^2	0.0011
성별	0.0625	거래정육(정형한)등심	0.0008
등지방두께	0.0501	거래정육내지방비율	0.0005
등지방두께 ^2	0.0289	거래정육내지방비율^2	0.0004
도체중	0.0072	거래정육(정형한)목심^2	0.0003
도체중^2	0.007	거래정육(정형한)목심	0.0002
판정등급	0.0021		

* ^2 : 제곱항을 의미함

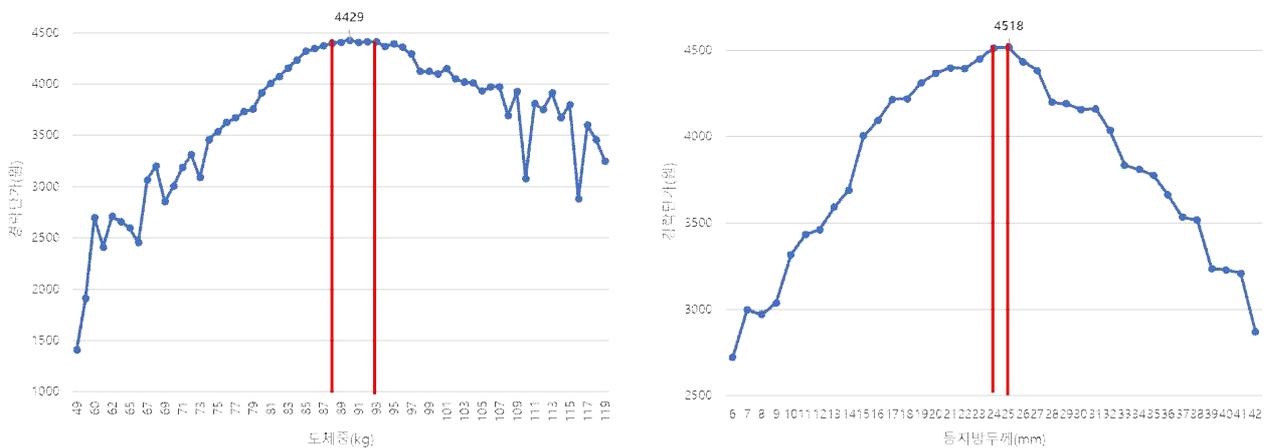
** 삼겹살은 다른 요인 효과와 다중 공선성으로 인한 충돌로 오류가 나 결과에서 제외함

- 이전 분석에서 너무 다양하고 유사한 요인을 모델식에 넣어 생길 수 있는 다중 공선성 문제를 염려하여 주요 지표만을 대상으로 재분석을 한 결과는 위 표로 전체 결정 계수 값은 0.473으로 나타나 유사한 수준이었으며 결과적으로 해당 데이터로부터 공분산 분석 결과 가장 영향을 많이 주는 요인은 도축월로 확인되었음
- VCS2000에서 도출된 자료를 바탕으로 분석한 결과 아래와 같은 결론을 얻었음
 - 앞의 결과를 종합해보았을 때 도체중과 등지방두께과 같은 규격 요인이나 지방 수준(무게나 함량)로는 경락가격과 같은 가격 요인을 모두 설명하지 못하므로 가격 요인을 충분히 설명할 수 있는 별도의 지표가 필요
 - 규격 요인을 포함 여러 환경 요인 및 각종 부분육 요인을 포함한 모델식 분석에서도 전체 R2값이 0.5보다 낮게 나타난 점에서도 위와 같은 결론을 얻었음 (즉 해당 자료에서 수집된 자료 외에 별도의 판단 요인이 필요하다고 판단됨)
 - 다만 다음과 같은 이유로 인해 규격 요인과 지방 수준을 한돈 고급화 지표에 포함시켜야 할 것으로 사료됨
 - ① 삼겹살과 목심과 같은 주요 국내 소비 부분육의 수율이 경락가격의 상승과 비례하여 증가한다는 점

- ② 등지방두께가 삼겹지방과 고도의 양적 상관관계(0.704)를 보인다는 점
- ③ 전체 형질을 고려한 모델식에서의 영향도(R^2)은 낮으나 각 요인별 경락가격 간 상관 분석에서 삼겹, 목살 외 등지방두께와 도체중이 약 0.3~0.4 수준으로 중도의 상관관계를 보인다는 점
- ④ 등지방두께, 도체중, 지방 수준의 차이에 따라 경락가격이 유의미할 정도로 차이가 난다는 점

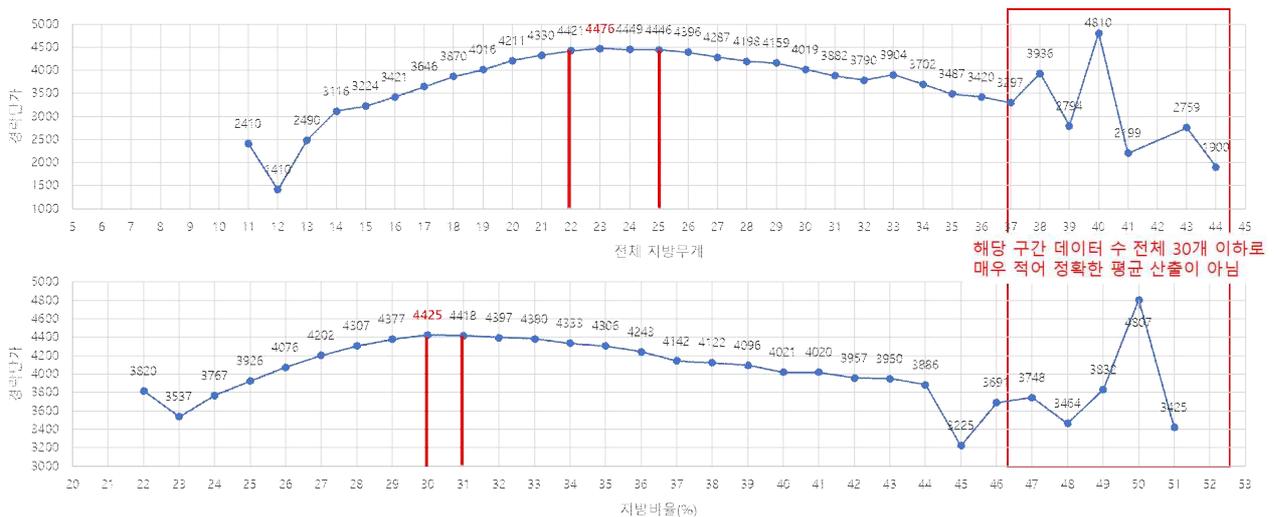
2) Autofom 분석 결과

- 또 다른 등급 판정 기기인 오토폼(Autofom)의 경우 20년도의 데이터를 기준으로 55,139개의 등급 판정 데이터 활용하여 분석하였음



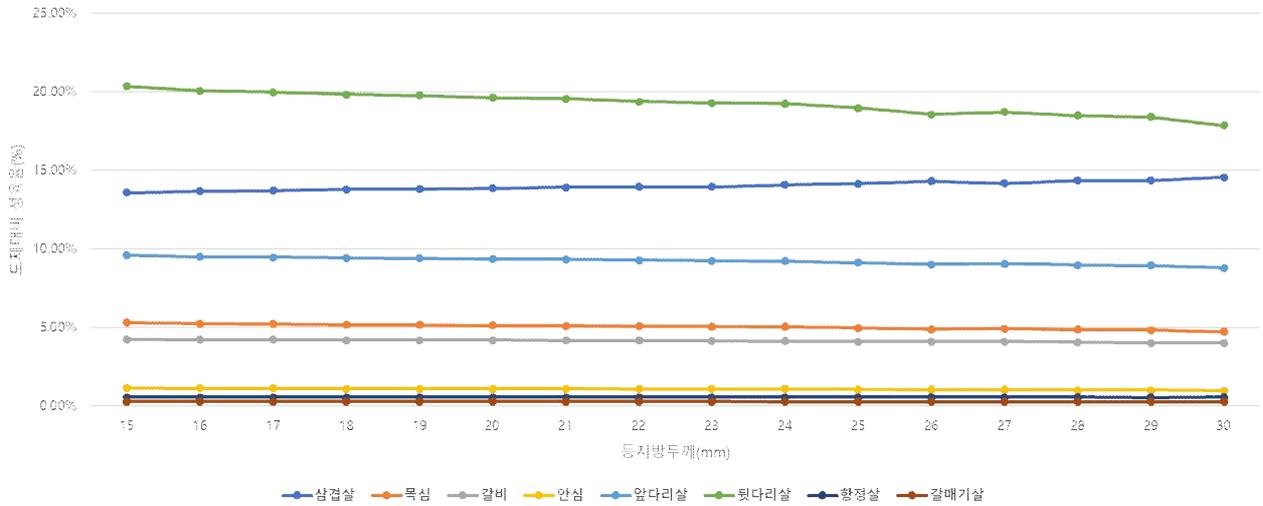
[그림] 도체중 및 등지방두께에 따른 경락단가 비교

- 경락단가의 경우 도체중의 경우 88~93kg, 등지방두께의 경우 24~25mm에 최고가를 나타내며 그 이상·이하일 경우 경락단가는 낮아지는 경향을 나타냄



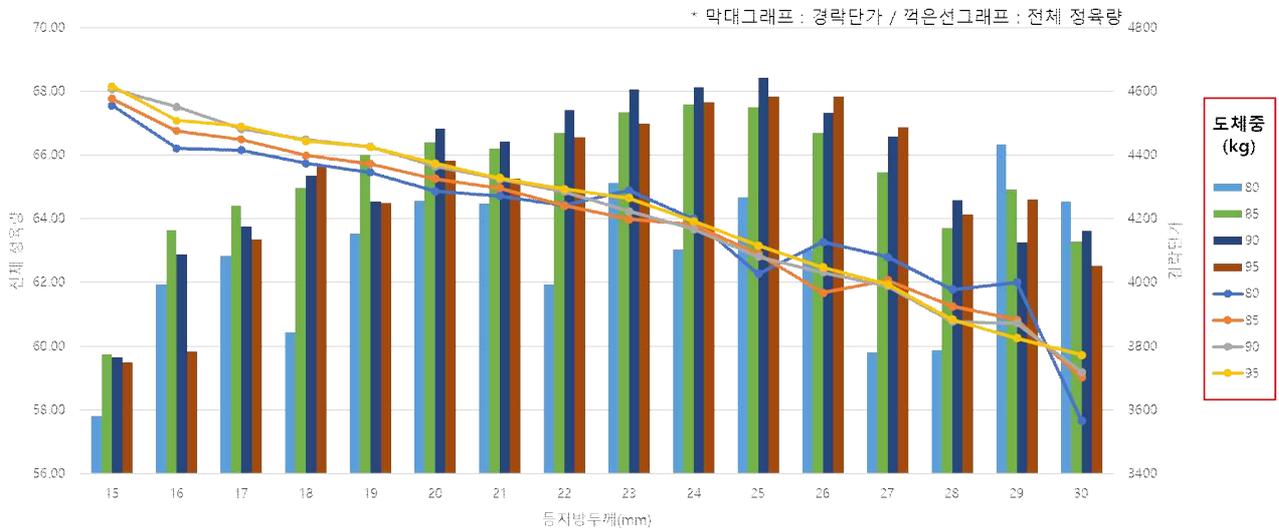
[그림] 지방수준에 따른 경락단가 비교

- 전체 지방무게는 22~25kg 구간에서 높은 경락가격 평균(4,400원 이상)을 보였으며 지방비율로 분석한 경우 30~31% 구간이 높은 경락가격(4,400원 이상)을 보였음



[그림] 등지방두께에 따른 부분육 수율(정육율) 비교

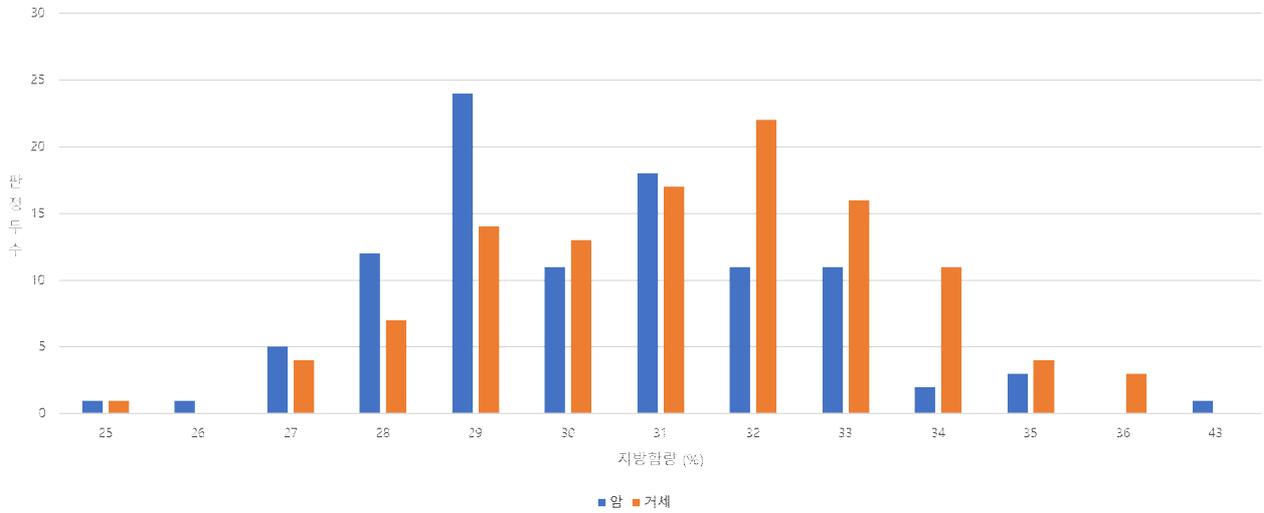
○ 동일 도체중(85kg)에서 등지방두께의 차이가 있어도 부위별 정육율은 유사하게 나타남



[그림] 도체중 구간별 등지방두께에 따른 정육량 및 경락단가 비교

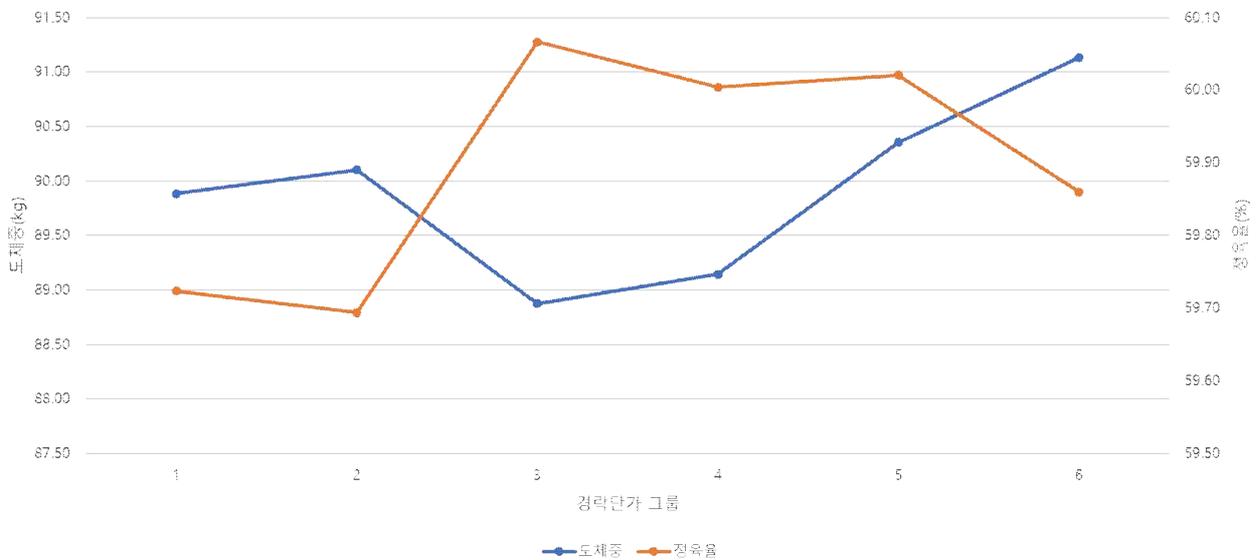
○ 도체의 등지방두께가 증가할수록 정육량이 감소하는 경향을 나타냄

○ 정육량은 감소하고 있으나 경락단가는 증가하는 경향을 나타내어 주요 부위의 수율에 의한 것으로 사료됨



[그림] 동일 도체 규격에서의 지방함량 분포 비교

○ 동일 규격인 도체중 85kg 등지방두께 22mm로 설정한 상태에서 지방함량별 출현 두수를 나타낸 그래프로 지방함량의 분포가 다양하게 나타남을 확인할 수 있음



Note. 1: 2,000원 미만, 2: 3,000원 미만, 3: 4,000원 미만, 4: 5,000원 미만, 5: 6,000원 미만, 6: 7,000원 이상

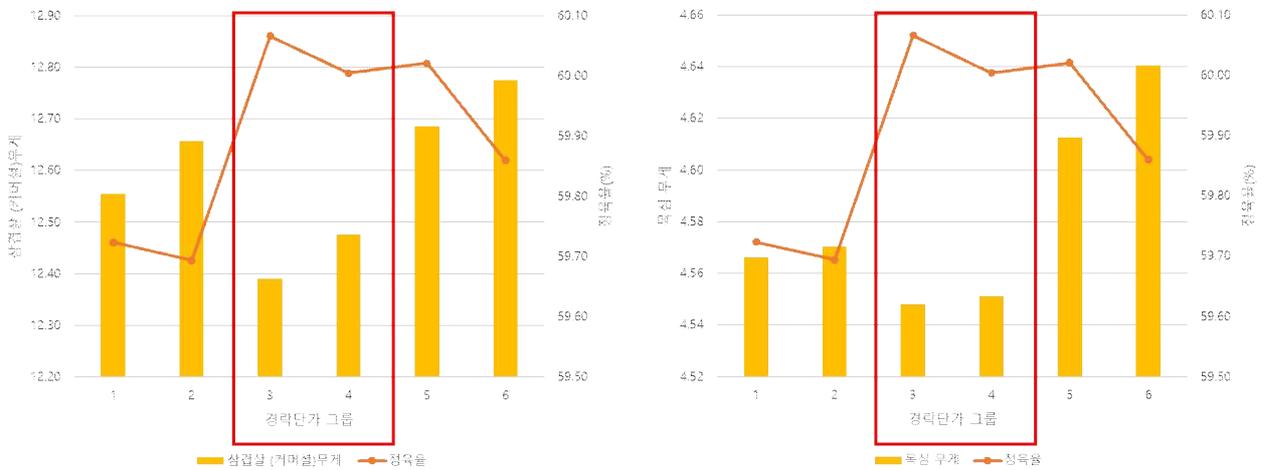
[그림] 경락단가에 따른 도체중 및 정육율 비교

○ 평균 경락단가 그룹에 따라 도체중과 정육율이 서로 반대되는 패턴을 보임(도체중이 높으면 정육율이 낮고, 정육율이 낮을 때는 도체중이 높음)



[그림] 등지방두께에 따른 정육율 및 살코기 비율 비교

- 등지방두께가 커질수록 정육율은 감소하는 경향을 나타냄
- 정육율은 감소하나 삼겹살 수율은 증가하는 경향을 나타내며 VCS2000 데이터와 유사하게 나타남



Note. 1: 2,000원 미만, 2: 3,000원 미만, 3: 4,000원 미만, 4: 5,000원 미만, 5: 6,000원 미만, 6: 7,000원 이상

[그림] 경락단가에 따른 삼겹살, 목심 무게 및 정육율

- 전체 정육율이 높은 결과를 나타내나 주요 부위(삼겹, 목심)의 생산량이 미흡한 경우 평균 경락단가가 낮게 산출되는 경향이 보임

[표] 경락단가에 대한 전체 지표 상관분석

경락단가	판정등급	성별	생체중량	도체중	등지방	전체 살코기비율	전체 지방비율	전체 지방무게	등지방 두께1	등지방 두께2
	0.322	0.195	-0.245	0.061	0.124	-0.014	0.015	0.045	0.117	0.106
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0007	0.0004	<.0001	<.0001	<.0001
	등지방 두께3	삼겹 (커머셜) 무게	삼겹 살코기무게	삼겹 피하지방무게	삼겹 피하지방비율	삼겹 근간지방무게	삼겹 근간지방비율	삼겹 살코기비율	삼겹 전체지방비율	삼겹 목심 무게
	0.118	0.068	0.059	0.023	0.010	0.042	0.021	-0.021	0.020	0.058
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.023	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
	목심 살코기무게	목심 살코기비율	갈비 (커머셜) 무게	갈비 살코기무게	갈비 살코기 비율	등갈비 무게	등심살무게	등심 비율	등심 살코기무게	등심 살코기비율
	0.053	-0.011	0.018	0.028	0.049	0.060	0.084	0.052	0.094	-0.012
	<.0001	0.0095	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0045
	등심 지방(피하+근간)비율	안심 무게	앞다리살 무게	앞다리살 살코기무게	앞다리살 살코기비율	뒷다리살 무게	뒷다리살 비율	뒷다리살 살코기무게	뒷다리살 살코기비율	항정살 무게
0.010	0.074	0.045	0.034	0.005	0.065	0.006	0.067	-0.007	0.044	
0.0215	<.0001	<.0001	<.0001	0.2519	<.0001	0.1799	<.0001	0.0936	<.0001	
등심덧살 무게	갈매기살 무게									
0.030	0.010									
<.0001	0.0202									

○ 판정 등급 및 성별, 생체중 제외한 형질의 경우 경락단가와 상관계수가 0에 수렴되고 있음

[표] 경락단가에 대한 전체 지표 공분산분석

Source	Partial Eta-Square	Source	Partial Eta-Square	Source	Partial Eta-Square
도축월**	0.6638	등심 지방(피하+근간)비율**	0.0004	삼겹 근간지방무게	0
등급판정**	0.1565	도체중**	0.0002	삼겹 살코기비율	0
성별**	0.1489	전체 살코기비율**	0.0002	삼겹 전체지방비율	0
등지방두께**	0.0224	갈비 (커머셜)무게**	0.0002	목심 무게	0
등심 비율**	0.0074	안심무게**	0.0002	앞다리살 무게	0
생체중**	0.0056	등갈비무게*	0.0001	항정살무게	0
등심살무게**	0.0016	전체 지방무게	0	갈매기살무게	0
앞다리살 무게**	0.0008	삼겹 (커머셜)무게	0		
등심덧살무게**	0.0008	삼겹 피하지방무게	0		

** : p<0.01 , * : p<0.05

○ R-Square의 경우, 0.739로 이는 VCS2000에 비해서는 상당히 높은 수치로 나타났으며 가장 많은 영향을 주는 것은 도축월로 이전 VCS2000과 유사한 결과로 보여짐

○ 그 외 지표는 등급판정과 성별이 상대적으로 높게 나타났음

[표] 경락단가에 대한 주요 지표 공분산 분석

Source	Partial Eta-Square	Source	Partial Eta-Square	Source	Partial Eta-Square
도축월**	0.6639	삼겹 피하지방무게**	0.0043	도체중**	0.0006
판정등급**	0.1583	등심살무게**	0.0034	전체 지방무게**	0.0006
성별**	0.1483	등심 지방비율 (피하+근간)**	0.0025	전체 살코기비율**	0.0004
등지방무게**	0.0226	목심 무게**	0.0019	삼겹 근간지방무게	0
등심 비율**	0.0079	삼겹 (커머셜)무게**	0.001	삼겹 전체지방비율	0
생체중**	0.0055	삼겹 살코기비율**	0.0007		

- 주요 지표만 남겨두고 분석한 결과에서도 R-Square의 경우, 0.738로 높게 나타났으며 가장 높은 영향을 주는 지표는 도축월로 확인되었음
- 오토폼 자료 분석 결과 아래와 같은 결론을 얻었음
 - VCS2000 자료 분석 결과와 비교하였을 때 경락단가에 따른 도체중 및 정육율 비교, 상관분석과 공분산 분석 결과를 제외하고 모두 유사한 결과를 보였음
 - 경락단가에 따른 도체중 및 정육율 비교는 VCS2000에서는 평균 경락단가가 높을수록 도체중은 증가, 정육율은 감소하는 패턴이었으나 오토폼의 경우 일정하지 않았음
 - 상관분석의 경우 판정등급과 성별을 제외한 형질들에서 상관 관계가 확인되지 않았음
 - 공분산 분석의 경우 모델 전체 R²의 값이 0.740으로 높게 나타났음
 - 이러한 차이는 기기의 측정 방식, 수집된 데이터의 환경(수집년도, 소프트웨어 등) 등으로부터 차이를 만들어낸 것으로 사료
 - 다만 규격 요인 활용에 대해서는 상관분석과 공분산 분석에 의한 차이가 명확하지 않을 뿐 VCS2000과 마찬가지로 나머지 분석에서는 비슷한 결과를 얻었기에 여기서도 규격 요인과 지방 수준을 돈육 고급화 지표에 활용하는 것이 필요하다는 결론을 얻음

3) 고급화에 필요한 품질 관련 지표 선정

- 고급화에 필요한 품질 지표 탐색을 위해 여러 논문과 앞서 분석 결과를 토대로 도출한 고품질 돼지 고기의 특성은 아래와 같이 정리할 수 있었음
 - 고기 품질은 생산 시스템의 위생 상태, 친환경 또는 복지 상태와 같은 무형적인 특징 뿐만 아니라 기술적 품질 특성, 소비자 기호도, 안전 및 건강에 대한 신뢰성 특성을 포함하는 속성의 조합으로 정의(Warner et al. , 2010)
 - 기술 품질 특성과 소비자 선호도는 소비자 인식에 큰 영향을 미침. 기술 품질 특성에는 색깔, 보수력(WHC) 및 조직감이 포함되며 사후 근육이 고기로 변환되는 동안 생화학적

과정의 영향을 받음(Van der Wal et al., 1997)

- 소비자 선호도는 시각적 매력과 관능적 만족도의 복잡한 조합에서 비롯된다. 구체적으로 육질의 부드러움, 다즙성, 향미와 가장 많이 연관되는 관능적 특징은 재구매에 영향을 미치기 때문에 전반적인 육질을 나타내는 중요한 요인(Maltin et al., 1997)
- 부드럽고 육즙이 많은 고기는 대부분 소비자의 선호도에 긍정적인 영향을 줌(Aaslyng et al., 2007)
- 부드러움이 돼지고기의 식감의 기본이 되는 가장 중요한 요소(Wood et al., 2004)
- 주관적인 관능적 특성(부드러움, 다즙성, 향미)은 객관적인 기술 품질 특성(색, 보수력, 조직감 등)과 연관이 깊으며 이러한 특성들은 소비자의 선호도에도 중요한 영향을 미치므로 고품질 돼지 고기는 기술 품질 특성과 관능적 특성이 우수해야 함

○ 이에 따라 몇가지 주요 지표들을 고급화를 위해 필요한 지표로 선정할 수 있었으며 그 중 첫 번째는 **마블링(근내지방도) 또는 근내지방(함량)**으로 아래와 같은 특징을 가지고 있는 지표였음

- 풍미, 연도, 다즙성에 복합적 영향
- 품종, 브랜드, 부위에 따른 기준이 다름
- 등심 선호 소비의 서구에서는 등심의 마블링 기준 필요
- 우리의 선호부위(삼겹, 목심) 중심의 마블링, 근육/지방 비율 기준 확립 필요 : 기존 선행 연구 역시 서구권에 맞추어 등심 위주로 연구되어 있으므로 추가 연구가 필요함
- 삼겹살의 경우 근육/지방 적정 비율(과지방, 저지방, 연지방)이 근내지방보다 더 중요



[그림] 온도체 돈육 도체 단면

- 온도체의 경우 근내지방 분포 확인이 어려움(그림 참고)
- 그러나 현재 돼지는 온도체 판정이 이루어지고 있음
- 위와 같은 이유들로 품질 지표로서 중요도는 높으나 현장에서 활용이 어려운 점, 주요 고기 부위에서는 근육/지방 비율이 더 중요하다는 점에서 지표로서 활용성이 떨어짐

○ 근육/지방 비율

- 등심이 선호부위가 아닌 국내 현실에서 등심의 마블링보다는, 삼겹살/목심에서의 근육/지방 적정비율이 중요
- VCS2000 및 Autofom을 활용한 선호부위의 최적 비율(함량) 산출 방법 신규 개발이 필요하므로 현 단계에서는 제도 제안이나 지표로서 활용이 어려움

○ 풍미(맛과 향)

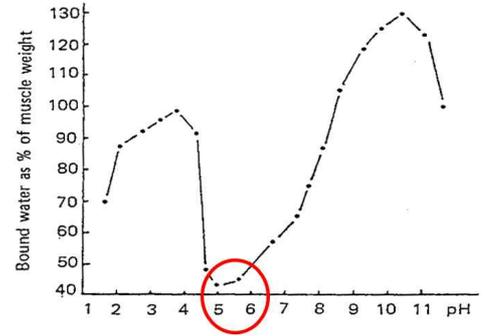
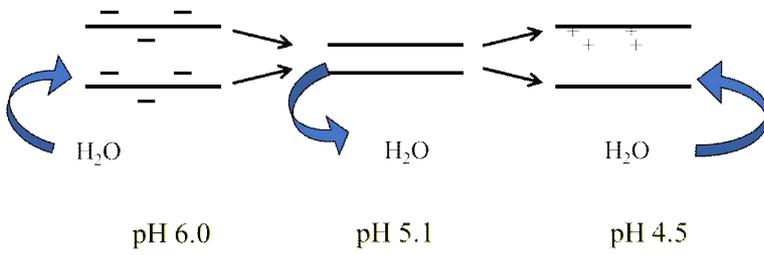
- 품종, 부위별, 숙성에 따라 달라 기준 확립이 어려움
- 좋은 풍미와 나쁜 풍미로 구분됨
- 좋은 풍미는 품종, 숙성의 고유 특성으로 소비자 취향에 따라 선택이 달라질 수 있음
- 좋은 풍미는 육질 특성이 되나, 나쁜 풍미는 주로 안전성 문제에서 발생
- 응취, 도축 위생에서 발생, 저장/유통에서 발생하는 잡내 등 다양
- 결론적으로 소비자의 고기 선택 요인 중 중요한 요인이지만 이취 발생 시점을 특정하기 어렵고 이취 발생을 일으키는 너무 다양한 변수가 존재하여 품질 지표로서 활용이 어려움

○ 보수력

- 육색, 연도, 다즙성에 영향
- 가열감량, 육즙감량과도 깊은 연관(일부 연구에서는 보수력 지표로서 보수력 대신 활용)
- 저장 및 소비 과정에서의 육즙분리와 수율에도 연관
- 적정 최적치가 아닌, 수치가 높을수록 품질이 우수한 지표이고 모두가 동의하는 품질 요인
- 기존 등급제 기반에 최소의 육질 기준으로 설정 가능
- pH와 높은 상관관계를 가지며 측정을 통한 오랫동안 연구되어 사용된 형질
- 육색(CIE L*,a*,b*)을 활용한 보수력 연관성에 관한 연구가 진행된 바 있음
- 위와 같은 장점에 불구하고 보수력의 측정은 현장에서 이루어지지 않고 샘플을 일부 채취하여 실험실에서 공정을 거쳐야만 측정이 가능한 점에서 현장에서 활용도가 떨어짐
- 하지만 고급화 측면에서는 매우 우수한 지표라고 판단 도축단계에서 보수력 측정을 위한 대안 필요
- 보수력과 가장 연관이 깊은 pH와 육색 중 명도(L*)에 대한 높은 상관관계가 확인되어 대안을 위해 추가 탐색 및 연구를 진행함

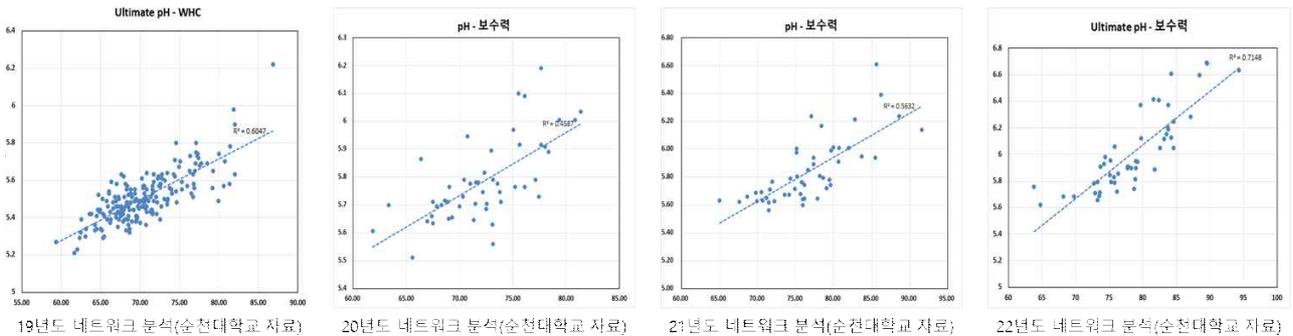
○ pH

- 연도, 다즙성, 수율에 중요한 영향을 미치는 보수력의 간접 측정
- 보수력과 pH 관계는 이론적으로 입증된 정설(아래 그림 참고)
- 고기의 등전점(pH 5.1)에서 최소의 보수력을 지님



[그림] pH와 보수력 간 작용 원리

- 식육의 pH 측정은 식육의 중요한 육질 특성의 하나인 보수력(water holding capacity)을 판단할 수 있는 증거
- 연도는 고기 안에 존재하는 근원섬유와 결합조직 등에 의해 영향을 크게 받으며, 이들 단백질 성분 이외에 대부분을 차지하는 수분이 많을수록 연도는 좋아지고 육질이 부드러워짐
- 결국, 보수력이 높을수록 육질이 연하고(tender) 다즙하여(juicy) 소비자의 관능적 평가가 좋아지게 되므로, 돈육에서도 보수력을 측정하는 것은 식육의 품질과 밀접한 관계가 있음
- 따라서 식육의 pH와 보수력은 매우 높은 정(+)의 상관관계를 보이고 있으며, 측정이 빠르고, 용이한 식육의 pH를 보수력 판단을 위한 지표로 활용하는 것은 매우 의미 있음



[그림] pH와 보수력 간 상관분석 자료

○ 명도(L*)

- 다른 적색도(a*), 황색도(b*)와 함께 주요 육색 관련 지표
- 앞서 언급한 pH와 마찬가지로 보수력과 관련이 있는 지표
- 아래 분석은 듀록 종을 대상으로 한 2014년~2018년까지의 분석 결과로 pH 그룹별 평균에 의한 유의적 차이 확인

[표] 정상육 대비 pH 그룹별 보수력, 지방함량, 육색 간 비교

구분*	실험실pH	지방함량	보수력	현장L*	현장a*	현장b*
정상육	5.621 ^b	2.982 ^b	74.059 ^b	46.920 ^b	16.848	8.795 ^{ab}
하위 pH 그룹	5.319^c	3.590 ^c	71.069^c	49.745^a	17.201	9.204 ^a
상위 pH 그룹	5.917 ^a	2.994 ^a	77.387 ^a	45.772 ^b	16.716	8.374 ^b

* 정상육 : pH 5.4 ~ 5.8 ; 하위 pH 그룹 : pH 5.4 이하 ; 상위 pH 그룹 : pH 6.0 ~ 6.5
 ** 자료 출처 : 2014년~2018년까지 돼지 개량 네트워크 데이터 분석

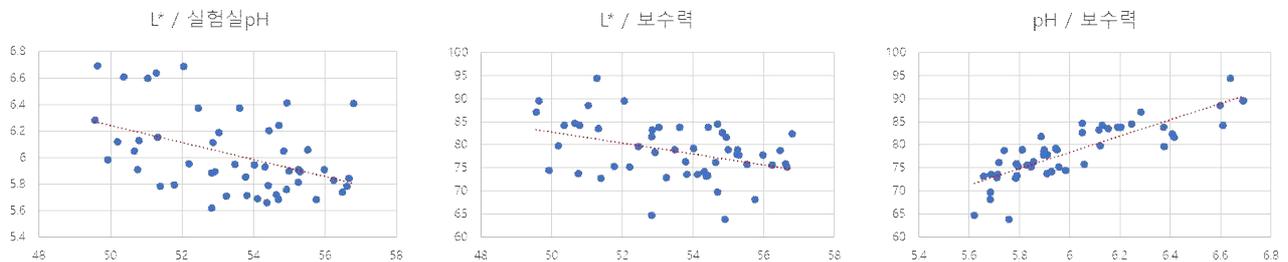
- 또 다른 연구(아래 표)에서 보수력(육즙감량)을 양호한 그룹과 불량한 그룹으로 나누어 비교한 결과 pH는 물론 육색 중 명도(L*)에 따른 유의적인 차이가 확인되었음

[표] 육즙감량 불량 및 양호 그룹 간 pH, 육색, 품질 지표 비교

	육즙감량 불량(n=50)	육즙감량 양호(n=50)	SEM
pH - 45분	5.88^b	6.20^a	0.04
pH - 24시	5.66^b	6.12^a	0.03
L*	52.51^a	48.31^b	0.42
a*	16.14	15.96	0.15
b*	5.44 ^a	4.51 ^b	0.14
여과지흡수량(mg)	59.80	55.20	3.15
육즙감량(%)	7.84^a	0.76^b	0.17
가열감량(%)	17.73^a	12.83^b	0.54
전단력(N)	26.1 ^a	23.4 ^b	0.9
Color (NPPC)	3.93 ^a	3.74 ^b	0.08
Marbling (NPPC)	1.91 ^b	2.33 ^a	0.09

- 육색 및 보수력 간 상관분석 결과('22) : 명도(L*)값이 pH와 보수력과 상관 관계 (-0.44, -0.39)를 보임

	L*	a*	b*	실험실pH	보수력
L*	1.000				
a*	-0.490	1.000			
b*	0.535	0.352	1.000		
실험실pH	-0.444	0.151	-0.154	1.000	
보수력	-0.388	0.042	-0.203	0.845	1.000



- 육색 및 pH의 보수력에 대한 공분산분석 결과 : 단일 모델 분석에서 현장과 실험실 측정 명도 모두 0.80 이상의 높은 수치를 보임 (보수력의 많은 부분을 명도로 설명이 가능함)

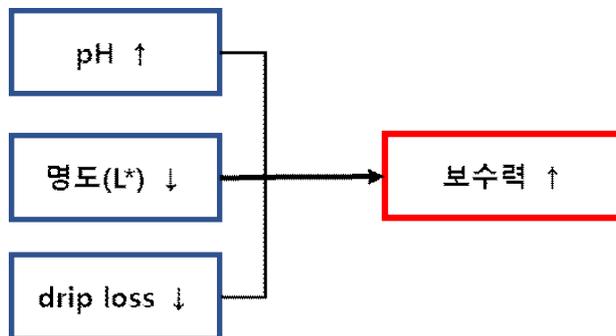
- pH에 비해 명도가 더 높은 수치를 나타남
- 다른 육색 요인과 함께 통계분석을 하였을 때는 1에 근접한 수치를 보였으며 그 중 가장 많은 영향을 주는 요인으로는 명도로 확인됨
- 자료의 수집년도에 따른 정도의 차이는 있으나 pH의 영향 역시 확인됨

[표] 육색(명도)과 pH의 보수력에 미치는 영향 조사

구분		보수력		
		14-18년도(n=728)		22년도(n=50)
		Partial Eta-Square	R-Square	R-Square
현장 측정	L*		0.846	No data
실험실 측정	L*		0.830	0.941
현장 육색 (Multi)	L*	0.992	0.999	-
	a*	0.037		
	b*	0.900		
pH		0.116	0.116	0.986

○ 위 품질 지표 탐색 과정에서 도출된 결론을 정리하자면 아래와 같음

- 선행 연구 자료 및 설문조사 등에서 확인 주요 품질 요인으로 근내지방 함량, 근내지방도(마블링), pH, 풍미(향), 보수력, 육색 등이 있었으나 고급화 지표로서 가장 중요한 지표는 보수력
- 하지만 보수력은 현장 측정이 용이하지 않아 현장 활용도가 떨어짐
- 보수력에 대한 대안으로 pH와 육색이 제시되었으나 사후강직 단계에서 벌어지는 pH 저하와 pH 저하가 완료되는 이전 시점에 도축이 이미 이루어진다는 점과 pH 측정이 파괴식 측정이란 점에서 pH는 현장 활용도가 떨어짐
- 최종적으로 명도(L*) 값이 보수력에 대한 대안으로서 우수한 지표이며 동시에 VCS2000이라는 기기를 통한 이미지 기반 자동 판정이 가능하여 현장 측정 가능 지표라고 판단되었음
- 따라서 고급화를 위한 품질 지표로서 기존 등지방두께, 등심단면적, 지방수준 외에 육색 중 명도(L*)의 값을 지표로서 활용하고자 함



[그림] pH, 명도, 육즙감량, 보수력 간 관계도

다. 제시된 지표의 측정, 활용 및 종돈 개량에 대한 활용 방안 제시

- 이전 연구 단계에서 등지방두께, 도체중, 지방수준 외에 명도를 제시하였음
- 규격 등급인 등지방두께와 도체중의 경우 기존 등급제 기준으로 활용되기에 측정 방식이 이미 정형화 되어 있으며 VCS2000과 Autofom을 통해 이미 자동으로 측정 및 산출되는 수준에 이르렀기에 측정 방식의 수정이 불필요함
- 또한 지방수준의 경우 지방 무게와 지방 비율(또는 함량)으로 구분되기는 하나 지방 무게의 경우 전체 무게에 따라 동일한 지방 무게라고 해도 그 수준이 달라지므로 모든 도체에 동일한 기준을 적용하기 위해서는 지방 비율 또는 지방 함량을 지표로서 활용되어야 하며 이 경우에도 Autofom은 이미 산출되고 있으며 VCS2000은 직접 산출되지는 않으나 자동 산출되는 도체중 대비 지방 무게를 통해 산출이 가능함
- 따라서 제시된 지표들 중 명도만이 새로운 측정 방법이 필요하며 명도를 나타낼 수 있는 여러 가지 방법 중 기존 연구들 중 가장 많이 활용되고 있는 색차계 방식인 CIE의 L^* 값을 활용하고자 함

❖ CR-400, CR-410 (전문가용 색채 색차계)



- 일반적인 L^* / a^* / b^* 의 표색계 측정 가능
- 사용자가 원하는 독자적인 평가식을 이용해 측정 가능
- 분체, 액체, 페이스트 상태의 다양한 측정물에 대응 가능
- 별도의 소프트웨어를 통한 컴퓨터 연결 가능
- 콤팩트한 형태로 현장에서의 사용도가 우수

❖ CR-20, CR-10 (기초적인 색채 색차계)



- 간단하게 측정 가능하고 가볍고 작은 사이즈
- 전문가용(CR-400, CR-410)에 비해 저렴함(1,000만원 vs 300만원 대)
- 소구경의 측정에 용이
- 전문가용과 달리 측정 대상은 제한됨(평면 위 색깔 측정 위주)

[그림] CIE Lab가 측정 가능한 Minolta 제품군

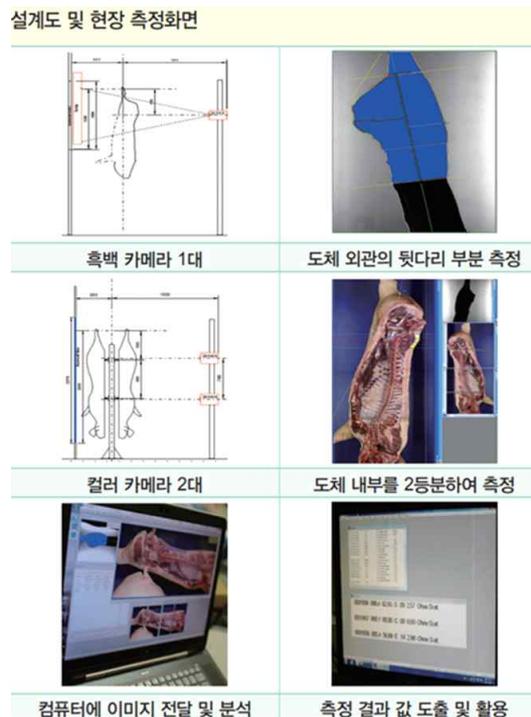
- 위 그림은 현재 현장에서 종종 사용되는 Minolta 제품에 대한 사진으로 이중 CR-400과 CR-410 제품이 고기의 육색 측정에 활용에 주로 사용되고 있음
- 다만 위 측정기기를 이용한 측정은 인력에 의해 도체 한 개를 개별 측정하는 방식으로 시간이 오래걸리고 하루에 7~8만두씩 생겨나는 도체 두수를 감당할 수 없으므로 해결책이 될 수 없음 ; 결론적으로 현실적으로 하루 도체 두수 물량을 감당 가능한 측정 방법이 필요함(다음 연구 결과 단계에서 자세히 설명 참고)
- 앞서 언급하였듯이 명도는 주요 품질 지표인 보수력과 매우 연관이 깊으며 명도 그 자체 역시 PSE와 같은 이상육과 정상육을 구분하는 주요 기준이 될 수 있음
- 또한 단순히 등지방두께가 얇고, 도체중이 크고, 지방수준이 높을수록 좋다는 방향의 선

형적인 예측은 오히려 경제성을 떨어뜨리는 현상을 야기시킬 수 있기 때문에 새로운 지표인 명도를 활용하여 새로운 개량 방향을 제시할 필요가 있음

- 국내 연구 현황에서 보았을 때 육색을 기준으로 유전력 추정 연구는 한우에서만 언급되었으며 돼지의 경우 개량을 위해 사육되는 순종 단계에서 육색을 기준으로 연구한 논문은 없어 새로운 연구 방향을 제시할 수 있음
 - 한우에서 언급되는 육색의 경우 위에서 제시하는 명도(L*)와 같은 색차계에 기반한 측정값이 아닌 도체 등급 판정 시 이루어지는 육색값에 대한 유전력 추정 결과에 대한 이야기로 사실상 한우 역시 제대로된 육색 측정 기반 연구가 이루어지지 않았음
 - 돼지의 경우 육색을 언급하는 경우도 정상육과 PSE와 같은 이상육을 구분할 때의 기준으로 언급하거나 혹은 외관상 품질에서 고기의 적색도(a*)를 기반으로 이야기하는 내용으로 본 연구 과정에서 도출된 결론인 명도와는 엄밀히 구분되는 기준이었음
- 따라서 고급화 지표 활용성 측면과 중돈 개량을 위해서 4가지 지표 등지방두께, 도체중, 지방함량(또는 비율) 그리고 명도(CIE L*)를 제시하고자 하며 이를 위해 제시하고자 하는 앞으로의 연구 방향은 다음과 같음
 - 본 연구에서 지표 탐색을 위해 활용된 자료는 VCS2000과 Autofom이 각각 22년도, 20년도에 측정된 극히 일부 자료이며 또한 국내 11개소가 설치된 VCS2000 기기를 고려하였을 때 현재 사용된 자료가 돼지 등급판정 도체 전체를 대변한다고 보기 어려움
 - 따라서 연구 결과의 신뢰성을 높이고 더 자세한 지표별 등급 구간 설정을 위해 기기가 설치 및 운용되는 다른 자료를 포함시켜 재분석을 할 필요가 있음
 - 또한 명도의 경우 기존 측정 기기를 통한 측정이 아닌 VCS2000으로부터 얻어지는 이미지 자료 기반 측정이 필요함

라. 돈육 품질 측정을 위한 새로운 방법 등의 제시 및 도입 타당성 분석

- 돈육 품질 중 지방수준의 경우 기존에 등급제에도 활용되고 있는 등지방두께 도체중과 마찬가지로 기수집되고 있는 자료이기 때문에 새로운 측정 방법이 불필요하나 명도의 경우 그렇지 않기 때문에 다른 방법을 탐색할 필요가 있었음
- 그 일환으로 VCS2000을 활용하여 확보된 이미지 자료로부터 육색값을 추출하는 방법을 제시하였으며 이와 같은 의사결정 도출에는 아래의 과정이 있었음
 - VCS2000은 기기 원리상(우측 그림 참고) 컬러카메라를 이용하여 색깔값을 가진 이미지 촬영이 가능
 - 따라서 픽셀 단위로부터 색깔값을 추출하는 것이 가능
 - VCS2000은 자동 판정 기기로서 다수의 도체에 대해 판정이 지속적으로 가능하므로 현장 문제 해결도 가능
 - 육색 측정은 비파괴 품질 검사이며 VCS2000 등과 같이 Vision System 원리를 이용한 도체 품질 평가 시스템에서 적용가능할 것으로 판단되어, 도체 품질을 신속하게 대량으로 평가하는 방안으로 기대됨
 - 따라서 VCS2000을 통해 촬영한다면 현장 활용도가 높은 지표라고 판단됨



[그림] VCS2000 원리

- 색깔을 표현하는 방식은 색차계 좌표를 표현하는 방식에 따라 다양함; RGB, HSV(HSB), HSL 또는 CIE LAB 등
- 아래 표는 그러한 여러 방식에 따라 육색을 이상육(PSE)과 정상육(RFN)을 비교한 결과 표임

- 여기서 중요한 점은 모든 표현 방식에서 명도를 표현하는 수치에 대해서는 모두 유의적인 차이를 나타냄
- RGB의 경우 수치가 높을수록 명도가 높으므로 모든 수치가 유의적으로 PSE가 높게 나타났음
- HSV/HSB나 HSL 방식은 끝의 V/B나 L이 각각 명도를 뜻하는 값으로 유의적인 차이가 확인됨
- 이는 CIE LAB 방식의 L*에 대한 결과와 동일한 결과임

Table 3
Value of RGB (red, green, blue), HSV/HSB (hue, saturation, value/brightness), HSL (hue, saturation, lightness) color models and CIELAB color space for PSE and RFN meat.

Meat quality class		Color model Computer image analysis			CIE LAB		
		R	G	B	L*	a*	b*
PSE	X	93.8 ^a	69.7 ^a	63.9 ^a	56.01 ^a	9.87 ^a	2.88 ^a
	SD	2.9	2.6	2.4	1.6	2.7	1.7
RFN	X	81.1 ^b	56.5 ^b	54.4 ^b	48.44 ^b	8.84 ^a	0.18 ^b
	SD	3.4	4.0	5.8	0.5	0.9	0.9
		H	S	V/B			
PSE	X	11.7 ^a	32.1 ^a	36.6 ^a			
	SD	2.5	1.5	1.2			
RFN	X	72.7 ^a	33.6 ^a	32.2 ^b			
	SD	140.0	3.7	1.4			
		H	S	L			
PSE	X	11.7 ^a	19.9 ^a	30.7 ^a			
	SD	2.5	1.8	1.1			
RFN	X	72.7 ^a	21.1 ^a	26.7 ^b			
	SD	140.0	2.4	1.8			

X – average.

SD – standard deviation.

a, b – values, in columns, with different letters are significantly different at p ≤ 0.05.

- 이러한 명도는 다른 연구 사례에서 정상육과 이상육을 구분하는 기준으로 활용된 바가 있어 이를 기준으로 현재 시점에서의 명도에 따른 도체 평가 시 아래와 같이 정리할 수 있었음

구분	명도(L*)값
Chmiel, M., 2011	RFN 48.44 / PSE 56.01 (평균)
Pospiech, 2000	RFN 43-50 / PSE 50초과
국내산 돼지고기 품질 차별화 연구 (국립축산과학원)	RFN 50미만 / PSE 50이상/ DFD 38미만

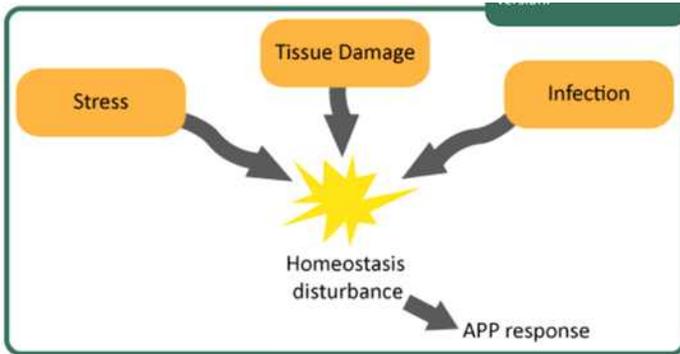
- 명도(L*)의 경우 가장 우수한 품질을 보이는 때를 정의한다면 “PSE처럼 너무 높지 않고, DFD처럼 너무 낮지 않은 수준” 이라 할 수 있으며 수치상으로는 앞서 연구 결론을

종합한 결과

- 50보다는 작으면서 축산과학원에서 제시한 DFD육 기준인 38보다는 높은 수준인 약 40~50 정도의 수준이 고급화 지표로서 명도의 수준으로 판단되었음
- 또한 육색 측정값이 나타난 돼지 네트워크 데이터 보고서에 활용된 자료를 통해 해당 범주에 속하는 도체의 출현율을 따진 결과 728두 중 65.25%가 해당하였음
- 65.25%의 출현율은 고급화 지표라는 관점에서 너무 많다고 느껴질 수 있는 출현율이었으나 지표가 1개가 아닌 3개가 더 있으므로 이를 복합적으로 생각하면 굉장히 낮은 수준의 범위가 나올 것으로 사료되므로 추가 연구에서 지표를 복합적으로 적용하여 이를 재확인할 필요가 있음

마. 기타 이외의 해당 연구용역에 필요한 조사·분석 및 개선안 제시 등

1) 돈육 품질 연구 관련 기술



[그림] 혈액 내 급성기 단백질 기반 테스트 원리

- 돈육 품질을 가장 정확하게 확인하는 방법은 도축 후 도체를 확인하는 것이나 육종을 위해 유전자를 후손에게 전달할 필요가 있다는 관점에서는 권장할 수 없는 방법
- 따라서 농장 단계에서 즉 사육 중에 생체를 대상으로 식육 품질을 예측이 가능한 급성기 단백질 기반 기술은 유용한 기술이 될 수 있음
- 본래 해당 기술은 동물의 건강을 예측하기 위한 기술이나 혈액 내 지표들을 통해 간접적으로 더 건강하고 생산성이 높은 돼지를 육종하고 선발하는데 활용될 수 있음

Water-holding capacity
 Water-holding capacity (WHC) is one of the most important pork quality traits as it improves the sensory appreciation of pork by consumers, affects the amount of saleable meat by reducing purge loss, and increases processing yield of the further processed products. In Q-PorkChains near-InfraRed (NIR) sensor technology was used to estimate WHC in pork hams and the potential of NIR as a sorting tool was evaluated. The techniques proved to be highly useful for the prediction of WHC at the slaughter line.

[그림] 보수력을 통한 돈육 품질 평가

- 보수력(WHC)은 소비자의 돼지고기에 대한 감각적 인식을 개선하고 육즙 손실과 가공육 제품의 수율을 증가시켜 판매 가능한 육류의 양에 영향을 미치기 때문에 돼지고기의 가장 중요한 품질특성 중 하나로 활용됨
- Q-Pork Chains(EU)에서는 NIR(근적외선) 센서 기술을 사용하여 돼지고기 햄의 WHC를 추정
- NIR의 가능성을 평가하였으며, 해당 기술은 도축 공정에서 WHC의 예측에 유용한 것으

로 입증

2) 품질 연구 사례

○ 미국 NPPC, 주요대학 공동 연구 사례(Moeller et al., 2010)

- 돈육 등심(n=679) 대상 품질특성 분석 결과와 소비자(n=2,280) 대상 기호도 평가를 실시한 미국의 한 연구 사례 중 일부 결과를 아래에 표시하였음

Table 5

Predicted^a mean consumer pork loin eating quality responses reported at designated pork loin intramuscular fat percentages.

Variable ^b	Intramuscular fat, %					
	1	2	3	4	5	6
Overall-Like	4.79	4.85	4.91	4.97	5.03	5.09
Juiciness-Like	5.14	5.16	5.20	5.24	5.28	5.32
Juiciness-Level	5.06	5.09	5.12	5.15	5.18	5.21
Tenderness-Like	4.90	4.93	4.96	4.99	5.02	5.05
Tenderness-Level	4.84	4.86	4.88	4.91	4.93	4.96
Flavor-Like	4.40	4.47	4.54	4.62	4.69	4.76
Flavor-Level	4.13	4.22	4.30	4.38	4.46	4.54
Likelihood of Purchase ^c	2.86	2.90	2.95	2.99	3.03	3.07

^a Modeled effects with independent variables loin cooked temperature, pH, Minolta L* color, and Warner-Bratzler Shear force at their respective mean values, and after adjustment for the city where consumer testing was conducted.

^b Consumer responses measured on an 8-point, end-anchored scale; 1 = Most unfavorable, 8 = Most favorable.

^c Consumer responses measured on a 5-point scale; 1 = Definitely Would Not Buy, 5 = Definitely Would Buy.

Table 6

Predicted^a mean consumer pork loin eating quality responses reported at designated pork loin pH levels.

Variable ^b	pH					
	5.40	5.60	5.80	6.00	6.20	6.40
Overall-Like	4.69	4.81	4.94	5.07	5.19	5.31
Juiciness-Like	4.84	5.04	5.24	5.43	5.62	5.81
Juiciness-Level	4.71	4.94	5.16	5.38	5.59	5.80
Tenderness-Like	4.59	4.79	4.99	5.19	5.39	5.58
Tenderness-Level	4.47	4.70	4.93	5.15	5.37	5.59
Flavor-Like	4.37	4.47	4.57	4.66	4.76	4.86
Flavor-Level	4.20	4.26	4.31	4.37	4.43	4.49
Likelihood of Purchase ^c	2.82	2.89	2.96	3.03	3.10	3.17

^a Modeled effects with independent variables loin cooked temperature, intramuscular fat percentage, Minolta L* color, and Warner-Bratzler Shear force at their respective mean values, and after adjustment for the city where consumer testing was conducted.

^b Consumer responses measured on an 8-point, end-anchored scale; 1 = Most unfavorable, 8 = Most favorable.

^c Consumer responses measured on a 5-point scale; 1 = Definitely Would Not Buy, 5 = Definitely Would Buy.

- 위 연구 결과를 바탕으로 근내지방 함량(Intramuscular fat), pH 증가에 따라 소비자 선호도도 증가하는 것을 확인할 수 있었음

○ 미국 연구 사례 : 버크셔 품종과 햄프셔 품종 간 비교(DAVID J. MEISINGER, 1996)

- 또 다른 미국 연구 내용 중 돈육의 품질이 고품질인 버크셔 품종과 상대적으로 저품질인 햄프셔 돈육을 대상으로 지방함량, pH 그리고 연도 및 가격에 따라 소비자 구매도를 조사한 결과를 확인할 수 있었음

TABLE 3.

Trait	NGEP ^b	Consumer Study Classes ^c		
		1	2	3
Total lipids, %	2.68	2.0≥	2.6-3.0	>4.0
INSTRON, kg	5.78	5.0≥	5.7-6.2	>6.5
Ultimate pH	5.84	5.65≥	5.8-5.9	>6.0
Cooking loss, %	23.9			
Cooked moisture, %	65.4			
Juiciness score	3.4			
Tenderness score	3.4			
Chewiness score	2.8			
Flavor score	2.0			
Cholesterol content, mg	56.1			
Raw Dry Matter, %	26.9			

TABLE 4. Observed v. Model Pork Purchase Levels.

pH	Lipid	Instron	Pork Price	Est.% Buy Pork	pH	Lipid	Instron	Pork Price	Est.% Buy Pork
			1.99	0.47				1.99	0.66
			2.74	0.36				2.74	0.55
1	1	1	3.49	0.26	1	3	1	3.49	0.43
			4.24	0.18				4.24	0.32
			4.99	0.12				4.99	0.22
			1.99	0.40				1.99	0.59
			2.74	0.29				2.74	0.47
1	1	3	3.49	0.20	1	3	3	3.49	0.36
			4.24	0.14				4.24	0.26
			4.99	0.09				4.99	0.18
			1.99	0.51				1.99	0.44
			2.74	0.39				2.74	0.32
3	1	1	3.49	0.29	3	1	3	3.49	0.23
			4.24	0.20				4.24	0.16
			4.99	0.13				4.99	0.10
			1.99	0.70				1.99	0.66
			2.74	0.59				2.74	0.55
3*	3	1	3.49	0.47				3.49	0.43
			4.24	0.35				4.24	0.32
			4.99	0.25				4.99	0.22

*This is the highest quality combination of traits.

- 위 연구에서는 지방함량, pH, 연도의 수준에 따라 각각 3그룹별로 비교하였고 여러 개의 경우의 수 중 가장 높은 품질을 나타낸 pH 3(pH 6초과), 지방함량 3(4%), 연도가 1(5 이하)인 그룹 내에서도 가격이 쌀수록 소비자 구매도가 증가하는 것으로 확인되었음

○ 폴란드 정상육과 이상육 간 품질 특성 비교 분석 사례(Chmiel et al., 2011)

- 폴란드에서는 이와 유사하게 pH를 대상으로 하였지만 추가적으로 명도(L*)값과 전기전도도를 통해 정상육(n=16)과 이상육(n=16) 간의 유의적인 차이를 조사한 연구를 진행한 바 있었음

Table 1
Decision criteria for meat classification (Pospiech, 2000).

Meat quality class	pH	Electrical conductivity [mS]	L*
RFN	5.5–5.7	≤ 10	43–50
PSE	≤ 5.5	> 10	> 50

Table 2
Characteristics of pork meat slices of the longissimus muscle classified as PSE or RFN meat.

Meat quality class		pH	EC	L*
PSE (n = 16)	X	5.49 ^a	10.65 ^b	56.01 ^b
	SD	0.03	0.56	1.62
RFN (n = 16)	X	5.64 ^b	8.46 ^a	48.44 ^a
	SD	0.03	0.44	0.52

EC – electrical conductivity [mS].

X – average.

SD – standard deviation.

^{a, b} – values, in columns, with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$.

- 위 연구의 특징은 Photography of meat slices, specialized Image Analyzer software (Developed for Division of Meat Technology, Warsaw University of Life Sciences, Poland)를 활용하여 32개의 샘플에 대해 이미지 분석을 통해 얻은 결과값을 바탕으로 진행하였다는 점이며 그들이 제시한 3가지 지표 pH, 전기전도도, 명도(L*) 모두 유의적인 차이를 보였음

○ 미국의 버크셔와 요크셔 교잡종 525두 대상 연구 사례(Huff-Lonergan et al., 2002)

Table 3. Correlations between pork carcass measurements and biochemical measurements of porcine longissimus muscle and sensory characteristics

Item	Carcass weight	10th-rib backfat	Loineye area	Loin Hunter L (48 h)			Ia/Ib	Glycogen	Lactate	Glycolytic potential	% Lipid	Cholesterol
				pH 24 h	pH 48 h							
Color	0.06 (0.18)	-0.10 (0.02)	0.07 (0.13)	0.30 (0.003)	0.28 (0.0001)	-0.69 (0.0001)	0.13 (0.003)	-0.18 (0.0001)	-0.27 (0.0001)	-0.30 (0.0001)	-0.15 (0.0001)	-0.07 (0.03)
Marbling	0.09 (0.04)	0.38 (0.0001)	-0.25 (0.0001)	0.13 (0.003)	0.15 (0.0006)	0.04 (0.35)	0.06 (0.18)	-0.08 (0.06)	-0.10 (0.02)	-0.12 (0.01)	0.57 (0.0001)	0.09 (0.04)
Firmness	0.08 (0.06)	0.24 (0.0001)	-0.11 (0.01)	0.20 (0.0001)	0.21 (0.0001)	-0.20 (0.0001)	0.11 (0.01)	-0.08 (0.07)	-0.23 (0.0001)	-0.22 (0.0001)	0.31 (0.0001)	0.02 (0.72)
% Drip loss	0.01 (0.83)	0.01 (0.88)	0.02 (0.64)	-0.33 (0.0001)	-0.28 (0.0001)	0.33 (0.0001)	-0.10 (0.03)	0.21 (0.0001)	0.34 (0.0001)	0.36 (0.0001)	-0.01 (0.83)	0.001 (0.97)
% Cook loss	-0.03 (0.4853)	0.11 (0.0154)	-0.06 (0.1853)	-0.20 (0.0001)	-0.20 (0.0001)	0.31 (0.0001)	0.02 (0.5776)	0.21 (0.0001)	0.19 (0.0001)	0.24 (0.0001)	0.12 (0.006)	0.07 (0.0989)
Star Probe	-0.01 (0.74)	-0.19 (0.0001)	0.22 (0.0001)	-0.31 (0.0001)	-0.29 (0.0001)	0.28 (0.0001)	-0.08 (0.08)	0.25 (0.0001)	0.24 (0.0001)	0.30 (0.0001)	-0.14 (0.002)	0.08 (0.10)
Tenderness score	0.03 (0.57)	0.19 (0.0001)	-0.18 (0.0001)	0.27 (0.0001)	0.28 (0.0001)	-0.15 (0.0004)	0.02 (0.59)	-0.20 (0.0001)	-0.28 (0.0001)	-0.31 (0.0001)	0.19 (0.0001)	-0.12 (0.01)
Juiciness score	0.09 (0.04)	0.01 (0.83)	0.07 (0.09)	0.17 (0.0001)	0.15 (0.001)	-0.02 (0.64)	-0.06 (0.18)	-0.07 (0.11)	-0.22 (0.0001)	-0.21 (0.0001)	0.05 (0.27)	-0.09 (0.04)
Flavor score	0.05 (0.27)	0.24 (0.001)	-0.16 (0.0001)	0.25 (0.0001)	0.32 (0.0001)	-0.04 (0.38)	-0.01 (0.86)	-0.13 (0.003)	-0.23 (0.0001)	-0.24 (0.0001)	0.23 (0.0001)	-0.04 (0.41)
Off-Flavor score	0.14 (0.002)	-0.21 (0.0001)	0.10 (0.03)	-0.23 (0.0001)	-0.32 (0.0001)	0.12 (0.01)	0.01 (0.86)	0.07 (0.14)	0.20 (0.0001)	0.19 (0.0001)	-0.19 (0.0001)	-0.02 (0.60)

Upper row = phenotypic correlations, bold values indicate significant correlations. P-values for difference from zero in parentheses.

- pH를 비롯하여 명도, 경도, 연도, 육즙감량 등 다양함 품질 특성 간의 상관관계를 표시

한 결과로 이 중 pH와 명도는 경도와 연도, 육즙감량과 가열감량과 상관관계가 있음이 확인되었음

○ 캐나다의 초분광(Hyperspectral) 이미지 기술 기반 예측 연구(Qiao et al., 2007)

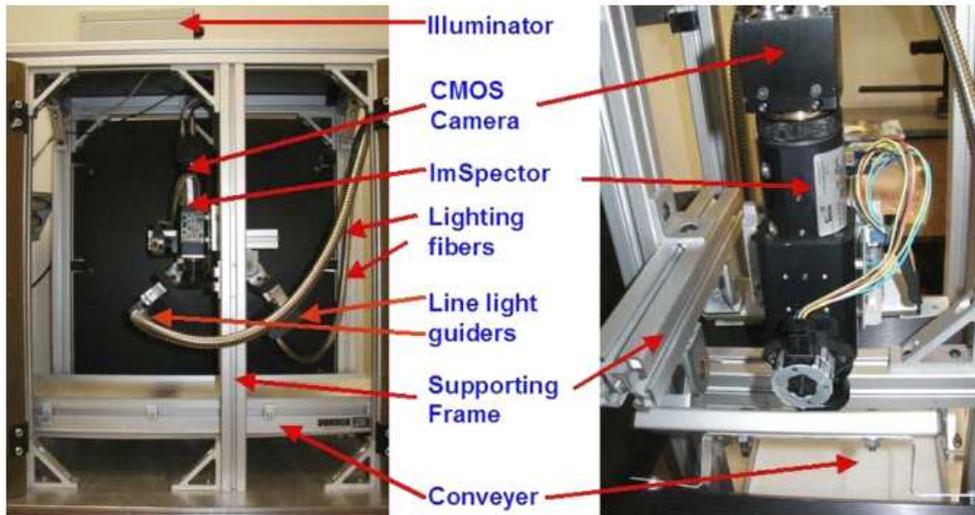


Fig. 1. The hyperspectral imaging system.

Table 3. Intercorrelation coefficients among drip loss, pH and color L^* measured with the conventional methods

	RFN	PFN	PSE	RSE
Drip loss to pH	-0.38	0.10	0.55	-0.65
Drip loss to color L^*	0.20	-0.23	-0.38	0.52
pH to color L^*	-0.37	-0.63	-0.47	-0.81

- 해당 연구는 정상육(RFN)과 보다 세분화된 이상육(PFN, PSE, RSE)으로 구분하여 각각 20개씩의 샘플을 준비하여 총 80개의 샘플에 대해 초분광 기술을 통해 얻은 결과값을 바탕으로 pH와 육즙감량, 명도 간의 상관관계를 분석하였음
- 정도의 차이는 있었으나 상관분석 결과를 통해 육즙감량, pH, 육색 간의 상관관계가 모두 확인되었음

○ 폴란드의 컴퓨터 시각 시스템(computer vision system, CVS) 활용한 예측 연구(Chmiel et al., 2016)

- 해당 연구는 100개의 샘플을 준비하였으며 다른 연구와 달리 등심이 아닌 넓적다리 뒷부위 국내에서는 후지라고 불리는 부위를 연구에 사용하였음
- 해당 연구 역시 이미지 기반인 IMAGE ANALYZER 소프트웨어를 통한 분석(Division of Meat Technology at Warsaw University of Life Sciences, 폴란드)을 진행하였으며 pH의 기준에 따라 정상육과 이상육 그룹으로 구분한 후 그룹 간 육즙 감량, 가열감량, 보수

력 등을 비교하였음

Table 1

Selected quality attributes of the analyzed pork meat (average \pm standard deviation).

Parameters	RFN (n = 54) normal meat pH > 5.5	PSE (n = 46) exudative meat pH \leq 5.5
pH	5.70 \pm 0.10	5.47 \pm 0.02
Drip loss (%)	1.9a \pm 0.9	4.2b \pm 1.5
Thermal drip (%)	5.1a \pm 3.7	8.2b \pm 5.5
WHC (cm ² /g)	14.7a \pm 3.7	20.1b \pm 3.6

a, b – means in the same row with different superscripts differ significantly (P \leq 0.05).

- 해당 연구 결과에서 보여주듯이 육즙감량, 가열감량, 보수력 형질 모두 정상육과 이상육 간 유의적인 차이가 확인되었음

○ 국내 연구 사례 : 돈육 등심 100두 대상 상관분석 연구(Lee et al., 2023)

Table 2. Correlation of pork loin quality properties (experiment 1)

	pH	CIE L*	CIE a*	CIE b*	Moisture	Protein
CIE L*	-0.65***					
CIE a*	-0.04	-0.28**				
CIE b*	-0.48***	0.54***	0.50***			
Moisture	0.05	-0.15	-0.25*	-0.35**		
Protein	-0.10	-0.05	0.07	0.07	0.01	
Cooking loss	-0.35**	0.02	0.11	-0.15	0.15	-0.38***

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001.

- 국내에서 진행된 연구에서도 해외 사례와 유사한 형태의 연구들을 확인이 가능하였으며 해당 연구는 육색 관련 형질인 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)와 수분 함량, 단백질 함량, 가열감량 간의 상관 분석을 제시한 연구였음
- 이 중 pH와 명도, pH와 가열감량 간의 상관 관계가 확인되었으며 이는 앞서 제시한 해외 연구 사례와도 유사한 결론을 보여주고 있었음

○ 국내 연구 사례 : 랜드레이스와 제주 흑돈 교잡종 419두 활용 연구(문 등, 2009)

- 해당 연구는 육색 관련 연구를 보다 더 자세하게 살피고자 채도와 색조값을 추가로 조사하여 이를 품질 관련 특성과 비교한 연구로 이 중 pH나 가열감량 등의 품질과 가장 높은 상관관계를 보인 육색값은 명도(L*)로 확인되었음

Table 2. Correlation coefficients between color and WHC measurements of pork loin

Item	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)	Chroma (C*)	Hue (h)
Cooking loss (%)	0.36**	0.23**	0.35**	0.25**	0.34**
Filter paper fluid (mg)	0.49**	-0.09	0.19**	-0.04	0.37**
Drip loss (%)	0.52**	-0.04	0.24**	0.01	0.42**

** : p<0.01.

Table 3. Correlation coefficients between quality measurements and moisture content, crude fat and pH of pork loin

Item	Lightness (L*)	Drip loss (%)	Cooking loss (%)
Moisture content (%)	-0.14**	0.16**	0.11*
Crude fat (%)	-0.00	-0.26**	-0.06
pH	-0.67**	-0.42**	-0.39**

* : p<0.05 ** : p<0.01.

○ 국내 연구 사례 : 3원 교잡종에서 품질 관련 요인 및 관능 특성 간의 상관관계 연구(Hwang et al., 2020)

- 해당 연구는 96개의 3원 교잡종의 등심 샘플과 8명의 전문 패널을 통한 관능 평가를 실시한 결과를 바탕으로 상관분석을 진행한 결과로 소비자의 기호와 관련된 요인이 품질 관련 요인 중 어느 요인과 가장 상관 관계가 높게 나타나는지 확인한 실험이었음

Table 3. Correlation coefficients (r) between sensory properties, meat quality traits and carcass weight of high-market weight pigs

Measurements	Flavor	Juiciness	Tenderness	Palatability
Carcass weight	0.59***	0.28	-0.70***	0.20
Backfat thickness	0.50***	0.31**	-0.56***	0.33***
IMF (%)	0.55***	0.26	-0.58***	0.22
pHu	0.15	0.65***	-0.22	0.57***
CIE L*	-0.11	-0.64***	0.22	-0.53***
CIE a*	0.51***	0.35***	-0.43***	0.35***
CIE b*	-0.06	0.03	-0.02	0.04
Drip loss (%)	-0.14	-0.74***	0.25	-0.61***
Cooking loss (%)	-0.19	-0.19	0.16	-0.13
Released water (%)	-0.15	-0.15	0.28**	-0.19
WBSF	0.49***	0.24	-0.85***	0.18

*p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.

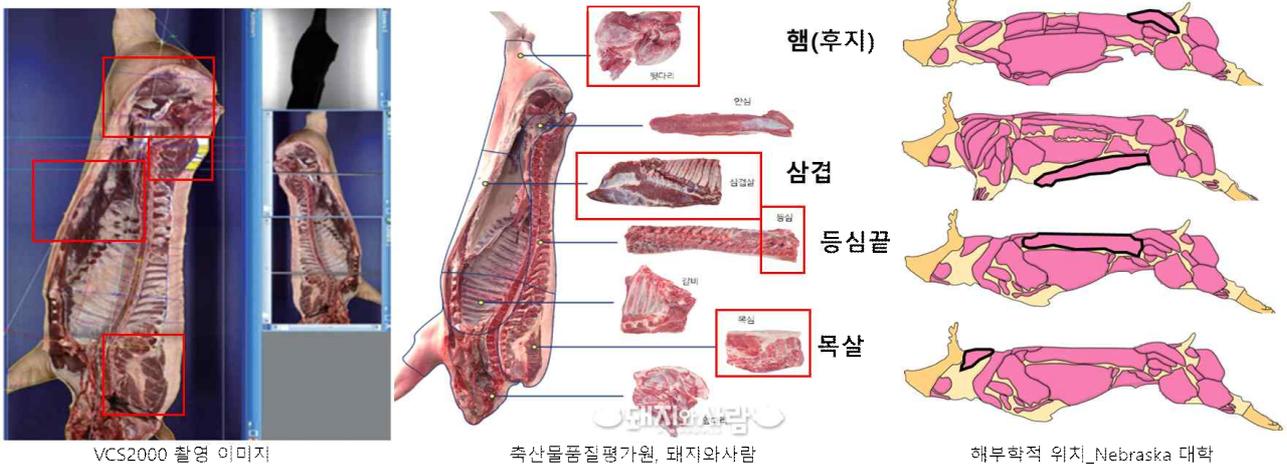
IMF, intramuscular fat; WBSF, Warner-Bratzler shear force.

- 위 결과에서 다즙성과 기호성은 pH와 명도, 육즙감량에 상관관계를 보였으며 동일한 패턴으로 미루어보아 다즙성이 우수할수록 소비자의 기호성도 좋은 것으로 보여짐
- 또한 풍미와 연도는 공통적으로 근내지방함량과 전단력과의 상관관계가 확인되었으며 풍미는 예외적으로 적색도와도 상관관계가 확인되었음
- 이를 달리 표현하자면 근내지방함량과 전단력은 풍미와 연도에 그리고 보수력(육즙감량)은 다즙성과 기호성에 관련이 깊다고 할 수 있음

- 품질 지표에 대한 위 국내·외 선행 연구 사례를 통해 의견을 아래와 같이 정리하였음
 1. 해외를 비롯, 국내 역시 품질 요인을 통한 상관관계 규명 연구가 활발히 진행되었음
 2. 최근 경향은 인간의 주관적인 판단(수동 판단)을 배제하고 빛을 이용한 측정과 이미지 판별 소프트웨어를 통한 자동 판단을 이용한 연구 역시 진행되고 있음
 3. 주요 품질 요인으로는 보수력 관련 요인(가열감량, 육즙감량도 포함), 육색 중 명도(L*), pH, 근내지방함량(IMF) 등이 있었음
 4. 또한 여러 상관 분석 결과를 통해 해당 품질 요인들 간에는 유의적인 관계가 있음(고도의 상관)
 5. 결정적으로 미국 연구와 국내 연구 사례를 통해 위와 같은 요인들이 소비자의 기호도 에도 깊은 상관관계를 가지거나 또는 영향을 주는 것으로 확인됨
 6. 또한 유통관계자의 의견에서 나온 현장에서 하루 수만 두의 온도체 상태에서 판별 어려움에 대해서도 기기를 이용한 자동 판단 시스템을 도입함으로써 원활하게 해결함이 가능해질 것으로 판단
 7. 결론적으로 위에서 언급한 주요 품질 요인에서 시스템을 통한 자동 판단이 가능한 고급화 지표를 탐색하는 것이 바람직함

3) 육색(명도) 측정을 위한 측정 부위 제시(안)

- 등심을 위주로 측정하여도 전체적인 품질이 비슷한 소 도체와 달리 돼지 도체는 부위에 따른 품질 차이가 크게 나타나 특정 대표 부위를 정하여 측정하여도 정확하지 못한 경우가 많음
- 따라서 주요 부위와 도체 상태에서의 환경을 고려하여 다음 4부위를 제안하고자 함



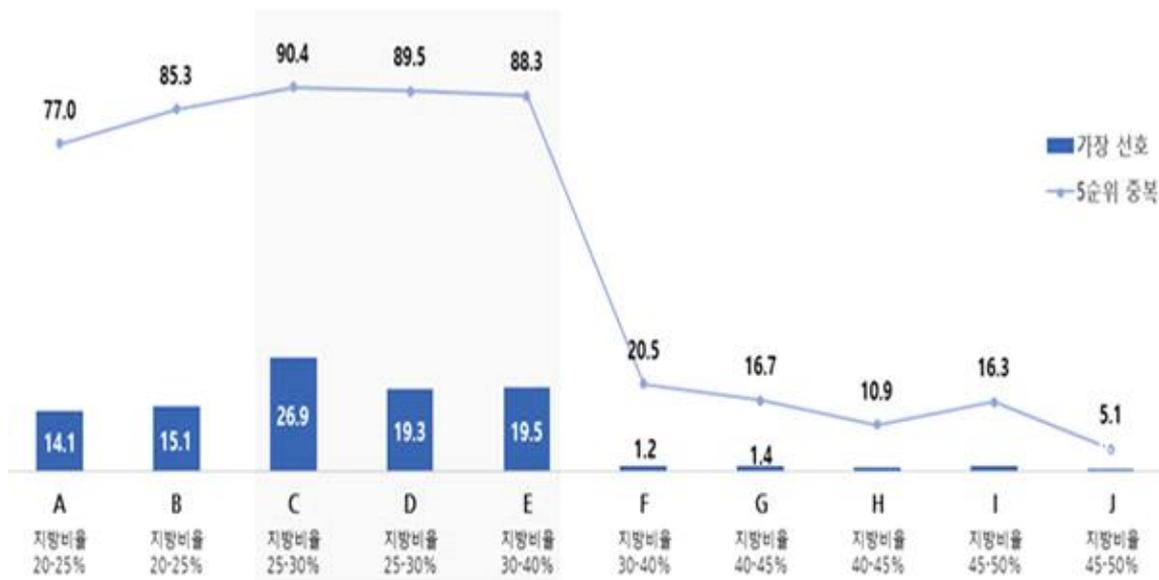
[그림] 육색 측정 부위 제시 4부위 : 햄(후지), 삼겹살, 등심끝, 목살

4) 주요 부위 삼겹살에 대한 분석

- 해당 분석은 국내 소비자가 구이용으로 가장 많이 찾는 부위인 삼겹살 2021년도 축산물 품질평가원에서 삼겹살 소비형태 관련 소비자 설문조사 결과 지방비율이 25~30%인 것을 가장 선호하고 그 다음으로 30~40% 지방분산형 모양인 것으로 확인되었음 (출처: 한돈포크)



(전체 응답자 n=1,500 / 단위 : %)



- 또한 VCS2000에서 확보되는 삼겹살 거래 정육 내 지방함량별로 비교한 결과 경락단가가 높게 나온 그룹은 31~35% 그룹, 그다음이 26~30%인 그룹으로 위에서 언급한 소비자 선호도 조사와 비슷한 수준으로 보여짐

[표] 삼겹살 지방함량 그룹별 경락단가, 규격 등급 등 비교 결과

구분	N	경락단가	도체중	등지방두께	거래정육(정형한) 삼겹살	순삼겹살 고기량	거래정육 내 삼겹살 지방함량	삼겹살 거래정육율	총 단가 (낙찰단가+거래정육률)
A	465	4,922 ^d	76.86 ^c	15.60 ^f	9.92 ^b	7.55 ^e	14.99 ^f	71.93 ^a	48,840
B	12,709	5,306 ^c	79.62 ^d	18.00 ^e	10.29 ^d	7.55 ^e	19.48 ^e	69.74 ^b	54,588
C	46,931	5,714 ^b	83.05 ^c	21.02 ^d	10.91 ^c	7.52 ^e	23.57 ^d	66.49 ^c	62,319
D	19,944	5,997 ^a	87.43 ^b	24.92 ^c	11.85 ^b	7.46 ^e	27.72 ^c	61.36 ^d	71,081
E	1,380	6,014 ^a	90.98 ^a	29.08 ^b	12.76 ^a	7.27 ^e	32.31 ^b	55.32 ^e	76,730
F	28	5,797 ^b	91.21 ^a	30.14 ^a	12.91 ^a	7.16 ^e	37.20 ^a	53.55 ^f	74,823

A : 15% 이하, B = 16~20%, C = 21~25%, D = 26~30%, E = 31~35%, F = 36% 이상

5) 소비자 선호도 지표 탐색

○ 연도(Tenderness)

- 고기의 연도는 여러 가지 요인이 작용하는 저작하기 쉬운 정도에 기반한다. 기본적으로 육질의 연도는 결합 조직의 양과 용해도, 사후 강직 중 근절 단축, 근섬유 및 근섬유 관련 단백질의 사후 단백질 분해로 결정(Koohmaraie and Geesink, 2006)
- 근육 내 지방은 육질의 부드러움에 간접적으로 영향을 미침(Hocquette et al., 2010)
- 근절 길이는 부드러움에 영향을 미치고 저온 단축은 육질의 단단함과 관련이 있음(Lepetit et al., 2000)
- 단백질 분해 효소와 도축 후 단백질 분해는 고기의 연도에 영향을 미침(Koohmaraie and Geesink, 2006)
- 고기에 결합 조직이 많을수록 질긴 특성이 있음(Warner et al., 2010)

○ 다즙성(Juiciness)

- 육즙은 초기 체액 방출과 타액 흐름에 대한 지방의 자극 효과로 인한 지속적인 육즙의 결합 효과로 구성(Savell and Cross, 1988)
- 지방은 고기의 보수력 향상, 조리하는 동안 근섬유를 윤활하게 하고, 고기의 연도를 증가시켜 육즙에 영향을 미치고, 씹는 동안 침의 흐름을 자극함으로써 육즙에 영향을 미칠 수 있음(Savell and Cross, 1988)
- 육즙과 직접적으로 근육 내 지방과 관련이 있음(Thu, 2006)
- 보수력이 높은 고기는 육즙함량이 더 높음

○ 풍미(Flavor)

- 지방은 고기의 풍미에 관련된 주요 요소이며(Thu, 2006), 지방은 가열하는 동안 아미노산과 반응하여 풍미 성분을 생성
- 지방산은 산화 시 강한 풍미를 가진 카르보닐 화합물을 생성(Price, 1971)

- 지방은 가열 시 방출되는 악취 화합물의 저장소 역할을 할 수 있음
- 지방에서 방출되거나 중성지방(트라이글리세라이드) 또는 인지질 분획물에서 생성된 휘발성 화합물은 돼지고기의 종별 풍미의 원인이 될 수 있음(Savell and Cross, 1988)

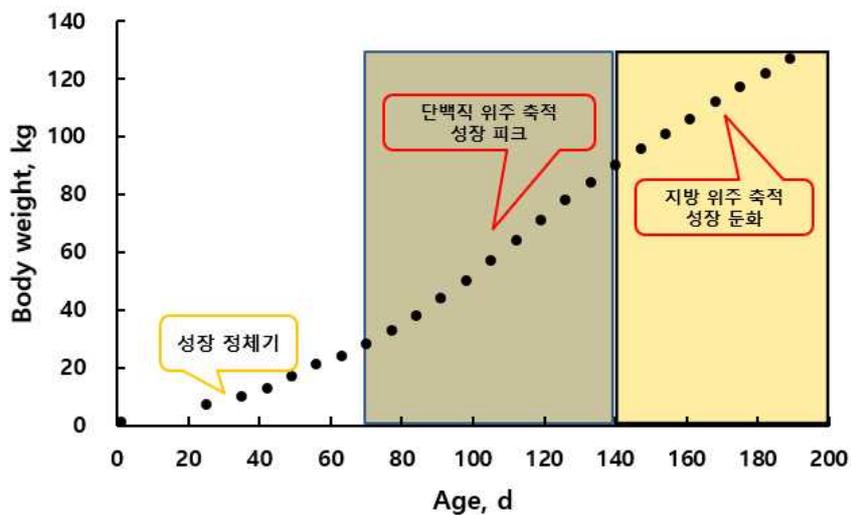
6) 돈육 품질에 영향을 미치는 요인 조사

- 돈육 품질에 영향을 미치는 요인 조사 과정에서 정리한 이론적 내용으로 돈육 품질은 도체 지방 함량 및 구성에 따라 영향을 받는 내용임

Color	Taste	Juiciness	flavour
Myoglobuline	Fat	Water binding capacity	Fatty acid profile
Fat	Storage of meat	Intra muscular fat	Sexual odour
	Collagene		
	Intra muscular fat		

[그림] 소비자 선호 지표와 그에 영향을 주는 고기 구성 성분 또는 품질 지표

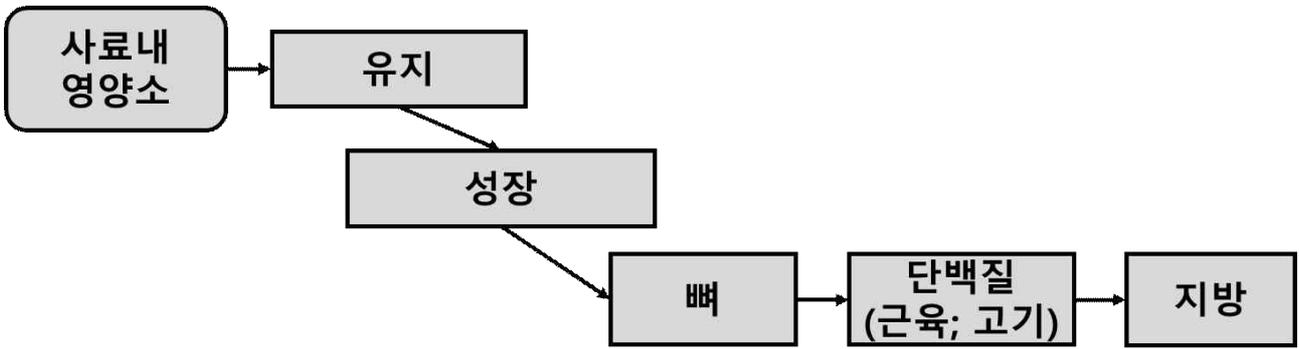
- 돼지의 성장곡선 : 돼지의 나이에 따른 성장 패턴 차이



[그림] 일령별 돼지 성장 패턴

- 21일 ~ 70일; 성장 정체기 : 이유 스트레스
- 70일 ~ 140일; 성장 피크 : 단백질 축적 위주의 성장
- 140일 ~ 출하; 성장 둔화 : 지방 축적 위주의 성장

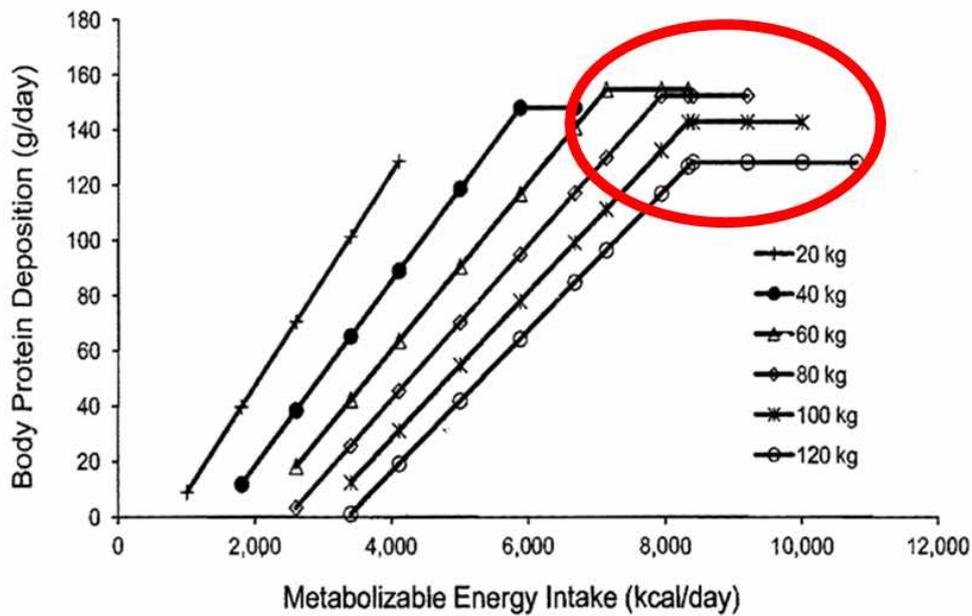
○ 돼지의 성장 특성



[그림] 에너지 사용 우선 순위

- 성장에 따라 단백질 축적 능력이 감소하고 지방 축적 능력이 증가
- 단백질 축적 능력은 유전적으로 제한되나 지방 축적 능력은 제한이 없음

○ 과에너지 섭취 (NRC, 2012)

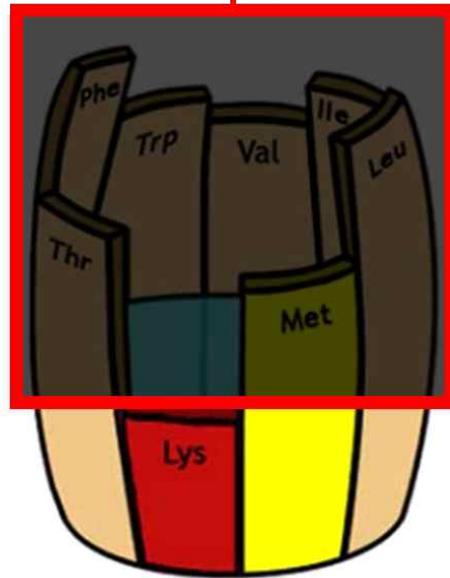
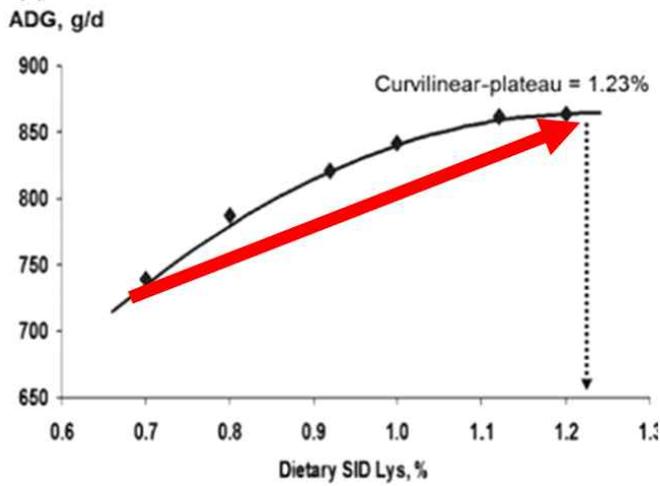


[그림] 에너지 섭취량 단백질 축적 간 관계

- 잉여 에너지 섭취는 불필요한 지방 축적을 초래함
- 단백질 축적 능력에 영향을 미치지 않지만 지방 축적은 증가됨

○ 아미노산 불균형 (제 1제한 아미노산인 라이신 결핍시)

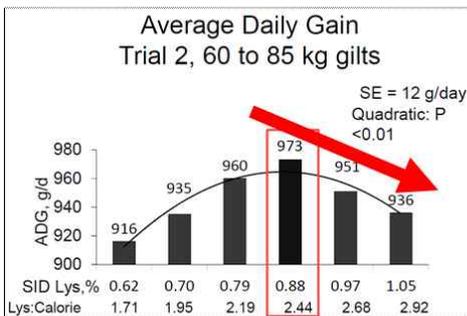
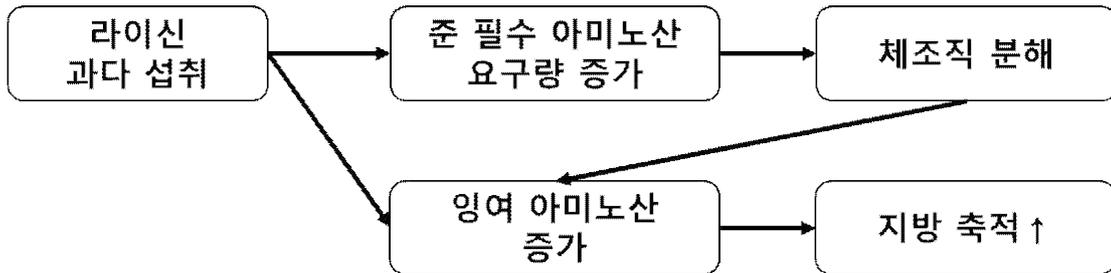
잉여 아미노산의 배출 및 지방 전환



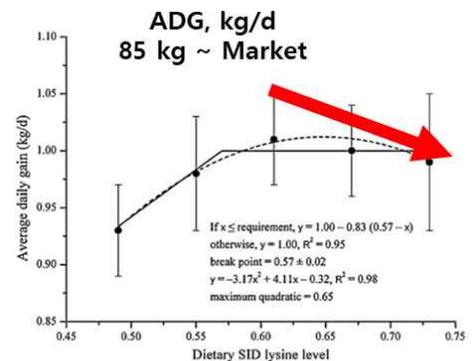
[그림] 아미노산이 미치는 영향 (Ho et al., 2018)

- 체내 단백질 축적률 감소
- 지방 축적 증가
- 질소 배출량 증가

○ 아미노산 불균형(제 1제한 아미노산 라이신 과다 섭취시)



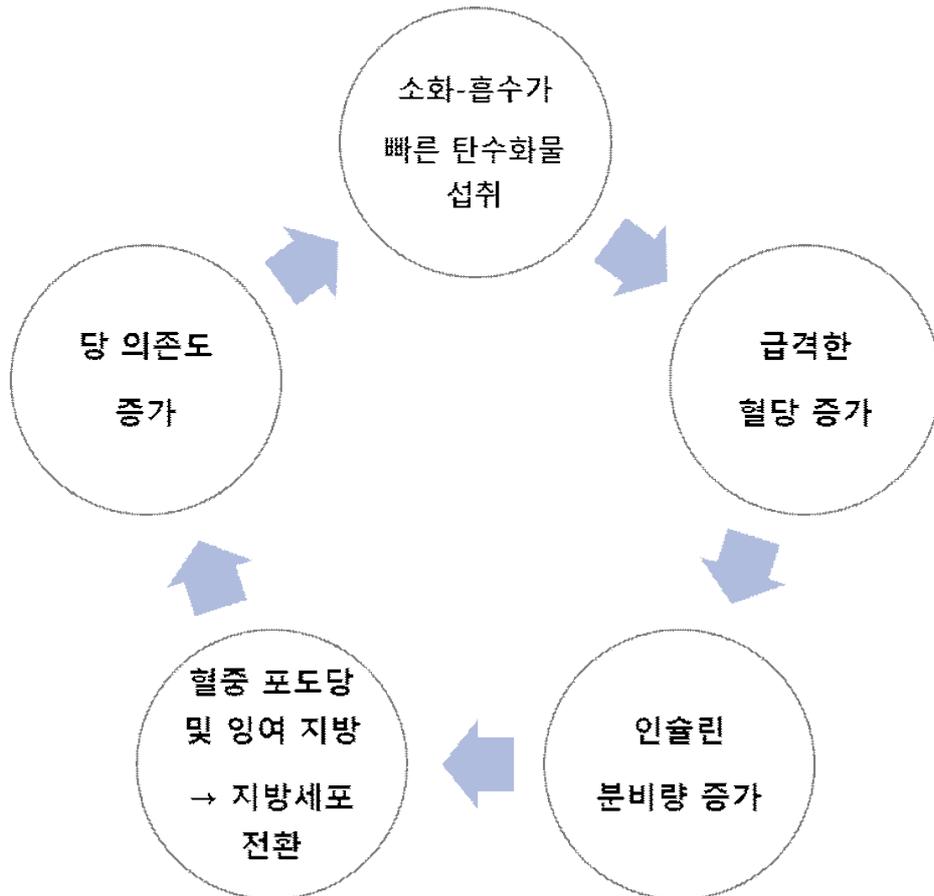
(Main et al., 2008)



(Ma et al., 2015)

○ 사료 내 원료 사료에 따른 품질 영향

- 소화-흡수 속도가 빠른 탄수화물을 함유한 곡물 섭취시 (옥수수 위주)
- 아래와 같은 기작으로 인해 급격한 혈당 증가로 지방 축적 초래



[그림] 소화 및 흡수가 빠른 탄수화물 섭취시 지방 축적 증가 기작

- 반대로 느린 탄수화물 소화-흡수 시에는 지방 축적 감소
- 내장 발달 : 정육량 감소

Table 7. Effect of dietary fiber level before marketing on finishing pig carcass characteristics¹

	Treatment						SEM
	1	2	3	4	5	6	
d 0 to 43	Low ²	High ³	High	High	High	High	
d 43 to 67	Low	Low	Medium ⁴	High	High	High	
Item d 67 to 90:	Low	Low	Medium	Low	Medium	High	
Carcass yield, ⁵ %	73.2	72.9	71.6	73.0	72.4	71.7	0.3
HCW, kg	88.3	89.0	88.0	88.9	88.0	87.0	1.2
Backfat depth, ⁶ mm	18.8	18.4	17.5	18.3	18.9	16.8	0.5
Loin depth, ⁶ mm	58.4	59.8	58.6	59.2	57.1	59.3	1.1
Lean, ⁶ %	53.0	53.4	53.6	53.3	52.7	54.0	0.3
Jowl iodine value	68.4	70.6	75.8	74.8	76.6	78.5	0.9

¹A total of 264 pigs [327 × 1050, PIC (Hendersonville, TN); initial BW = 41.0 ± 1.1 kg] were used in this 90-d study; 6 pens per treatment and 7 or 8 pigs per pen.

²Refers to low fiber corn-soybean meal-based diet without distillers dried grains with solubles (DDGS) or wheat middlings (midds).

³Refers to high-fiber diet with 30% DDGS and 19% midds.

⁴Refers to medium-fiber diet with 15% DDGS and 9.5% midds.

⁵Percentage yield was calculated by dividing HCW by live weight obtained at the farm before transport to the packing plant.

⁶Adjusted by using HCW as a covariate.

(Asmus et al.,2014)

- 불포화지방산 함량이 높은 원료 사료 활용시 (옥수수주정박)
- 비육기 불포화지방산 과다 섭취는 연지방 발생 증가

Table 3. Effects of dietary distillers dried grains with solubles (DDGS) and sex on carcass and LM characteristics

Item	Diet ¹				Sex		Pooled SE	P-value		
	D0	D10	D20	D30	Barrows	Gilts		Diet	Sex	Diet × sex
No. of pigs	16	16	16	16	32	32				
No. of pens	16	16	16	16	32	32				
Carcass										
Slaughter wt, kg	129.0	129.3	130.2	128.9	129.9	128.8	3.27	0.65	0.14	1.00
HCW, kg	100.5	100.5	100.4	98.8	100.5	99.6	2.21	0.23	0.23	0.90
Dressing % ²	77.93	77.69	77.11	76.73	77.35	77.38	0.30	<0.001	0.91	0.29
Last-rib backfat depth, ³ cm	2.92	2.90	2.87	2.74	2.95	2.77	0.07	0.11	0.01	0.14
Fat-free lean, ³ %	49.92	49.92	50.15	50.57	49.79	50.49	0.31	0.14	<0.001	0.14
LM										
Ultimate pH	5.63	5.64	5.62	5.65	5.64	5.63	0.01	0.21	0.16	0.75
Marbling ^{2,3}	2.82	2.74	2.43	2.42	2.84	2.37	0.16	0.02	0.02	0.56
Firmness ³	2.83	2.77	2.65	2.52	2.79	2.60	0.11	0.03	0.03	0.63
Drip loss, %										
d 1	3.14	3.73	3.31	3.11	3.28	3.37	0.68	0.76	0.84	0.81
d 14	1.03	1.41	1.60	1.42	1.22	1.52	0.34	0.52	0.26	0.45
d 21	1.08	1.43	1.04	1.36	1.23	1.23	0.40	0.69	0.99	0.81
d 28	1.53	1.68	1.30	1.74	1.49	1.64	0.33	0.55	0.51	0.51
Overall	1.70	2.07	1.81	1.91	1.81	1.94	0.21	0.37	0.38	0.15

¹D0 = corn-soybean meal control diet; D10 = diet containing 10% DDGS; D20 = diet containing 20% DDGS; D30 = diet containing 30% DDGS.

²Linear effect of DDGS content ($P < 0.01$).

³Linear effect of DDGS content ($P < 0.05$).

(Xu et al.,2010)

- 육질 관련 영양소별 주는 영향

영양소	육질 관련 영양소별 영향
L-카르니틴	아미노산의 일종, 지방산 대사에 관여, 정육 생산량 증가, 지방축적 감소
CLA	지방산의 일종, 체내 지방합성 억제, 마블링 개선 및 보수력 개선
비타민	메틸기를 공급하는 전구물질, 정육량 개선 및 육색 개선 효과
Vitamin E	천연 항산화제, 돈육 내 지질산화 방지, 저장성 향상
Vitamin C	천연 항산화제, 육색 및 육즙 손실 개선, 돈육 pH 증가
Vitamin D ₃	비타민, 칼슘 흡수도와 고기의 연도 개선 효과
셀레늄	광물질, 항산화제, 세포막 내 지질 산화 억제
크롬	광물질, 탄수화물 대사에 관여, 정육량 개선
마그네슘	광물질, 도축시 스트레스 감소, PSE육 출현 감소

7) 지표 탐색 과정 중 지표별 추가 연구 내용

○ 마블링(근내지방도) & 근내지방(함량)

- 마블링은 고기의 근육 내에 존재하는 지방을 말함. 마블링은 고기의 연도, 풍미 및 육즙에 영향을 줄 수 있으며 마블링은 pH 및 보수력과 같은 다른 특성과 상관관계가 있을 수 있음
- 마블링은 단단함(0.37), 부드러움(0.21), 풍미(0.20)와 양(+)의 상관관계가 있고, 수분 함량(-0.88), 드립감량(-0.12), 가열감량(-0.11), 연도(-0.27), 이취(-0.15)와 음(-)의 상관관계가 있는 것으로 보고(Huff-Lonergan et al., 2002; Watanabe et al., 2018)
- 마블링은 pH와 양(+)의 상관관계(0.32)가 있는 것으로 보고(Watanabe et al., 2018)

○ 보수력

- 보수력은 고기의 연도와 육즙에 큰 영향을 미치며 보수력이 높은 돼지고기는 일반적으로 더 부드럽고 풍미가 좋은 것으로 알려져 있음
- 보수력은 pH, 마블링, 가열감량과 같은 다른 특성과 상관관계가 있음을 보고하였음 (Huff-Lonergan et al., 2002; Watanabe et al., 2018)
- 적정 최적치가 아닌, 수치가 높을수록 품질이 우수한 지표이고 모두가 동의하는 품질 요인
- Hughes et al.(2014)는 보수력이 육질의 연도, 육즙과 같은 품질뿐만 아니라 경제적 목적과도 관련이 있음을 보고하였으며 고기 근육은 약 75%의 물을 포함하고 대부분 물(85%)은 근원섭유에 있음
- 이 물은 근육 단백질의 가소제 역할을 하며 단백질 변성 및 조리 온도 증가에 따른 근섭유 부피 감소의 결과로 근섭유 격자 구조에서 물이 손실

- 근원섬유 격자에서 물 분자가 나오면 더 많은 빛이 산란되어 결과적으로 육색의 밝기 수치가 증가하며 따라서 어두운색의 고기는 밝은색의 고기보다 보수력이 높음을 알 수 있음

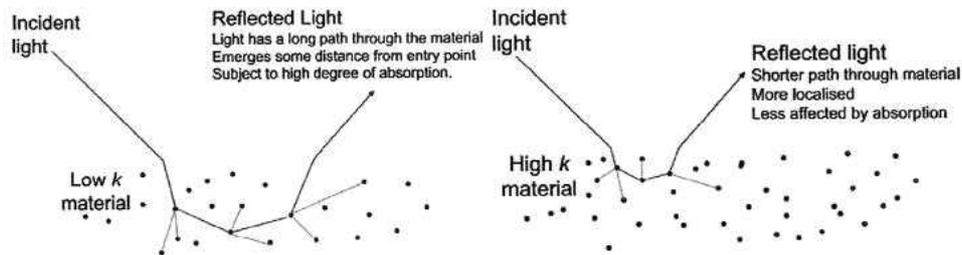


Fig. 10. Light propagation through a material with low scattering (left) or high scattering (right), where the parameter k is a function of both the ability of a particle to scatter and its concentration in a medium (McCunnigle, 2012). In this example, the low scattering material could be high pH or dark meat and the high scattering material could be low pH or light coloured meat. The medium could be any components of the muscle e.g. muscle fibres, myofibrils, sarcoplasmic proteins, etc.

- pH는 고기의 육색(명도) 뿐만 아니라 보수력과도 상관관계가 있음
- 사후 강직 동안 pH가 감소하여 근원섬유 단백질이 변성되고 최종적으로 격자에서 물 분자가 분리됨, 따라서 pH가 감소하면 굴절이 증가하고 광 산란이 증가하며 투과율이 감소하고 밝기가 증가

○ 가열감량(보수력 관련 지표)

- 가열감량은 조리하는 동안 육즙이 손실된 고기 무게의 백분율을 나타내며 가열감량이 낮은 돼지고기는 일반적으로 더 부드럽고 육즙을 많이 가지고 있음
- 가열감량은 pH, 마블링, 보수력과 같은 다른 특성과 상관관계가 있음을 보고(HuffLonergan et al., 2002; Watanabe et al., 2018)

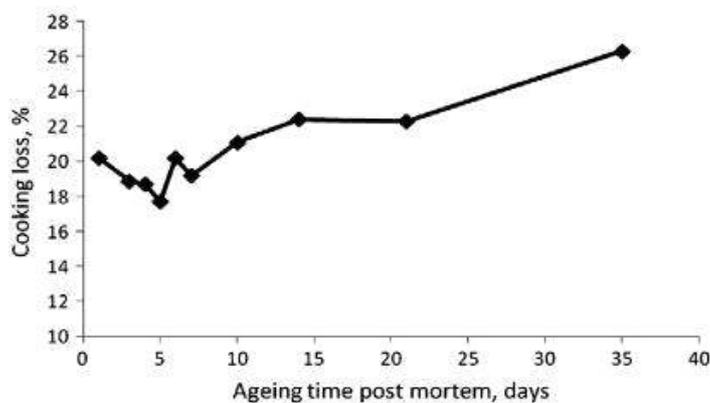


Fig. 6. Means for percent cooking loss of beef *longissimus* steaks at several different post-mortem ageing periods ($n = 20$ at each time point). Adapted from Shanks et al. (2002). A measure of the variation is indicated by RMSE in Shanks et al. (2002).

- 숙성된 고기는 조리 시 근육 섬유의 현저한 수축과 근섬유 수분(조리 후 측정) 감소가 나타남(Straad et al., 2007)
- 일반적으로 조리 중 손실되는 수분은 숙성되지 않은 육류에 비해 최소 3-6일 이상 숙성된 육류에서 더 높지만, 이는 그림 6과 같이 숙성 기간에 따라 다름

- 가열감량은 보수력 및 다즙성과 상관관계가 있지만 그림 7에서 알 수 있듯이 육류가 조리되는 온도에 따라 차이를 보임(Bejerholm and Aaslyng, 2004)
- 최근에는 짧은 시간 내에 표현형 실험만을 수행하여 육질을 정량화하는 새로운 기술이 적용

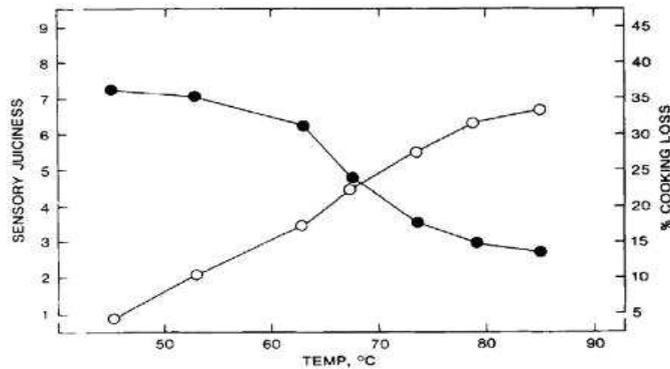


Fig. 7. Juiciness and cooking loss of 1 cm thick beef *semimembranosus* slices as a function of heating temperature. Samples were heated to the specified temperature at 1.2 °C/min and once the temperature was reached, were held at the temperature for 5 or 20 min. Each point is an average of 6 animals and of the two holding times. Open circles are cooking loss % (average error of the mean, AEM = 1.01) and closed circles are sensory juiciness (AEM = 0.16). From Martens et al. (1982).

- Jo et al. (2023)은 전기 전도도를 사용하여 가열감량을 예측했지만, 가열감량 예측을 위한 선형 회귀 모델의 예측 정확도를 찾지 못했지만 돼지 등심의 가열감량 등급을 예측하고 분류하는 것이 가능함을 입증
- 빠르고 쉽게 측정할 수 있는 품질 특성을 통해 그들은 근원섬유 단백질 함량과 가열감량의 음(-)의 상관관계가 있음을 보고 (아래 표 참고)

Table 2. Correlation of pork loin quality properties (experiment 1)

	pH	CIE L*	CIE a*	CIE b*	Moisture	Protein
CIE L*	-0.65***					
CIE a*	-0.04	-0.28**				
CIE b*	-0.48***	0.54***	0.50***			
Moisture	0.05	-0.15	-0.25*	-0.35**		
Protein	-0.10	-0.05	0.07	0.07	0.01	
Cooking loss	-0.35**	0.02	0.11	-0.15	0.15	-0.38***

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001.

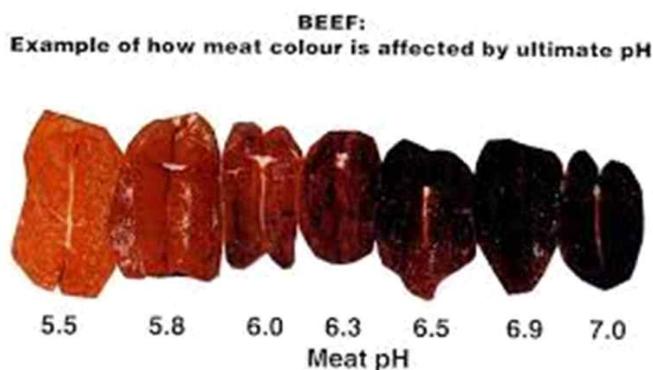
○ pH : 육질 및 연도에 미치는 영향

- 돼지고기의 pH는 육질과 연도를 나타내는 지표가 될 수 있음 ; pH가 높을수록 보수력이 높아져 고기의 연도가 더 부드러운 것으로 알려져 있지만, 지나치게 높은 pH는 육질에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 사후 강직의 시작을 나타냄
- 초기 사후 45분 pH는 WHC, 드립 감량, 가열감량과 음(-)의 상관 관계가 있음을 보고하였지만 24시간 후 pH는 WHC와 양(+)의 상관관계를 보였고 드립감량 및 가열감량과는 음(-)의 상관관계를 나타냈음(Kim et al., 2016)
- 사후 pH가 높은 고기는 색상이 어둡거나 Hunter L* 값이 낮고(어두움) 그 반대도 마찬가지

가지(Huff-Lonergan et al., 2002)

○ 육색

- 돼지고기의 색깔은 육질의 품질과 신선도를 나타낼 수 있음
- 일반적으로 밝은 분홍색 또는 붉은색의 고기는 좋은 품질로 간주한다. 육색은 pH, 연도, 보수력과 같은 다른 특성과 상관관계가 있을 수 있음
- pH와 CIE L*의 상관관계는 음의 관계($r = -0.65$, $p = <0.001$)로 나타남(Jo et al., 2023)
- 돼지고기의 pH는 약산성으로 pH 범위는 약 5.5~6.2
- 동물을 도축한 후 근육 세포가 산소를 소비하고 젖산을 생성하기 때문에 고기의 pH가 감소하기 시작
- pH가 높은 고기는 색상이 더 어두운 경향이 있고 pH가 낮은 육류는 더 밝은 경향이 있음(Qiao et al., 2007)
- 이는 육류의 미오글로빈 색소가 산성도에 따라 구조가 바뀌기 때문에 빛을 반사하고 색을 인지하는 능력에 영향을 미칠 수 있음
- 일반적으로 pH 5.8 이하의 돼지고기는 색이 연하고 pH 6.0 이상인 돼지고기는 색이 어두운 경향이 있음(Kim et al., 2016)



[그림] 고기 pH에 따른 소고기 육색 변화

- 주요 근육 단백질의 등전점 근처에서 pH가 감소하고 근섬유 단백질의 알짜 전하가 감소 결과적으로 단백질과 결합된 수분의 양과 근원섬유 내 수분 보유 공간이 줄어들어 세포 내 수분이 세포외 공간과 육류 표면으로 이동(Brewer et al., 2001; Hughes et al., 2014).
- 따라서 낮은 pH에서 육류의 보수력이 감소하면 육류 표면과 세포 외 공간의 수분이 광산란과 반사를 증가시켜 육류의 CIE L*을 증가
- 육색은 연도($r = 0.19$, $p = 0.0001$)와 약한 양(+의 상관관계를 보였고, 연도는 다즙성($r = 0.46$, $p = 0.0001$) 및 풍미($r = 0.37$, $p = 0.0001$)와 높은 양(+의 상관관계를 보였음(Huff -Lonergan 등, 2002)
- 드립 감량은 육색과 음(-)의 상관관계가 있었음($r = -0.33$, $p = 0.0001$)

- 드립감량이 높은 고기는 색이 더 옅고 덜 부드러우며, 돼지고기 맛이 좋지 않고 이취가 더 많이 나는 경향이 있음(Huff-Lonergan et al., 2002)
- 최근 업계에서는 육색을 포함하는 육질 특성을 측정하기 위해 컴퓨터 비전 시스템(CVS)을 사용하고 있음
- 이 기술은 매우 짧은 시간이 소요되고, 정확한 값을 제공할 수 있음
- CVS 방법은 돼지고기와 소고기의 실제 색상과 더 유사한 유효한 측정값을 제공한다는 것이 분명함을 보고하였음

과제2 : 한돈 고급화를 위한 생산·도축·가공 유통 행태 조사·분석 및 고급화 매뉴얼 작성 및 제도 개선방안 등의 연구

가. 생산, 운송, 도축, 가공 및 유통 과제에서의 품질 고급화 방안 발굴 및 매뉴얼 제시

- 고품질 돼지고기는 품종, 사료, 도축 당시 돼지의 연령, 고기 가공과 취급 등 여러 요인이 작용
- 육색, 연도, 풍미, 조직감, 마블링 등 몇 가지 품질 특성이 고기의 신선도와 품질을 보증
- 각각의 속성은 돼지 유전자에서 돼지고기 소비 준비 및 상호 작용에 이르기까지 다양한 개별 요인에 의해 영향을 받음
- 돼지고기 품질은 푸드 시스템 전체를 따라 구축되며 품질 속성 간 상승효과와 길항작용이 아래 표에 나타나 있으며 고품질 고기를 확보하기 위해서는 가이드라인이 제시된 매뉴얼을 따라야 함

[표] 돼지 도체와 살코기(조직)의 품질에 영향을 미치는 주요 요인들(Lebretand Čandek-Potokar, 2022).

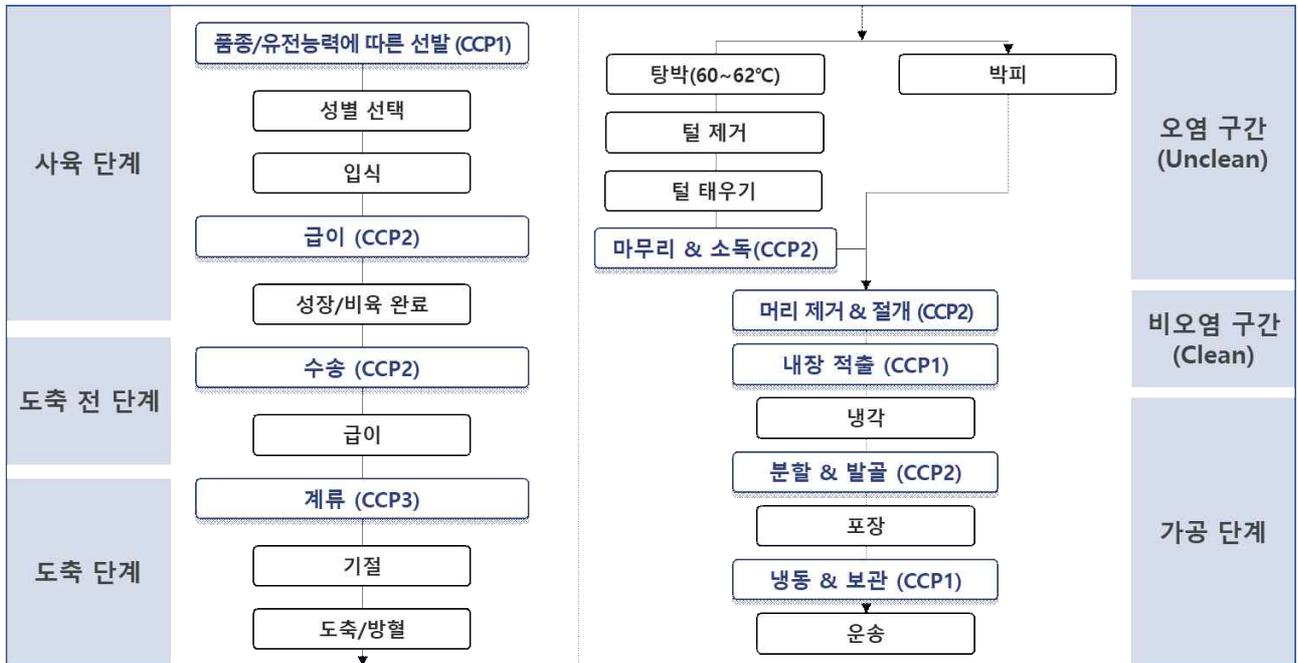
Factors	Quality attributes					
	Commercial ²	Organoleptic	Nutritional	Technological	Convenience ³	Societal image ⁴
Genotype	+++	+++	++	+++	-	+++
Sex	++	+++	++	+	-	+++
Age/weight at slaughter	++	+	+	-	-	+++
Muscle/Meat cut		+++	+++	++	+++	+++
Diet	++	++	+++	++	-	+++
Rearing conditions	++	++	++	++	-	+++
Preslaughter handling	++	+++	-/+	+++	-	++
Slaughter and carcass refrigeration conditions	++	+++	-	+++	-	++
Meat ageing/storage conditions and duration		+++	++	+++	+++	+++
Cooking mode		+++	+++	+++	+++	

¹ Effect: none (-), weak (+), medium (++), strong (+++).

² Commercial attributes: estimated effects on carcass value according to genotype, sex, age/weight at slaughter, diet, and rearing conditions factors, and on value of primary cuts (especially ham) for preslaughter and slaughter/refrigeration conditions.

³ Convenience attributes: the effect of muscle or meat cut refers to the method of preparation or processing (cooked, raw, matured, smoked ...) and therefore to the convenience of use.

⁴ Societal image attributes: the effect of the muscle/muscle cut refers to the nutritional perception of the product; the effects of preslaughter and slaughter/processing conditions refer to the perception of the handling/transport conditions for animals and the size of slaughter and processing plants.



[그림] HACCP계획을 기반으로 한 고품질 돈육 생산을 위한 사육부터 제품 생산까지의 설계
(출처 : 덴마크, 호주, 미국 HACCP 기준 부분 참조)

1) 생산 단계(Farm-level regulations)

○ 유전자

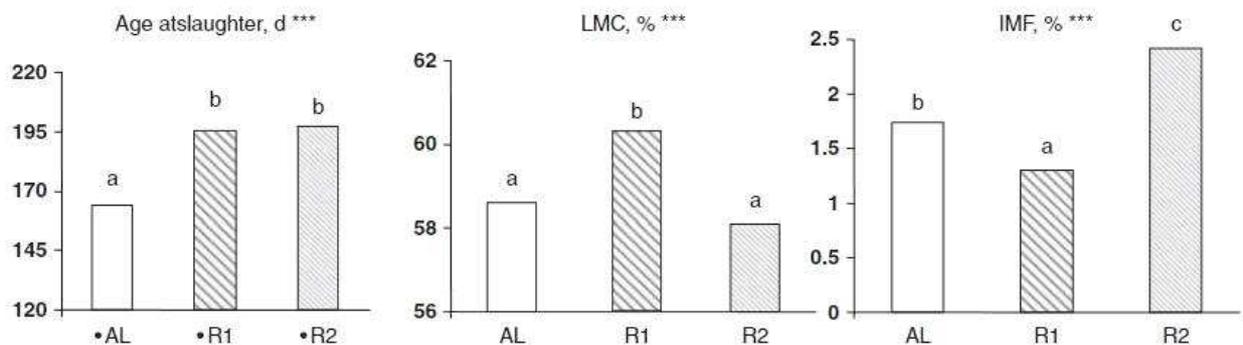
- 돼지 유전자형은 도체 조성과 가치를 결정하는 주요 요인 중 하나
- 성장률, 사료 효율 및 살코기형에 매우 효과적인 품종을 사용하고, 살코기 비율이 최소 55% 이상(EU Dashboard, 2014)
- Rendement Napole(RN) 또는 할로탄 민감성(RYR1) 유전자를 보유하고 있는 품종을 사용 금지
- 두 유전자 모두 사후 근육 해당작용(pH 감소 속도 또는 범위)에 영향을 미쳐 보수력과 기술적 품질을 낮추고 창백하고 부드러운 삼출성(PSE) 고기를 생산하게 됨(Danish Agriculture & Food Council, 2021)

○ 성별

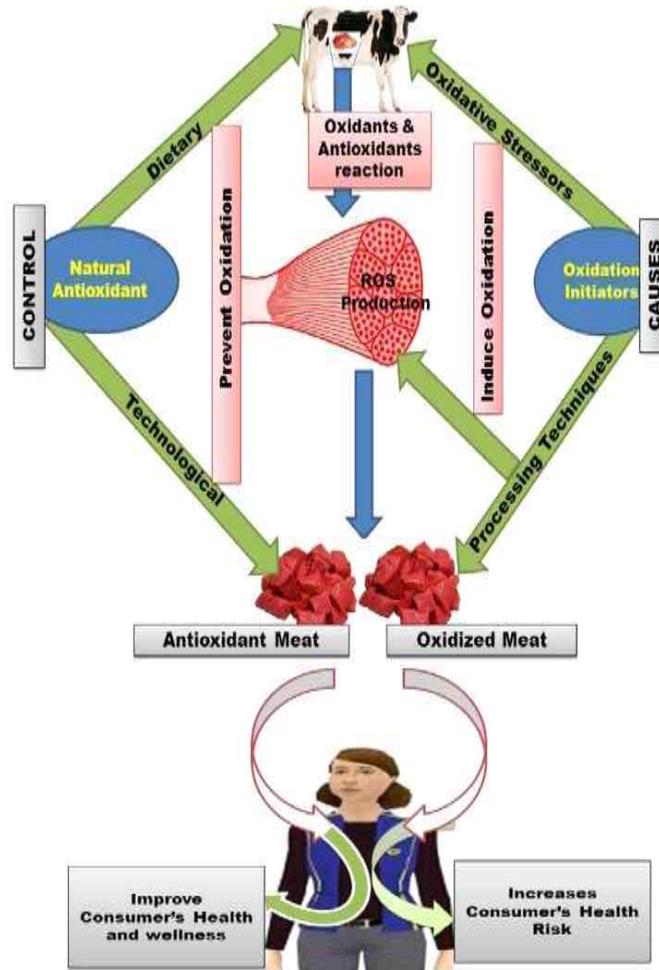
- 성별은 응취, 불쾌한 고기 냄새 및 거세되지 않은 수컷의 돼지고기 냄새를 제외하고 돼지고기 관능적 품질에 어느 정도 영향을 미침
- 오염된 고기는 열을 가하면 이취가 나고 소비자가 대부분이 싫어하게 되는데, 이는 주로 지방 조직에 축적되는 안드로스테논과 스카톨 때문(Zamaratskaia and Squires, 2009)
- 불쾌한 풍미는 거세나 허브, 훈연을 사용하여 제거할 수 있음(Bonneau et al., 2018)
- 풍미 이외에도 거세되지 않은 수컷 돈육은 거세된 수컷이나 암컷의 고기보다 덜 부드러울 수 있으며(높은 전단력) 이는 낮은 근육 내 지방 함량과 관련이 있을 수 있음(Pauly et al., 2012)

○ 사료

- 동물에게 올바른 사료를 제공해야 하며 사료에는 거름, 장 부분, 폐기물, 가축, 살균제로 처리된 종자 또는 곡물, 톱밥, 하수 슬러지, 식품 포장 및 기타 잔여물이 포함되어서는 안됨(Danish Agriculture & Food Council, 2021; 유럽 연합 이사회, 2019)
- 사료에는 중금속이 최소 허용 수준 이하로 포함되어야 함(Nicholson et al., 1999)
- 수의사 처방에 따라 호르몬 및 항생제 사용을 제한(Danish Agriculture & Food Council, 2021)
- 단백질 대 에너지 비율은 성장 수준과 근내지방 함량 증가에 영향을 주기도 함(Lebret, 2008)



- 위 그래프는 생체중 30~110kg의 듀록 교잡종의 등심 부위 샘플링한 것
- 급여 방법(AL:무제한급여, R1:제한급여, R2:라이신과 에너지 비율을 점차 줄이면서 급여)이 도축 일령, 도체 정육율(LMC), 근내지방 함량(IMF)에 미치는 영향 조사 (Lebret, 2008)
- 단순히 무제한 급여하는 방식보다는 단백질과 에너지 간 비율을 적절히 조절하였을 때 보다 빠른 성장 속도와 높은 정육율, 근내지방 함량을 얻을 수 있음



[그림] 고기 내 산화를 방지하는 천연 항산화제의 능력과 산화 개시 간의 상호 작용(Falowo et al., 2014)

- 항산화제 즉, 비타민 E 또는 미량 원소(Se, Zn; 항산화 효소의 보조 인자)를 보충하면 지질 산화를 방지 가능(Falowo et al., 2014)
- 도축 2주 전에 사료를 통한 메티오닌(중요한 세포 항산화제인 글루타티온을 형성하는 시스테인의 전구체) 보충은 고기 변색과 저장 중 지질 산화의 위험을 감소시킨다고 보고(Lebret, 2008)

○ 생산 시스템 / 사육 (production system / housing)

- 주변 온도는 20~25° C 사이 유지 필요 : 이 온도 범위에서 돼지는 체온을 조절하기 위해 추가 에너지를 소비하지 않고도 체온을 유지 가능하며 그 결과 성장과 근육 발달에 더 많은 에너지를 할당할 수 있어 살코기 비율이 높아짐(Lebret, 2008)

[표] 돼지 도체 등급과 정육율에 사육 온도가 미치는 영향 (Petromanet al., 2007)

Class of carcass	Number of carcass	LMP % of Lot-I (temp= 8-10°C)	Number of carcass	LMP % of Lot-II (temp= 16-18°C)
E (≥55%)	5	56.30	14	56.80
U (50-55%)	36	53.80	65	54.20
R (45-50%)	32	49.70	19	49.80
O (40-45%)	20	44.50	2	44.80
P (<40%)	7	39.60	-	-
Total	100	50.59		56.06

- 온도가 너무 낮으면 돼지는 체온을 유지하는 데 더 많은 에너지를 사용하고 성장과 근육 발달에 사용할 수 있는 에너지는 적어지므로 살코기 비율이 낮아질 수 있음
- 반면에 온도가 너무 높으면(30° C) 돼지는 열 스트레스를 경험할 수 있으며 이에 따라 사료 섭취량이 줄어들고 살코기 비율이 낮아질 수 있음(Lebret, 2008)

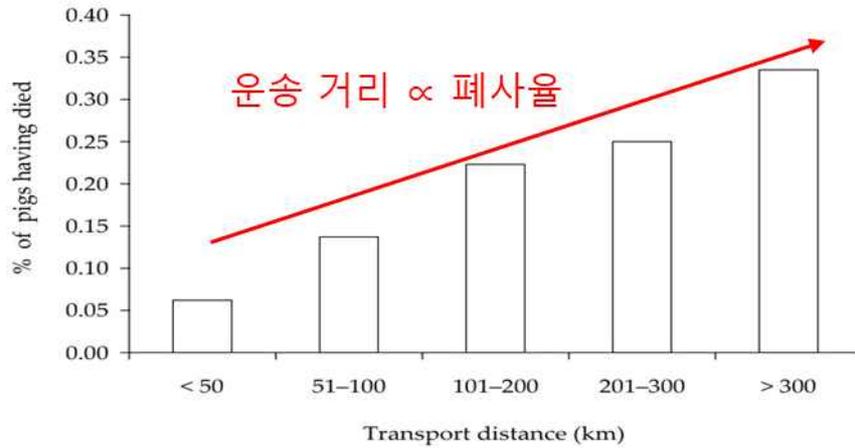
Space requirements for various weight categories of pigs	
Weight interval, kg	Space requirement, m ²
<10	0.15
10-20	0.20
20-30	0.30
30-50	0.40
50-85	0.55
85-110	0.65
>110	1.00

[그림] 돼지 체중별 필요 공간 (Danish Agriculture & Food Council, 2021)

2) 운송 및 도축 전 단계(Transport and pre-slaughter)

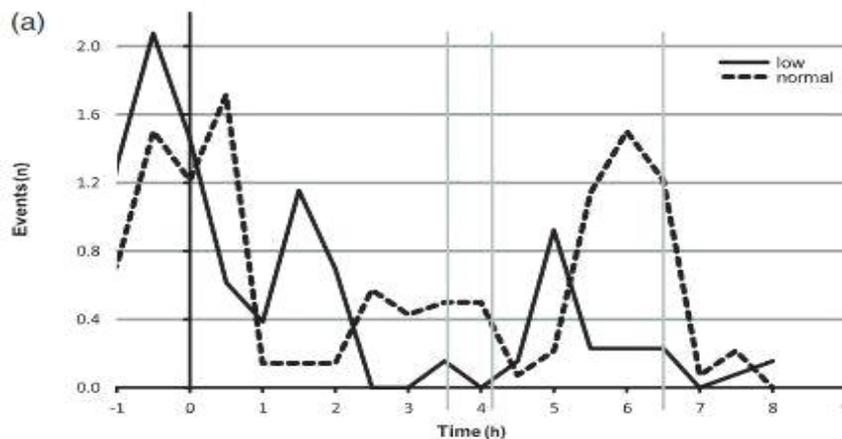
○ 운송

- 운송 거리는 최대한 짧은 거리여야 함
- 아래 그래프에서 보여주듯이 운송 거리가 길어질수록 폐사율이 비례하여 증가함



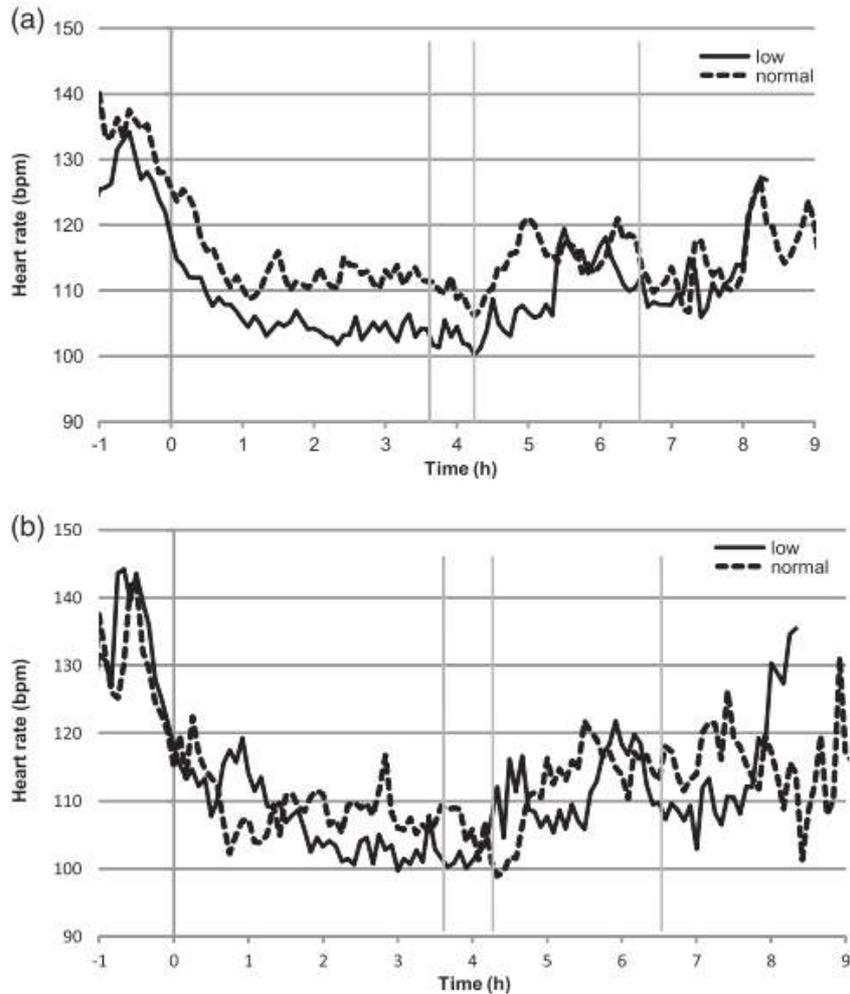
[그림] 도축장까지의 운송 거리에 따른 돼지 폐사율(Vecerek et al., 2006)

- 육질에 대한 돼지 운송의 주요 영향 중 하나는 멍과 근육 손상 가능성
- 돼지를 운송할 때 붐비고 좁은 트레일러에 갇히게 되면 부상과 근육 멍이 생기고 품질 저하를 일으킴



[그림] 8시간에 걸쳐 도축장까지 운송 중에 발생한 비육돈의 싸움 행위를 30분마다 기록한 횟수 (Gerritzen et al., 2013)

- 위 그림은 보통 적재 밀도(loading density) 그룹 230kg/m², 4두와 낮은 적재 밀도 그룹 179kg/m² 4두를 배치하고 돼지의 운송 과정 중 부상이 생길만한 수준의 싸움 행위를 30분마다 평균 횟수를 기록한 것
- 운송 중 스트레스는 육질에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 코르티솔과 같은 특정 호르몬의 생성을 증가시킬 수도 있음
- 코르티솔은 육류의 pH를 감소시켜 질기고 건조하게 만들 수 있고 혈압과 심박수에 관련이 있음(아래 그림 참고)



[그림] 긴 운송기간 중 적재 밀도에 따른 평균 심박수 차이 비교(Gerritzen et al., 2013)

○ 도축 전 단계

- 스트레스 기간이 길거나 신체 활동 수준이 높으면(예: 도축 전 취급 중 쉬일 때 동물 간의 싸움으로 인해) 글리코겐 고갈을 유발할 수 있고 결과적으로 더 높은 pH와 어둡고 단단하며 건조한 고기로 이어질 수 있음(Monin, 2004)
- 동물은 도축 및 관련 작업 중에 피할 수 있는 모든 고통, 괴로움 또는 고통이 없어야 함(European Union, 2009)
- 도축 전에 동물은 최소 12시간, 최대 22시간 동안 절식해야 함(Danish Agriculture & Food Council, 2021)

3) 도축장 단계(Slaughterhouse-level managements)

- 도축장은 식품 안전에 규정을 준수해야 함
- 도축 과정에서 따뜻한 공기 유입을 최소화(Danish Agriculture & Food Council, 2021)
- 동물은 방법 및 해당 '방법의 적용과 관련된 특정 요구 사항에 따라 기절시킨 후에만 도살(유럽 연합, 2009)
- 기절(stunning)

- 동물복지로 인해 전기 막대 등은 권장되지 않으며 이는 고기에 멍이 드는 빈도를 높임 (Leary et al., 2016). 따라서 전기 도구의 사용은 지양(EU Dashboard, 2014)
- 이산화탄소 CO₂ 기절법은 다음의 장점이 있음
 - 동물의 불편함 최소화
 - 동물의 자연스러운 행동을 보장하는 그룹 핸들링
 - 효과적인 시스템 운영
 - 전기봉 사용 금지
 - 육질 향상
 - 직원의 안전 개선(Danish Agriculture & Food Council, 2021)

[표] 이산화탄소 기절법을 이용할 경우 확인사항(Algers et al., 2012)

Normal checks	Additional indicators
Absence of normal respiration	Relaxed body
Open eyes	Strongly dilated pupils, in most cases no corneal reflex
Successive loss of balance and collapse	No sign of righting
Strong spasms	Subside after onset of stunning Absence of response to pain stimuli

- 좋은 수준의 동물복지를 보장하려면 사망할 때까지 기절 과정을 지속해야 함(Atkinson et al., 2013)

○ 도축(slaughtering)

- 방혈은 또한 육질에 영향을 미칠 수 있고, 수평 방혈이 수직 방혈보다 유리(근육 수축 감소, 혈액 비산 감소, 느린 pH 감소)(Lebret and Čandek-Potokar, 2022).
- 이것은 동물을 들어 올릴 때 특정 장기와 혈관이 압력을 받아 혈액이 갇히고 흐름이 제한되기 때문일 수 있다.
- 출혈은 5-30초 이내에 실시해야 함(Raj, 1999)

○ 오염 구간(unclean section)

- 도체 처리에는 화상, 털 제거, 태우기, 굵기 및 청소가 포함되며 이는 도살 과정의 '불결한' 부분으로 알려져 있음
- 열탕(60~62° C)으로 6분간 열탕을 한다. 더 차가운 물은 털을 충분히 부드럽게 하지 못하고 더 뜨거운 물은 피부를 태울 것임(Lebret and Čandek-Potokar, 2022)
- 제모는 면도날을 사용하여 수행할 수 있지만 벨 스크레이퍼 또는 제모기를 사용하면 더 나은 결과를 얻을 수 있음(Lebret and Čandek-Potokar, 2022)

- Singeing(털 태우기)은 오염원이 될 수 있는 남아있는 모낭을 제거
- 일반적으로 돼지고기의 그슬림 온도 범위는 180~220° C이며 사용되는 장비와 공정의 특정 요구 사항에 따라 다름
- 높은 온도는 고기를 손상하지 않고 남은 털이나 강모를 빠르게 태워 없애는 데 도움이 되며 태움실의 온도는 약 1,200° C일 수 있으며 사체 표면은 10~15초만 노출된 후에도 100° C 이상으로 상승할 수 있음(Steven M. et al., 2019)
- 그슬린 후에는 도체를 긁어내고 솔질하여 피부 표면에서 검은 부스러기를 제거

○ 비오염 구간(clean section)

- '세척' 섹션에서는 도체의 내장을 제거하고, 가르고, 검사하고, 최종적으로 무게를 측정하고 도장을 찍음
- 교차 오염을 방지하기 위해 모든 절단 도구는 개별 도체 처리 사이에 온수(82°C)에서 오염원을 제거(Danish Agriculture & Food Council, 2021)
- 내장적출은 (1) 내장(반추위, 창자, 간, 비장) 및 (2) 심장 및 폐의 제거를 포함하며, 이 부분은 오염되기 쉬우므로 신중하게 수행
- 각 작업을 위한 각 도체 사이에 도체와 접촉하는 로봇의 칼이나 도구는 뜨거운 물(82° C)에서 오염원을 제거(Danish Agriculture & Food Council, 2021)

○ 냉각(chilling)

- 냉각 과정은 너무 빠르지도 너무 느리지 않게 구성

냉각 터널	이퀄라이제이션 룸
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 온도: -18~22°C ▪ 공기 교환 속도: 3~5m/s ▪ 처리시간 : 약 70분 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 온도: 4.5 °C ▪ 환기율: 0.1~0.2 m/s ▪ 실내 습도: 85-95% r.h. ▪ 균등화 시간: 16-20시간 ▪ 슬라이딩 플 미터당 돼지 4-5마리

Danish Agriculture & Food Council, 2021

- 절단하기 전에 도체 온도를 최대 7°C 수준으로 완전히 균등화(Brown and James, 1992).
- 신선한 육류는 절단 후 2-4°C에서 절단 시점으로부터 적어도 3일을 숙성(Danish Agriculture & Food Council, 2021)

○ 발골(cutting and boning)

- 모든 직원은 개인위생을 유지하고 특수 의류를 착용해야 하며 시계나 장신구 또는 유사 품목을 착용할 수 없음(Danish Agriculture & Food Council, 2021)
- 뼈를 제거하는 고기에는 연골과 뼈 조각이 없어야 함
- 우수한 온도 제어와 세심하게 제어되는 세척 체계는 박테리아 성장을 억제하고 높은 위생 기준을 유지

○ 포장(packaging and labelling)

- 최소 2겹 포장 - 내부 층은 고기의 오염을 방지하는 불투과성 플라스틱 포장이어야 하고 외부 층은 물리적 손상으로부터 고기를 보호하고 보관을 용이하게 하는 견고한 포장재여야 함(Danish Agriculture & Food Council, 2021)
- 라벨에는 식물 및 로트 번호, 회사 이름, 제품 유형, 원산지, 포장 일자 및 ID 번호, 보관 지침, 보관 온도, 바코드, 동물 종, 제품 번호, 순중량(kg) 등을 포함한 모든 정보가 포함되어야 함

○ 냉동 보관(freezing down and dispatch)

- 냉동은 -30°C 이하의 온도에서 빠른 공기 속도로 -18°C 이하의 요구 온도에 가능한 빨리 도달해야 함(Danish Agriculture & Food Council, 2021)
- 신선한 육류의 최종 배송 또는 냉동까지 끊어지지 않는 냉각 체인을 유지하면 박테리아 성장 위험이 최소화되고 유통 기한이 연장되며 육즙손실이 최소화

○ 육류 운반(meat transportation)

- 돼지고기 운송에 사용되는 차량은 깨끗하고 건조하며 적절하게 관리되어야 하고 또한 고기가 운송되는 동안 적절한 온도를 유지하도록 온도 모니터링 장치를 갖추어야 함(European Union, 2005)
- 육류는 오염을 방지하고 품질을 유지하기 위해 적절하게 포장해야 하고 포장재는 운송되는 육류 유형에 적합해야 하며 포장 날짜, 육류 유형, 포장 업체의 이름 및 주소와 같은 정보가 라벨에 표시되어야 함(Sofos, 2014; Zhang and Bhatt, 2014)
- 돼지고기는 세균 증식을 방지하기 위해 $0^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ ($32^{\circ}\text{F}\sim 40^{\circ}\text{F}$)에서 보관해야 함(The BC Cook Articulation Committee, 2015)
- 육류 운송에는 육류 유형, 목적지 및 원산지에 따라 허가증, 증명서 및 기타 법적 문서를 포함한 문서가 필요(Zhang and Bhatt, 2014)

나. 한돈 고급화를 위한 현행 제도 분석 및 개선 방안 제시

1) 국내 현행 등급제도 분석

- 돼지고기 등급과 관련한 현행 제도는 농림축산식품부에서 고시한 “축산물 등급판정 세부기준”에 명시되어 있으며 이중 별표7에 따른 1차 등급 판정 기준과 별표8의 기준에 따른 2차 등급 판정 기준이 세부적으로 존재함

[별표8]

돼지도체 외관, 육질 2차 등급판정 기준(제10조제1항 관련)

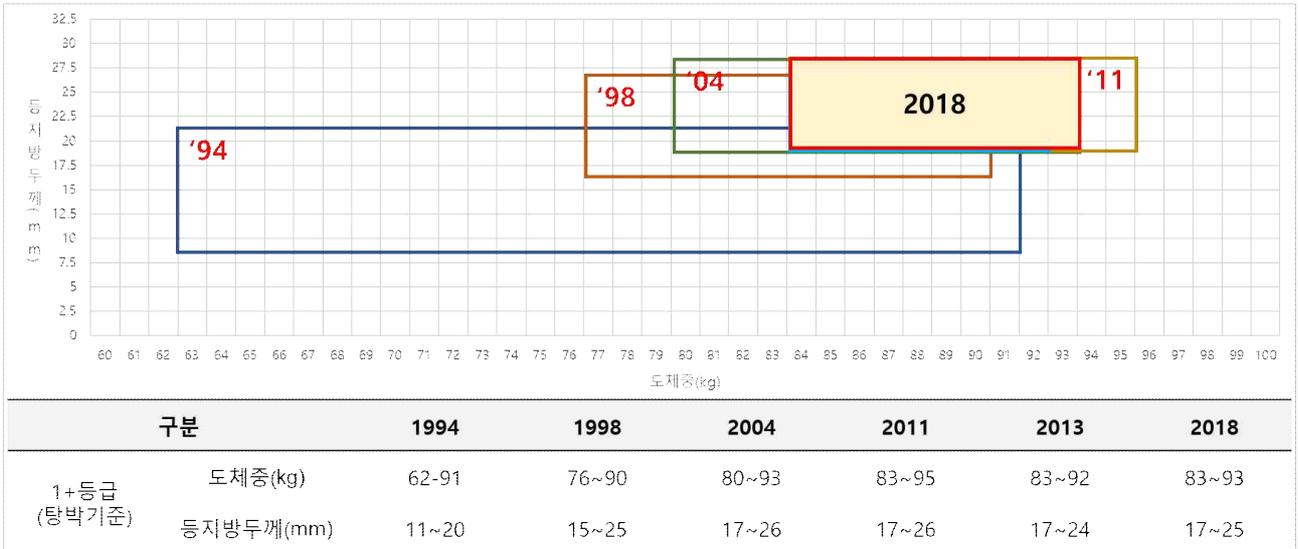
판정항목		1*등급	1등급	2등급	
인력	비육상태	도체의 살붙임이 두껍고 좋으며 길이와 폭의 균형이 고무 충실한 것	도체의 살붙임과 길이와 폭의 균형이 적당한 것	도체의 살붙임이 부족하거나 길이와 폭의 균형이 맞지 않은 것	
	삼겹살상태	삼겹살두께와 복부지방의 부착이 매우 좋은 것	삼겹살두께와 복부지방의 부착이 적당한 것	삼겹살두께와 복부지방의 부착이 적절하지 않은 것	
	지방부착상태	등지방 및 피복지방의 부착이 양호한 것	등지방 및 피복지방의 부착이 적당한 것	등지방 및 피복지방의 부착이 적절하지 못한 것	
외관	비육상태	정육률 62%이상인 것	정육률 60%이상~62% 미만인 것	정육률 60%미만인 것	
	기계	길이방을 3mm 이내로 남긴 삼겹살이 10.2kg이상이면서 삼겹살 내 지방비율 22%이상~42% 미만인 것	길이방을 3mm 이내로 남긴 삼겹살이 9.6kg이상이면서 삼겹살 내 지방비율 20%이상~45%미만인 것. 단, 삼겹살상태의 1*등급 범위 제외	길이방을 3mm 이내로 남긴 삼겹살이 9.6kg미만이거나 삼겹살 내 지방비율 20% 미만인 것 또는 45% 이상인 것	
		지방부착상태	비육상태 판정방법과 동일	비육상태 판정방법과 동일	비육상태 판정방법과 동일
		지방침착도	지방침착이 양호한 것	지방침착이 적당한 것	지방침착이 없거나 매우 적은 것
육질	육색	부도10의 No.3, 4, 5	부도10의 No.3, 4, 5	부도10의 No.2, 6	
	육조직감	육의 탄력성, 결, 보수성, 광택 등의 조직감이 아주 좋은 것	육의 탄력성, 결, 보수성, 광택 등의 조직감이 좋은 것	육의 탄력성, 결, 보수성, 광택 등의 조직감이 좋지 않은 것	
	지방색	부도11의 No.2, 3	부도11의 No.1, 2, 3	부도11의 No.4, 5	
	지방결	지방이 광택이 있으며 탄력성과 끈기가 좋은 것	지방이 광택이 있으며 탄력성과 끈기가 좋은 것	지방이 광택도 불충분하며 탄력성과 끈기가 좋지 않은 것	

[별표7]

돼지도체 중량과 등지방두께 등에 따른 1차 등급판정 기준 (제9조제1항 및 제2항 관련)

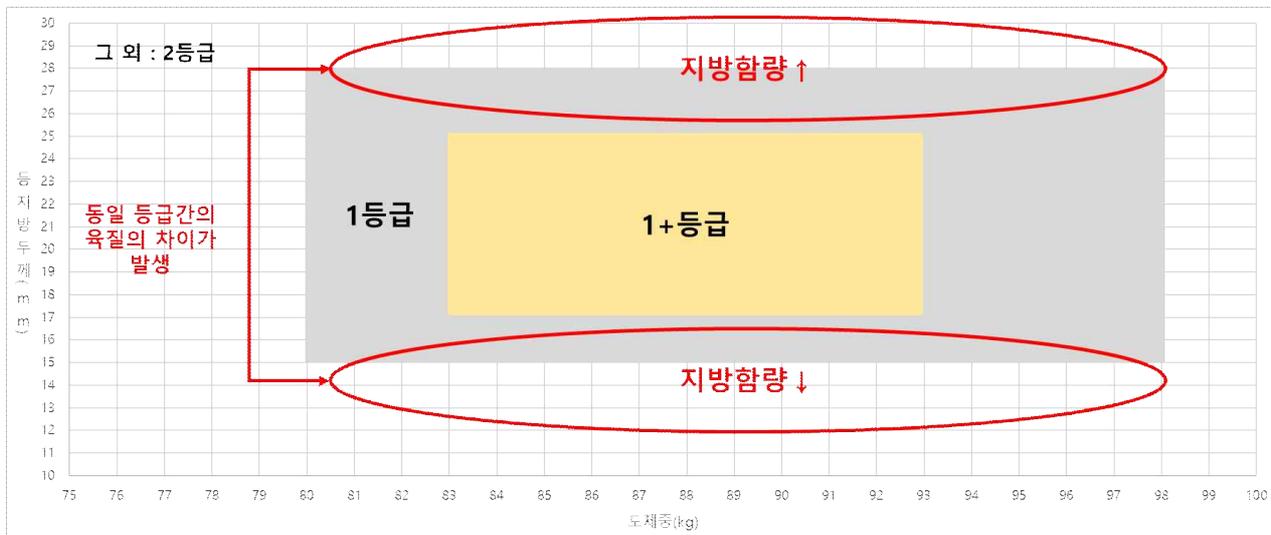
1차 등급	탕박도체		박피도체	
	도체중 (kg)	등지방두께 (mm)	도체중 (kg)	등지방두께 (mm)
1+등급	이상 미만 83 - 93	이상 미만 17 - 25	이상 미만 74 - 83	이상 미만 12 - 20
1등급	80 - 83	15 - 28	71 - 74	10 - 23
	83 - 93	15 - 17	74 - 83	10 - 12
2등급	83 - 93	25 - 28	74 - 83	20 - 23
	93 - 98	15 - 28	83 - 88	10 - 23
2등급	1+·1등급에 속하지 않는 것		1+·1등급에 속하지 않는 것	

- 이중 품질 달리 말해 육질을 표현하는 기준은 2차 판정 기준에서 찾아볼 수 있으나 위 표에도 나와있듯이 외관상 판정하는 조건이며 정량화되지 못해 객관적이지 못함
- 따라서 정량화된 평가는 사실상 1차 등급 판정 기준에서 고시되어 있는 도체중과 등지방두께 위주로 이루어지게 됨
- 소 도체와 달리 돼지 도체 특성상 부분육 간의 품질 특성이 고르지 않고 편차가 크게 나타나 특정 판정 부위로만 판정 시에는 고기의 품질을 평가하는데 올바르지 못한 결과를 나타낼 수 있음
- 또한 돈육 등급 판정 기준 중 최상위 등급인 1+등급은 아래와 같이 연도가 변화함에 따라 꾸준히 개정이 이루어져 왔으나 이는 도체중 및 등지방두께와 같은 규격 등급에 의해서만 조정 및 활용이 이루어지고 있음



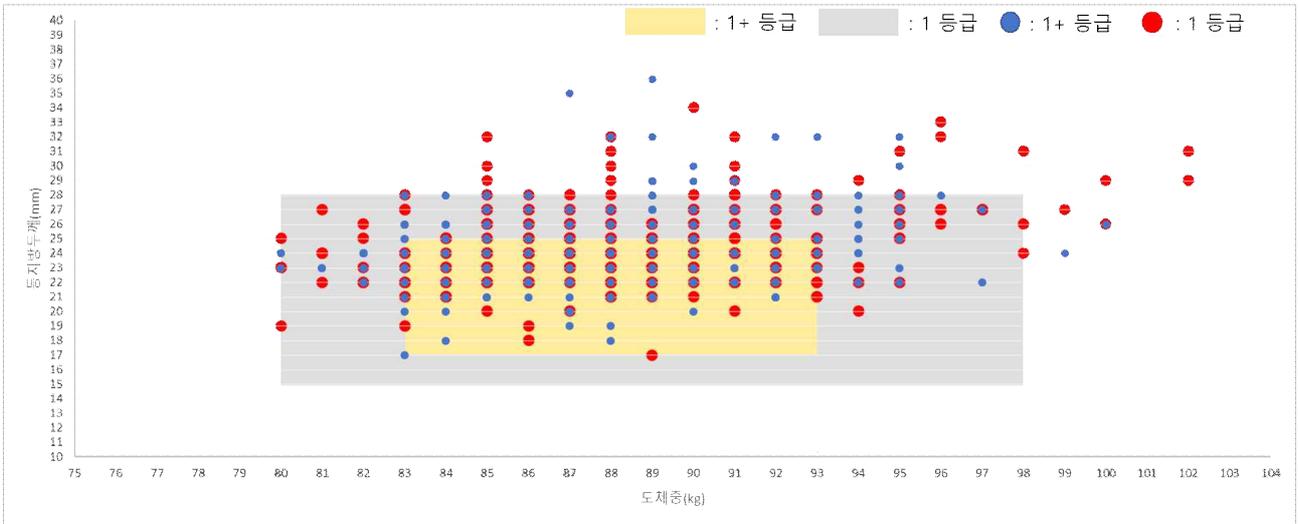
[그림] 등급 체계 1+ 등급 기준 변화 양상

- 규격 등급(등지방두께, 도체중)으로만 도체 등급 판정 시 발생하는 문제 중 하나는 품질 관련 형질인 지방함량이 동일 등급 내에서도 큰 편차를 보인다는 것임



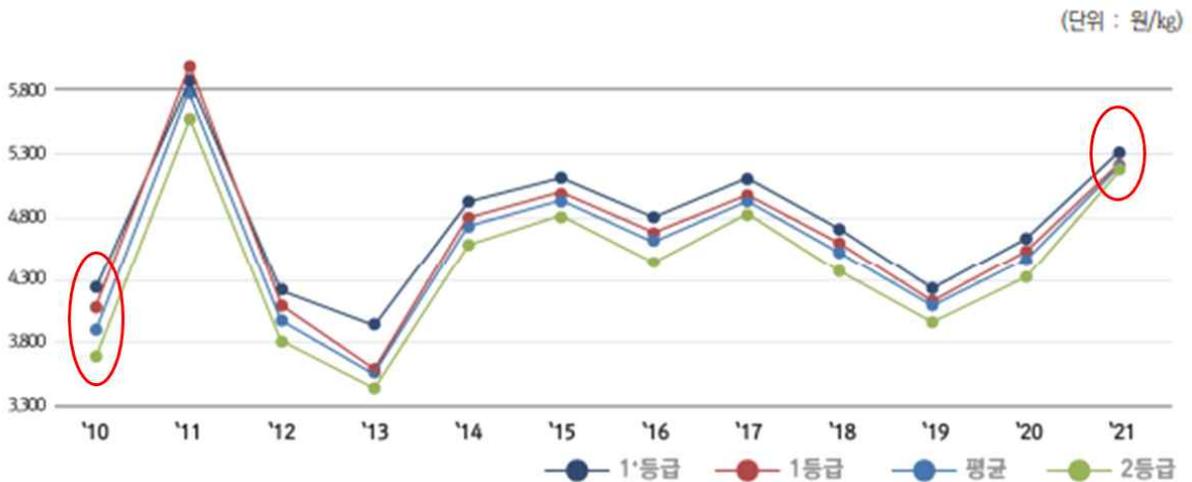
[그림] 동일 등급 내 지방함량 편차

- 위 그림에서 보여주듯이 동일 등급 내에서도 발생하는 편차로 인해 기존 규격 등급으로 도체의 품질적인 요인을 대변해주지 못하고 있음



[그림] 등급 판정 범위 내 상위 1% 경락단가 도체

- 또 다른 분석 자료에서는 1+등급과 1등급에 해당하는 도체들 중 상위 1% 수준(7,460원 이상)의 경락단가를 받은 도체를 각 등급별로 표시하여 나타내었음
- 확인 결과 1+ 등급과 1등급을 받은 도체들이 중심으로부터 벗어나는 것이 다수 확인되었으며 이를 통해 등급에 따라 경락단가가 결정되고 있지 않음을 확인하였음

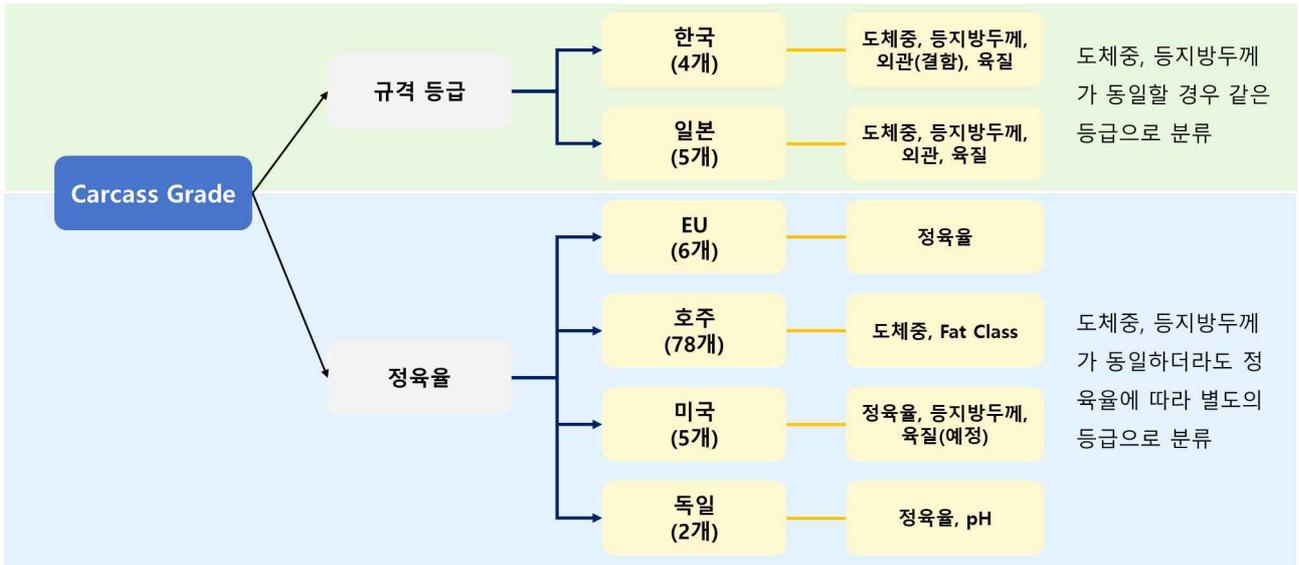


[그림] 돼지도체(탕박) 등급별 경락가격 (축산물품질평가원, 2021 통계연보)

- 연도별 경락가격 측정 결과에서 과거 2010년도 1+등급 > 1등급 > 2등급 순으로 도체 등급이 높을수록 경락가격 역시 높았음
- 시간이 흐를수록 연도별 등급 간 편차가 변화함 : 더 이상 도체 등급이 경락가격을 결정 짓는 중요 요인이 아님
- 위와 같은 자료 분석 결과와 부분육 간 품질 편차가 큰 돼지 도체의 특성이란 점에서 현행 등급 체계는 돼지의 품질을 표현하는 수단으로서 적합하지 않다고 판단되며 이를 해결하고자 기존 규격 등급이자 지표인 도체중, 등지방두께 외에 품질을 표현할 수 있는 새로운 지표를 탐색할 필요가 있음

2) 해외 현행 등급제도 분석

- 해외의 경우 일부 국가에서는 이미 규격 등급(도체중, 등지방두께) 외에 다른 지표들을 추가하여 제도상으로 변화를 주었으며 이를 국내와 비교하여 정리하면 아래와 같음



[그림] 국가별 등급 판정 기준

- 미국을 비롯한 일부 국가에서는 pH와 같은 육질 관련 요소 등을 활용하여 품질을 등급에 반영하고 있으며 한국과 일본을 제외한 EU, 호주, 미국, 독일 등에서는 도체중과 등지방두께 외에도 정육율을 별도의 등급으로 분류하는 체계를 사용하고 있음

< 일 본 >

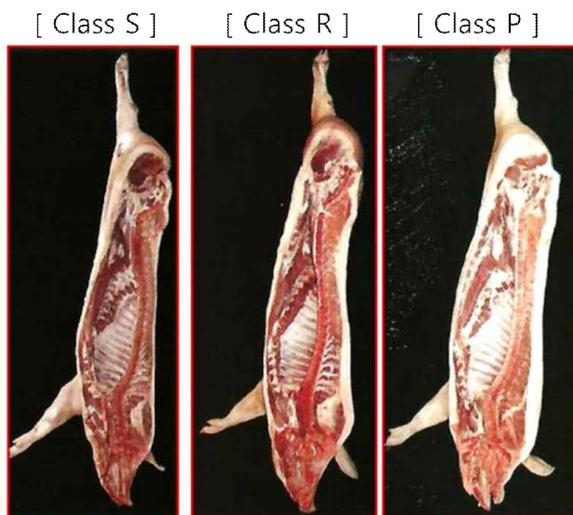
구분	항목	등급	도체중(kg)	등지방두께(cm)
	도체중 및 등지방두께	극상	35.0 이상 ~ 39.0 이하	1.5 이상 ~ 2.1 이하
외관	균칭, 비육, 지방부착, 결함유무	상	32.5 이상 ~ 40.0 이하	1.3 이상 ~ 2.4 이하
육질	조직감, 육색, 지방색, 지방침착	중	30.0 이상 ~ 39.0 미만 39.0 이상 ~ 42.5 이하	0.9 이상 ~ 2.7 이하 1.0 이상 ~ 3.0 이하
		병	30.0 미만 30.0 이상 ~ 42.0 미만 42.0 이상 ~ 45.5 이하 45.5 초과	0.9 미만 / 2.7 초과 1.0 미만 ~ 3.0 초과

[그림] 일본 등급 판정 기준

- 일본은 5개의 등급(극상, 상, 중, 병, 등외)으로 나누어 판정을 하고 있음
- 판정 시 기준은 도체중 및 등지방두께, 외관, 육질을 통해 이루어짐

< 유 럽 >

Lean meat percentage (cold weight)	Grade
60% or more	S
55% or more but less than 60%	E
50% or more but less than 55%	U
45% or more but less than 50%	R
40% or more but less than 45%	O
less than 40%	P



[그림] 유럽 등급 판정 기준 (Regulation 1308-2013 – Annex IV / Union scale for the classification of pig carcasses)

- EU규정에 의해 승인된 기계를 사용하여야 하며 대부분 AutoFom을 사용
- 소형 도축장에서는 Fat-O-Meter를 사용

< 미 국 >

특성	[육량등급]	
	생산 수율	등지방두께
U.S No.1	60.4% 이상	1.00 inch 이하
U.S No.2	57.4% ~ 60.3%	1.00 ~ 1.24
U.S No.3	54.5% ~ 57.3%	1.25 ~ 1.49
U.S No.4	54.4% 이하	1.50 inch 이상

특성	[육질등급]	
	육색 적색도	마블링스코어
USDA Prime	4 ~ 5	4 이상
USDA Choice	3	2 이상
USDA Select	2	2 이상

[그림] 미국 등급 판정 기준

- 등급판정 기준은 성별에 따라 세분화가 이루어짐
 - 거세돈, 미경산암돼지, 육성비육돈은성별에 관계없이 판정
 - 경산돈도체는 거세돈과 암돼지와 별도의 기준으로 판정
 - 수돼지 도체는 미판정
- 등급판정은 ‘Acceptable’ 등급과 ‘Utility’ 등급으로 구분
 - Acceptable 은 U.S No.1 ~ No.4로 세분되며 신선냉장육으로 판매
 - Utility 는 주로 2차 가공품 원료로 사용되며 일반 소비자에게 신선냉장육으로 미판매

< 덴마크 >

- 종돈의 육질관련 형질에 있어서 주요 품질 요인으로 살코기 함량(lean meat %), 근내지방, 육색, 육즙감량, 연도 등을 설명하고 있음
- 실질적으로 살코기 함량 이외에 특별한 품질 요인을 육종단계에서 사용하지 않음

- 근내지방의 경우 중요하게 생각되지 않는 품질 요인이나 약 2%를 유지하도록 생산

< 독 일 >

- 바이에른(Bayern)주에서 실시하고 있는 QHB 품질보증제도를 구축하고 있으며 다음과 같은 준수사항을 충족해야 함
 - 지육중량 75% 이상, 도체의 정육율이 53% 이상
 - 도축 45분 후 pH 5.8 이상
 - 도축 후 급격한 pH 저하를 나타내는 PES육에 대하여 객관적인 평가 진행
- 생산자, 도축업자, 해체업자, 최종 판매자까지 준수하여야 하며 위반 시 경고 및 벌금이 부여

3) 등급제도 개선안

- 등급제도의 개선은 해외의 미국, 덴마크 등과 같이 유사하게 가야할 필요가 있음
- 우선 기존 등급 체계인 등지방두께, 도체중에 따른 규격 등급 기반 육량 지표에 따른 평가가 진행되어야 하며 자동 판정 기기 기준에 맞추어 새롭게 구간을 설정해야함
- 또한 지방함량과 육색이라는 새롭게 제시된 지표를 활용하여 육질 등급에 대한 개선이 필요하며 이 때 규격 등급과 마찬가지로 구간별로 구분하고 등급을 매기는 개선안이 필요함

다. 프리미엄 한돈 기준 설정 및 제도화 방안 제시

- 기존 등급 판정 요인이자 규격 요인인 도체중, 등지방두께 및 지방 수준 활용 필요

구분	VCS2000	오토폼
도체중	90~93kg	88~93kg
등지방두께	24~27mm	24~25mm
지방 수준	(무게) 24~32kg (함량)* 30~35% *도체중 대비 지방무게를 통해 환산	(무게) 22~25kg (비율) 30~31%

- 위 표는 앞서 분석한 결과를 요약한 표로 평균 경락가격이 높았던 구간을 표시하였음
- 도체중과 등지방두께, 지방 수준을 나타내는 지방 무게 또는 지방함량(비율)의 경우 기기의 차이에도 불구하고 경락가격이 가장 높아지는 시점이 유사하게 나타났음
- 이를 바탕으로 양쪽 자료 분석 결과를 합쳐서 결론을 낸다면 아래와 같이 높은 가치(경락가격)를 가지는 고급 돈육의 요인별 수준을 제시할 수 있었으며 추가로 이전 제 1과제에서 제시한 명도 수치를 같이 제시하면 아래와 같이 정리됨
 - 도체중 : 88~93kg
 - 등지방두께 : 24~27mm
 - 지방함량 또는 비율 기준 30~35%
 - 명도(L*) : 40~50 (기기 조건과 환경에 따라 다름)
- 위 지표 기준에 따른 결과를 기존 등급 체계와 비교한 결과 1차 등급 판정에서 탕박 도체의 1+ 등급 기준 범위 안에 도체중과 등지방두께와 유사하게 나타나는 것을 확인할 수 있었음

돼지도체 중량과 등지방두께 등에 따른 1차 등급판정 기준
(제9조제1항 및 제2항 관련)

1차 등급	탕박도체		박피도체	
	도체중 (kg)	등지방두께 (mm)	도체중 (kg)	등지방두께 (mm)
1+등급	이상 미만 83 - 93	이상 미만 17 - 25	이상 미만 74 - 83	이상 미만 12 - 20

- 또한 지방함량의 경우 직접적으로 비교할 현행 등급 제도는 없었으나 2차 등급 판정 기준 중 기기 판정시 삼겹살 상태에 대한 내용 중 삼겹살 내 지방비율 항목이 있었으며 이와 비교한 결과 해당 범위 내에 위 지방함량이 포함되는 걸 확인함

삼겹살 상태	겉지방을 3mm 이내로 남긴 삼겹살이 10.2kg이상이면서 삼겹살 내 지방비율 22% 이상~42% 미만인 것
--------	--

그림 2차 등급 판정 기준 중 삼겹살 상태 기기 판정시 기준

- 해당 지표들 중 명도의 경우 기기 판정으로부터 얻어지는 자료가 없기에 현재 단계에서 명확한 판정이 어렵고 또한 품종별로 가지는 육색의 차이, 환경적인 요인에 의해서 영향을 받는다면 어떤 환경 요인이 또 다르게 있는지 등의 검증이 되지 않은 상태이기에 후속 연구가 필요한 상황임
- 다만 현장에서 색차계를 이용해 육색을 측정한 네트워크 데이터 보고서 자료를 이용하여 이전 제 1과제에서 듀록 품종에 대해 한정적으로 출현율을 확인할 수는 있었으며 여기에 위에서 제시한 나머지 3가지 지표에 대한 출현율도 비교해보면 아래와 같은 결과표를 얻을 수 있었음

[표] 4개 지표에 대한 기기 판정 데이터에서 출현율 또는 네트워크 데이터 출현율

구분	VCS2000	오토폼	네트워크데이터(`14~`18)
도체중(A)	18.83% (n=83,185)	42.37% (n=55,139)	
등지방두께(B)	21.67% (n=83,185)	27.90% (n=55,139)	
지방 수준(C)	18.56% (n=81,442)	52.43% (n=55,139)	
A+B+C (3요인 해당)	1.97% (n=81,442)	9.51% (n=55,139)	
명도(L*)			65.25% (n=728)

- 개별 지표별로 보았을 때 출현율은 특히 오토폼 데이터에서 높은 수준으로 나타났으나 본래 목적대로 4개 지표 중 비교가 가능한 도체중, 등지방두께, 지방수준을 모두 만족하는 도체는 VCS2000의 경우 약 2%, 오토폼의 경우 9.51% 수준으로 상당히 소규모로 줄어들었음
- 여기에 후속 연구가 필요한 명도까지 측정하여 기준치로 제시한다면 고급육 즉 프리미엄 한돈 기준이 좀 더 확실하게 설정될 것으로 사료됨
- 마지막으로 위에서 제시한 4개 지표에 대한 제도화를 위해서는 명도 측정을 기기를 통해 실시하여 검증용 데이터를 확보하고 해당 데이터를 바탕으로 검증을 실시한 후 명도에 대한 수준을 좀 더 명확하고 세분화할 필요가 있음
- 현재 제시한 명도는 제한된 품종(듀록)에서 기기를 통한 이미지 자료 기반 예측이 아닌 색차계 기기를 이용한 실측값이기 때문에 실측한 값과 기기를 예측된 값을 비교 검증할 필요가 있으며 제한된 품종이 아닌 국내에서 사육되는 품종에서 모두 적용할 수 있는 기준 또는 품종별로 제시해야할 기준을 설정할 필요가 있음
- 최종적으로 명도에 대한 기준이 확립된 후 기존 3개 지표와 함께 제시한 4개 지표 기반 등급 체계를 새롭게 설정하고 이를 제도로서 활성화하기 위해서는 이력제에서 정보가

표시될 수 있게 수정하고 동시에 인증 마크 제도를 도입하여 프리미엄 한돈 고기임을 알 수 있는 고유의 인증 마크를 포장지와 이력제 정보 내에 표시되게 해야함

라. 품질에 따른 가격 차별화를 위한 제도 도출 및 도입방안 제시 등

1) 유통 관계자를 위한 등급제도 개선(안)

- 현행되고 있는 등급제도의 문제점은 다른 연구 단계에서 이미 언급한 바 있으며 그 언급 결론에 마찬가지로 기존 등급에 새로운 지표와 함께 개선이 필요함
- 개선을 위해서는 우선 기존 데이터 분석 결과 외에 확장된 데이터들을 수집하여 검증할 거칠 필요가 있음 ; 현재 사용된 데이터는 VCS2000과 Autofom을 사용하는 각각 1개소의 데이터만을 사용하여 데이터가 제한적임
- 따라서 국내 설치된 모든 기기로부터 데이터를 얻음으로써 국내에서 적용 가능한 전국 단위의 기준치를 다시 설정할 수가 있게 되며 그에 따른 등급 개선안이 제시될 필요가 있음

2) 소비자를 위한 인증 마크

- 도체중, 등지방두께와 같은 규격 등급 기반의 등급 제도 활용의 문제점은 간접적으로 소비자의 소비 선호도에 영향을 주지만 소비자가 느끼기에는 직접적인 영향을 확인하기 어렵다는 단점이 있음
- 규격 등급의 경우 도체 기준의 등급이기에 부분육을 소분할한 것을 소매 단계에서 소비자가 하는 소비자 입장에서는 의미가 없는 등급이고 지방수준과 명도의 경유 규격 등급에 비해서는 좀 더 소비자가 인식하기에 명확한 지표가 될 수 있음
- 하지만 육색과 지방함량은 우수한 품질 관련 지표임에도 불구하고 소비자가 가진 기반 지식 수준에 따라 소비자가 받아들이는 ‘고품질’의 의미가 변질될 수가 있으며 다르게 말해 동일한 고기에 대해서도 소비자 간 평가가 갈릴 수가 있다는 문제가 있음
- 따라서 해당 품질 지표에 대한 명확한 인증 제도를 마련하여 해당 품질 지표 기준을 만족하는 프리미엄 돼지, 즉 우수한 품질에 대한 고기에 가치를 부여할 수 있는 인증 마크가 필요할 것이라고 사료됨
- 일례로 세종시에서는 ‘돼지고기 품질 특성별 구분 판매 시험사업’을 통해 세종시에서 운영 중인 로컬푸드 직매장 ‘싱싱장터’에서 주요 소비 부위인 삼겹살과 목심의 지방수준에 따라 고기를 구분하여 소비자에게 정보를 제공하고 있음



[그림] 돼지고기 품질 특성별 구분판매 시험사업 품질 구분 기준(세종시)

- 위 그림이 바로 세종시에서 실시하고 있는 시범 사업의 일환의 결과물로 단순히 고품질, 저품질의 구분 기준이 아닌 지방이 많고 고소한 맛을 원하는 소비자 또는 반대로 기름기를 좋아하지 않는 소비자의 다양한 취향을 반영하여 삼겹살의 경우 꽃삼겹, 품미삼겹, 웰빙삼겹 등으로 구분하고 있음
- 이러한 구분 방식의 가장 큰 장점은 단순히 “1+등급이 좋은 고기이다” 라는 인식에서 품질 지표 수준에 따른 구분 기준을 내놓음으로써 소비자가 직접 선택하게 한다는 점으로 일종의 등급 간의 비차별화라고 할 수 있음
- 등급의 비차별화는 본 연구 주제인 가격의 차별화와 대조되는 것으로 보일 수 있으나 실제로는 비차별화된 등급 제도를 바탕으로 새롭게 유통되는 돼지고기들로부터 소비자들이 선택하는 과정을 거쳐, 선호하는 형태의 돼지고기의 가격은 자연스럽게 인상될 것이며 반대로 비선호하는 형태의 돼지고기는 상대적으로 가격이 저렴해지게 될 것
- 결과적으로 시장 유통이 이루어지면서 품질 수준에 따라 가격의 차별화가 생겨남

3) 의무화를 전제로 한 법제도 필요

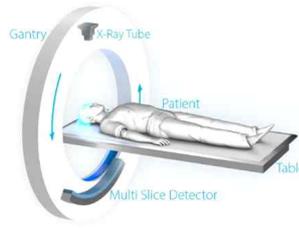
- 유통 관계자를 위한 등급제 개편과 소비자를 위한 인증 마크 제도를 실시하기 위해서는 이력제와 마찬가지로 법적인 의무화가 필요함
- 등급 제도의 개편은 이미 여러 차례 진행된 바 있으며 이번 역시 유사한 방향성을 가지고 법제도 특히 축산물 등급판정 세부기준을 수정해야함
- 또한 인증 마크 제도는 기존에 이미 활성화되어 있는 동물복지 인증, HACCP 인증 등을 참고하여 이를 도체에 부착할 수 있는 형태로 물질적으로 구성하고 비물질적인 부분 다르게 말해 시스템적인 부분에서는 지방수준과 명도라는 새로운 정보를 제공하여 소비자가 이를 확인할 수 있도록 해야함
- 법제도의 개편은 단숨에 이루어지기 어려우므로 우선적으로 해결해야할 과제는 부분육으로 소분할 되기 전 단계 즉 이분도체 상태에서의 인증 제도와 등급체계 개선이 먼저 필요할 것으로 보이며 앞서 설명하였듯이 등급 체계 개선이 이루어지기 위해서는 전국 단위의 평균치를 다시금 계산할 수 있도록 자료를 보다 확장 수집하여 이를 재검증을 실시해야 함

마. 기타 이외의 해당 연구용역에 필요한 조사·분석 및 개선안 제시 등

1) 판정을 위한 기반 기술 소개

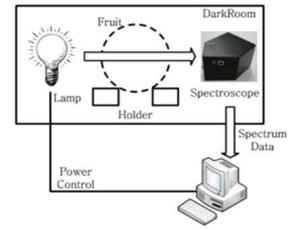
[CT 스캐너]

- 정교한 하드웨어와 소프트웨어 기술을 결합하여 장기의 3D 이미지를 재현
- X-레이 튜브와 검출기 어레이는 회전 링(갠트리)에 장착
- 갠트리를 통해 회전 속도와 각 투사가 정확하게 측정되는 각도 위치를 조정 가능
- 검출기 어레이는 환자 주위를 빠르게 돌며 여러 각도에서 투사 이미지를 캡처



[NIR (근적외분광법)]

- 전자기 스펙트럼의 근적외선 영역(약 700~2,500nm)을 사용
- 산란된 빛을 측정하는 NIR 반사율 스펙트럼을 사용하여 시료를 변경하지 않고도 물질의 특성을 빠르게 판단 가능



2) 보수력과 육색과 연관이 깊은 pH 측정 기기




❖ testo 205 (식품 분야 전문가용 pH 측정기)

- 반고체 상태의 물체의 pH 값 및 온도 측정에 이상적
- 사용자가 직접 교체 가능한 온도 프로브가 내장된 pH 측정 팁
- 젤타입의 전극으로 유지보수가 쉬운 pH 측정
- 2라인의 조명이 들어오는 디스플레이 (pH 값 및 온도 동시 표시)
- 견고한 측정 팁을 자랑해 육류 등 반고체 상태의 물체를 측정하는 데 이상적인 pH 측정기

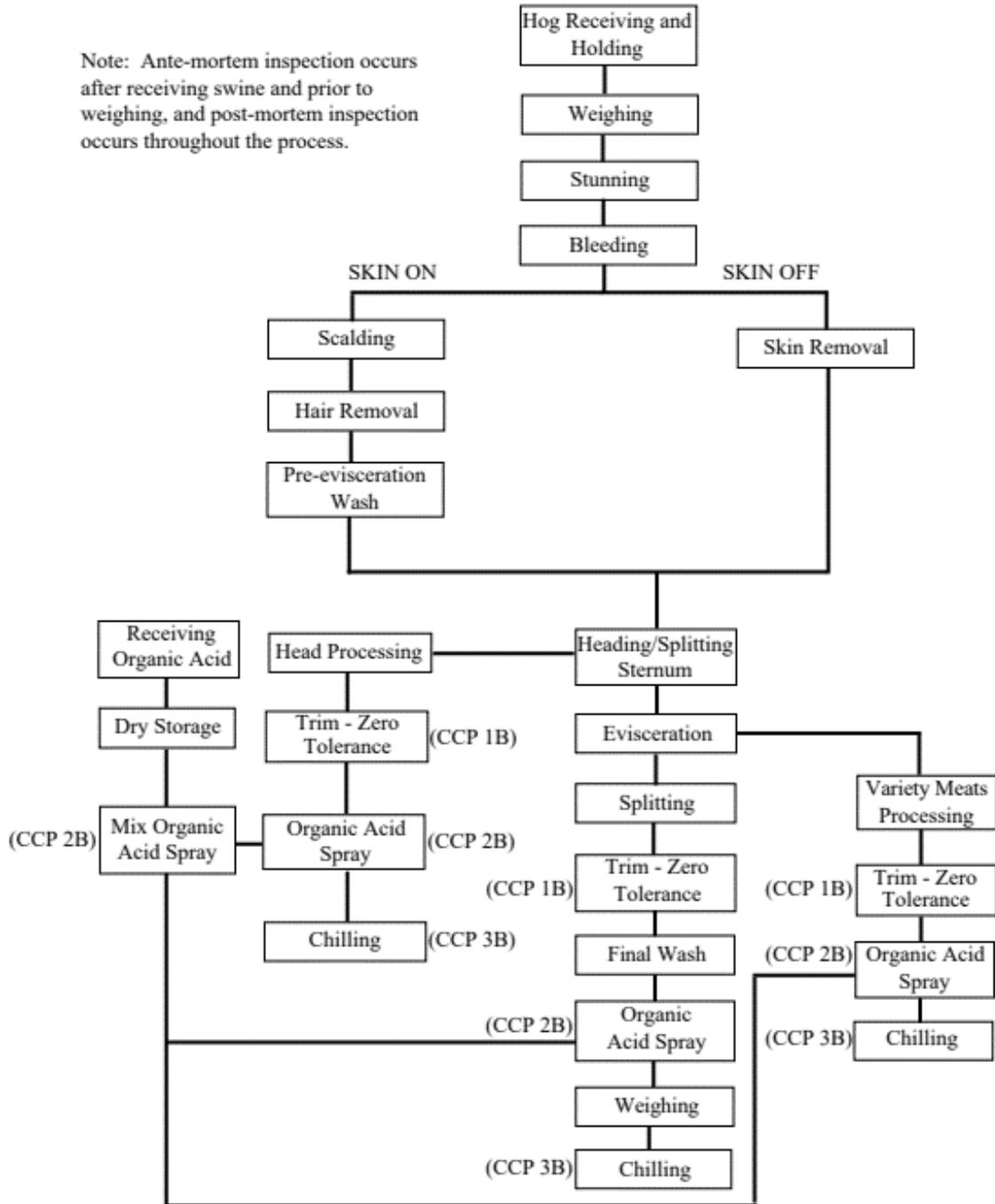
❖ HANNA HI 99163 수질측정기(육류용/휴대용)

- pH / 온도 동시 측정
- 프로브 연결이 쉬운 Quick DIN 커넥터
- 육류용 스테인리스 칼날이 달린 FC2323 프로브
- pH-mV를 통한 pH 전극 점검 가능
- 생활방수 기능

3) 도축 과정에서의 매뉴얼 보충 자료 : 돼지 도축 및 발골 처리 매뉴얼

- 해당 매뉴얼은 Rosenthal HACCP plan을 참고하여 만들어진 자료로 아래 그림은 전체적인 흐름도를 보여주고 있음

**Rosenthal Meat Science and Technology Center
Pork Slaughter Flow Chart**



[그림] Rosenthal 돼지 도축 흐름도 (출처: Rosenthal HACCP Plans)

○ 생체중 측정, 기절, 방혈

- 도축 후 식육 생산량을 계산하기 위해 살아있는 가축의 무게(생체중)를 측정
- 도축하기 전 기절시키는 방법으로는 타격법, 전격법, 가스마취법, 총격법, 자격법 등이 있음
- 돼지 뒷다리의 아킬레스건과 경골 사이에 셔클(shackle)을 걸고 레일에 걸어 경동맥을 절단 후 방혈

- 방혈 작업 시 오염 위험이 있어 항상 철저히 소독하는 것이 바람직

○ 박피, 탈모, 탕박

- 방혈이 끝난 도체는 가죽을 벗겨내는 박피 또는 피부의 털만 제거하는 탈모 진행
- 돼지의 박피는 머리와 사족을 절단 후 도체의 사지 내측과 복부를 박피기에 물려 실시
- 우리나라의 경우 돼지는 주로 탈모를 실시하며 탈모 전 제모가 용이하도록 따뜻한 물의 탕박조에 도체를 잠깐 담구는 탕박을 실시
- 탕박은 보통 60~65℃에서 5~7분 정도 실시하며, 수온과 탕박 시간은 계절에 따라 조절
- 탕박이 끝난 도체는 탈모대 위에 올려놓고 칼로 털을 제거하거나 탈모기에 넣어 기계적으로 탈모를 실시
- 탈모기를 사용할 경우 다리 안팎, 귀, 안면, 턱 등은 깨끗이 탈모가 되지 않고 종종 몸체에도 미세한 세모들이 남아있어 이러한 잔모들은 냉수로 씻어내면서 칼로 다듬거나 토치를 이용하여 제거

○ 내장적출

- 도체 복부의 전면에 선 상태에서 복벽의 정중선을 따라 칼집을 낸 다음 생식기를 절개
- 칼날을 도체 바깥쪽으로 향하게 하여 복벽 위쪽으로 칼을 넣고 천천히 내려오면서 복부를 절개
- 1차 오염원인 혈액과 오물을 빨리 제거하기 위해 내장적출은 신속하게 완료

○ 이분체 분할

- 내장적출이 끝난 도체를 지육이라고 하며, 지육은 식육 동물을 기절, 방혈, 박피 또는 탈모한 다음 두부와 사지 및 꼬리를 절단하고 내장을 적출한 도체로서, 주로 근육, 뼈 및 지방으로 구성
- 지육의 전도체는 냉각과 취급상의 편이를 위해 전기톱으로 척추의 정중앙을 절단하며 이분할
- 절단된 이분체는 냉수 또는 온수로 절단 부위의 응혈과 톱질에 의한 뼈가루 등을 완전히 제거

○ 도체의 수세 및 냉각

- 해체 완료된 도체는 깨끗한 냉수로 절단 부위의 혈액 덩어리와 표면의 오물을 씻어냄
- 살균효과를 위해 10~20ppm 정도 염소수를 사용하거나, 88℃의 고압 살수기를 사용하여 7kg/cm² 압력으로 단시간에 세척

○ 도체의 냉각

- 도축이 끝난 도체는 미생물 증식을 억제하고 신선도를 유지하기 위해 표면은 물론 내부까지 신속히 냉각

- 도체의 냉각은 냉각실에서 실시하며 12시간 이상 심부온도 0℃ 이상, 5℃ 이하가 되도록 규정
- 도체들이 서로 접촉되지 않고 냉기의 흐름이 원활히 이루어져야 함
- 냉각 중 형성되는 도체 표면의 피막은 곰팡이와 박테리아의 증식을 방지하며, 냉각 감량을 방지하는 효과도 있음

○ 마지막으로 아래는 HACCP 도축 단계에 대한 요약표임

Pork Slaughter

HACCP Plan Summary Pork Slaughter

CCP	Hazard	Critical Limits	Monitoring				Corrective Actions ¹	Verification ²	Records
			What	How	Frequency	Who			
CCP 1B Carcasses, Heads and Variety Meats Trim – Zero Tolerance	Pathogens	No visible feces, milk or ingesta.	The carcasses heads and variety meats for visible feces, milk or ingesta	Visual observation	Each carcass, head and variety meats	Carcass trimmer	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identify and eliminate cause of deviation. 2. Trimming of visible contamination will bring CCP under control after corrective action is taken. 3. Measures to prevent recurrence are established, such as retraining employees and/or adjusting equipment, as needed. 4. No product that is injurious to health or adulterated enters commerce. 	Visual observation of 10% of carcasses per kill by the plant manager or designee. On days that pork slaughter occurs, records will be reviewed daily by the plant manager or designee.	Pork Slaughter Log Deviation / Corrective Action Log
CCP 2B Organic Acid Spray	Pathogens	Spray all carcasses, heads and variety meats with at least a 2% organic acid solution.	Organic acid solution Application of organic acid to carcasses, heads and variety meats	Proper formulation Visual observation	Every batch Every carcass, head and variety meats	Organic acid formulator Carcass washer	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identify and eliminate cause of deviation. 2. Re-spraying the carcass with organic acid could bring CCP under control after corrective action is taken. 3. Measures to prevent recurrence are established, such as retraining employees. 4. No product that is injurious to health or adulterated enters commerce. All products will be sprayed. 	Visual observation of: (1) Employee mixing organic acid spray, and (2) Employee applying the organic acid spray. Observation will be performed one time during the day of slaughter by plant manager or designee. On days that pork slaughter occurs, records will be reviewed daily by the plant manager or designee.	Pork Slaughter Log Deviation / Corrective Action Log
CCP 3B Chilling Carcasses, Heads and Variety Meats	Pathogens	≤50°F internal temperature, for carcasses, heads and variety meats before fabrication/shipping	Internal temperature of carcasses (ham), heads and variety meats.	Temperature Monitoring Device	25% of the kill; minimum of 1 carcass, head and variety meats per kill.	Cooler operator	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identify and eliminate cause of deviation. 2. Bring CCP under control after corrective action is taken. 3. Measures to prevent recurrence are established. 4. No product that is injurious to health or adulterated enters commerce. 	Weekly calibration and/or verification of temperature monitoring device by the plant manager or designee. On pork slaughter days, records will be reviewed by the plant manager or designee.	Pork Slaughter Log Deviation/ Corrective Action Log Temperature Monitoring Device Calibration and/or Verification Log

¹ Plant manager or designee is responsible for performing corrective actions to ensure appropriate corrective actions are taken.

² Direct observation of corrective action by plant manager or designee will be conducted when a deviation is found during the pre-shipment record review.

January 6, 2000 Version

7. 연구원 편성표

세부과제명 (담당연구내용)	성명	소속기관 및 부서	직위	직급	전공 및 학위			
					학위	년도	전공	학교
소비자 관점의 한돈 선택 현황·과약 및 한돈 고급화 지표 개발과 종돈 개량을 위한 활용 방안 제시	서강석	순천대학교	교수	총괄	박사	1996	동물자원학과	서울대학교
	조영규	순천대학교	연구원	연구원	석사	2020	통계육종	순천대학교
	이동희	순천대학교	연구원	연구원	석사	2020	통계육종	순천대학교
	윤영권	축산물품질 평가원	처장	선임	석사	2002	식육가공학	고려대학교
	정연재	(주)도드람 양돈서비스	부장	선임	박사	2020	동물자원학과	단국대
한돈 고급화를 위한 생산·도축·가공 유통 행태 조사·분석 및 고급화 매뉴얼 작성 및 제도 개선방안 등의 연구	남기창	순천대학교	교수	책임	박사	2002	식육과학/ 식품공학	아이오와주 립대학교
	정선남	순천대학교	연구원	연구원	학사	1992	조경학	순천대학교
	박지영	순천대학교	연구원	연구원	석사	2018	근육식품학	순천대학교
	김법균	건국대학교	연구원	선임	박사	2007	축산학	켄터키대학교
	김대승	(주)선진	부장	선임	석사	2009	육가공	전주산업대 학교

8. 전문가 활용

성명	소속	직위	기간	활용내용
한덕래	한국육류유통수출협회	부장	23.02.02 (2H)	중간보고회 참여, 품질 정의, 등급제 개선
이형우	한국농촌경제연구원	전문연구원	23.02.02 (2H)	중간보고회 참여, 소비자 위주 등급제 개선, 보수력 근거 요청
최준표	(주)리뉴에너지코리아	대표	23.02.02 (2H)	중간보고회 참여, 설문조사 결과 활용 제시, 정육율의 활용성 재고
왕영일	한돈협회	감사	23.02.02 (2H)	중간보고회 참여, HACCP 의견 제시, 보수력 관련 근거 요청
이일주	다비육중	이사	23.02.02 (2H)	중간보고회 참여, VCS2000 데이터 확인, 등급제 기준 변경 사유 탐색
황주원	(주)지티엔알	이사	23.02.28 (5H)	도드람 2030 VISION 및 중장기 경영전략을 위한 연구 자문
			23.03.02 (5H)	강원한돈 통합 브랜드 관련 HACCP, 관리 체계 등 자문
왕영일	한돈협회	감사	23.03.31 (2H)	결과보고회 참여, 명도에 대한 추가 연구 필요, 소프트웨어를 위한 개발 가능성 제시
한덕래	한국육류유통수출협회	부장	23.03.31 (2H)	결과보고회 참여, 등급판정 결과과 기기 판정 간 오차 발생에 대한 의견 제시, 등급판정 기기 내 발생한 데이터 축적 현황과 활용 가능 여부
김시주	한국종돈생산자협회	국장	23.03.31 (2H)	결과보고회 참여, 기기 판정 간의 등지방두께 판정 기준 동일한지 여부 확인, 편차를 줄이기 위한 연구 일부 진행 중
이일주	다비육중	이사	23.03.31 (2H)	결과보고회 참여, 근막으로 인해 생기는 측정 불가 문제에 대해 해결안 제시
이형우	한국농촌경제연구원	전문연구원	23.03.31 (2H)	결과보고회 참여, 프리미엄 제시된 기준안과 현행 등급제 차이 여부에 대한 논의 필요, 적색도 사용 여부 등 자문

9. 주요 연구 기자재 및 시설

연구기자재 및 연구시설명	규 격	수 량	용 도	보유현황	확보 및 활용방안	비 고
유전자 분석기	ABI 3730	1	유전자 판독	순천대학교	구입	
유전자 분석기	ABI 3130	1	유전자 판독		구입	
유전자 증폭기	Mni amp, 96well	5	유전자 증폭		구입	
Vortexing	-	3	시료 혼합		구입	
원심분리기	1.5ml	3	상층액 분리		구입	
Autoclaver	대	1	멸균		구입	
Dry oven	대	1	기구건조		구입	
Texture analyzer	TA-X2	1	조직감 측정		구입	
Colorimeter	CR-410	1	육색지수 측정		구입	
Deep freezer	-55°C	3	냉동시료 보관		구입	
Cooling room	CL-01	1	시료 보관		구입	
Vacuum packaging m.	AZC-050	2	진공 포장		구입	
High speed centrifuge	Combi 514R	1	물질 분리		구입	
Water bath	J-IWB	3	시료 항온시험		구입	
Portable pH meter	pH-K21	1	도체 pH 측정		구입	
Benchtop pH meter	Orion 2-STAR	1	pH 측정		구입	
Homogenizer	PT10-35GT	1	시료 균질		구입	
Oven drier	DH.WON-155	1	건조		구입	
Fume hood	HB-405HL	1	용매 사용		구입	
Cooker	EMG-533	2	시료 가열		구입	
Microbalance	CUX4200H	5	시료 정량		구입	
Gas chromatography	HP-7890	1	지방산 분석		구입	
High performance LC	S 1125	1	물질정성/정량		구입	
Mixer	KitchenAid	1	물질혼합		구입	
Stirrer	MSH-20A	1	시약교반		구입	

10. 적 요

- ◎ 현행되고 있는 기존 돼지고기 등급 판정 제도는 규격 등급(등지방두께, 도체 중)을 지표로 판정이 이루어지고 있으나 해당 지표만으로는 고기의 품질을 설명하지 못하며, 경락가격과 같은 가격 요인에 영향을 주지만 완전하지 않고 또한 소비자 입장에서는 접근성이 떨어짐
- ◎ 따라서 해당 문제를 해결하고자 한돈 육질 고급화를 위한 지표 설정과 소비 시장 변화에 대응하기 위한 소비자 및 유통관계자를 위한 차별화된 한돈 고급화 추진을 진행하고자 함
- ◎ 연구를 위해 과제 1 “소비자 관점의 한돈 선택 현황·파악 및 한돈 고급화 지표 개발과 종돈 개량을 위한 활용 방안 제시”와 과제 2 “과제 2. 한돈 고급화를 위한 생산·도축·가공 유통 행태 조사·분석 및 고급화 매뉴얼 작성 및 제도 개선방안 등의 연구”로 구분하여 연구를 진행하였음
- ◎ 설문조사 과정을 통해 유통관계자 또는 유통 전문가의 경우 품질 특성, 마블링, 지방함량 등과 같은 지표에 주요 관심을 가지고 있었으며 이러한 품질에 영향을 미칠 수 있는 요인들의 탐색과 고급화 역시 그러한 지표들을 포함하기를 원하였음
- ◎ 일반 개인 소비자 그리고 대량 구매를 하는 영양사 설문조사에서는 유통쪽 의견과 달리 육색, 위생상태, 잡냄새 등을 중요시 여겼으며 이는 포장된 상태의 고기를 분할된 상태로 확인해야하는 소비자 입장에서는 직관적으로 확인 가능한 육색 등의 지표를 보다 우선시하는 것으로 사료
- ◎ 품질 고급화를 위해 VCS2000과 AUTOFOM을 통해 얻어진 데이터를 분석하고 추가로 품질 관련 데이터가 수집된 돼지 네트워크 보고서 자료를 추가한 결과 고급화를 위한 지표로 “등지방두께”, “도체중” 외 “지방수준”과 “명도”를 최종 제안함
- ◎ 지방수준은 도체 내 지방함량 또는 지방비율로 %로 표현되는 주요 지표로 한우에서 근내지방을 중요 육질 지표로서 여기듯이 지방수준을 제시하였음
- ◎ 명도는 가장 우수한 품질 지표 후보였던 보수력을 대체하는 개념으로 보수력은 연도, 육즙 등 다양한 품질 지표 요인과 관련이 깊은 주요 지표이나 현장 측정이나 기기 측정이 어렵고 하루 7~8만 두 도축 규모를 감당하기 어려워 연관성이 가장 깊으면서 측정이 용이한 육색 중 명도를 최종 제안함
- ◎ 또한 프리미엄 돈육 품질 생산 및 관리를 위해 생산 단계부터 도축 후 포장 및 유통 단계까지의 매뉴얼을 HACCP 기반으로 제시하였음
- ◎ 마지막으로 측정을 위한 주요 부위로 “삼겹살”, “목살”, “등심 끝”, “후지(햄)” 부위를 제시하였음
- ◎ 후속 연구로서 추가 데이터 확보를 통한 검증과 명도 측정 방법에 대한 검증과 관련 프로그램 개발이 요구됨

11. 참고자료 및 문헌

- (1) Aaslyng, M.D., Oksama, M., Olsen, E. V, Bejerholm, C., Baltzer, M., Andersen, G., Bredie, W.L.P., Byrne, D. V, Gabrielsen, G., 2007. The impact of sensory quality of pork on consumer preference. *Meat Sci.* 76, 61-73.
- (2) Algers, A., Berg, L., Hammarberg, K., Larsen, A., Lindsjö, J., Malmsten, A., Malmsten, J., Mustonen, A., Olofsson, L., Sandström, V., 2012. Utbildning i djurvälstånd i samband med slakt och annan avlivning.
- (3) Atkinson, S., Velarde, A., Algers, B., 2013. Assessment of stun quality at commercial slaughter in cattle shot with captive bolt. *Anim. Welf.* 22, 473-481.
- (4) Bejerholm, C., Aaslyng, M.D., 2004. The influence of cooking technique and core temperature on results of a sensory analysis of pork—Depending on the raw meat quality. *Food Qual. Prefer.* 15, 19-30.
- (5) Bonneau, M., Čandek-Potokar, M., Škrlep, M., Font-i-Furnols, M., Aluwé, M., Fontanesi, L., 2018. Potential sensitivity of pork production situations aiming at high-quality products to the use of entire male pigs as an alternative to surgical castrates. *Animal* 12, 1287-1295.
- (6) Brewer, M.S., Zhu, L.G., Bidner, B., Meisinger, D.J., McKeith, F.K., 2001. Measuring pork color: effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Sci.* 57, 169-176. Brown, T., James, S.J., 1992. Process design data for prok chilling. *Int. J. Refrig.* 15, 281-289.
- (7) Chmiel, M., Słowiński, M., & Dasiewicz, K. (2011). Lightness of the color measured by computer image analysis as a factor for assessing the quality of pork meat. *Meat science*, 88(3), 566-570.
- (8) Chmiel, M., Słowiński, M., Dasiewicz, K., & Florowski, T. (2016). Use of computer vision system (CVS) for detection of PSE pork meat obtained from m. semimembranosus. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 532-536.
- (9) Danish Agriculture & Food Council, 2021. PIG INDUSTRY QUALITY ASSURANCE
- (10) Danish Meat Association, 2007. Danish Quality Guarantee, Danske Slagterier
- (11) David J. Meisinger. 1997. Consumer Preference for Pork Quality. Annual Reciprocal Meat Conference 45-49
- (12) E. Kowalski, M. Aluwe, E. Vossen, S. Millet, B. Ampe, S. De Smet. 2021. Quality characteristics of fresh loin and cooked ham muscles as affected by genetic background of commercial pigs. *Meat Science* 172
- (13) Environmental effects on meat quality. *Meat Sci.* 86, 171-183.
- (14) European Union, 2009. Protection of animals at the time of killing. European Union, 2005. Protection of animals during transport and related operations and amending Directives.
- (15) Falowo, A.B., Fayemi, P.O., Muchenje, V., 2014. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Res. Int.* 64, 171-181.
- (16) Garza, S. Y. (2011). Evaluation of Addition of Alkaline Solutions on Overall Quality and Functionality of Normal and Pale, Soft, and Exudative (PSE) Pork Gels (Doctoral dissertation, Texas A & M University).
- (17) Gerritzen, M.A., Hindle, V.A., Steinkamp, K., Reimert, H.G.M., Van Der Werf, J.T.N.,
- (18) GUARANTEE. EU Dashboard, 2014. Categories and classes for recording of market prices for pig carcasses.
- (19) Hocquette, J.-F., Gondret, F., Baéza, E., Médale, F., Jurie, C., Pethick, D.W., 2010.

- (20) Huff-Lonergan, E., Baas, T. J., Malek, M., Dekkers, J. C., Prusa, K., & Rothschild, M. F. (2002). Correlations among selected pork quality traits. *Journal of animal science*, 80(3), 617-627.
- (21) Huff-Lonergan, E., Baas, T.J., Malek, M., Dekkers, J.C.M., Prusa, K., Rothschild, M.F., 2002. Correlations among selected pork quality traits. *J. Anim. Sci.* 80, 617-627.
- (22) Hughes, J.M., Oiseth, S.K., Purslow, P.P., Warner, R.D., 2014. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Sci.* 98, 520-532.
- (23) Hwang, Y. H., Lee, S. J., Lee, E. Y., & Joo, S. T. (2020). Effects of carcass weight increase on meat quality and sensory properties of pork loin. *Journal of animal science and technology*, 62(5), 753.
- (24) Improving the quality of pork and pork products for the consumer. 2012. Q-Porkchains Report
- (25) Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and
- (26) Jo, K., Lee, S., Jeong, H. G., Lee, D. H., Yoon, S., Chung, Y., & Jung, S. (2023). Utilization of Electrical Conductivity to Improve Prediction Accuracy of Cooking Loss of Pork Loin. *Food Science of Animal Resources*, 43(1), 113-123.
- (27) Jo, K., Lee, S., Jeong, H.G., Lee, D.-H., Yoon, S., Chung, Y., Jung, S., 2023. Utilization of Electrical Conductivity to Improve Prediction Accuracy of Cooking Loss of Pork Loin. *Food Sci. Anim. Resour.* 43, 113-123.
- (28) Kim, T.W., Kim, C.W., Yang, M.R., No, G.R., Kim, S.W., Kim, I.-S., 2016. Pork quality traits according to postmortem pH and temperature in Berkshire. *Korean J. food Sci. Anim. Resour.* 36, 29.
- (29) Koochmaraie, M., Geesink, G.H., 2006. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Sci.* 74, 34-43.
- (30) Leary, S., Underwood, W., Anthony, R., Corey, D., Grandin, T., Gwaltney-Brant, S., Smith, S., 2016. AVMA guidelines for the humane slaughter of animals: 2016 edition. Assoc. AVM, Ed. AVMA 64.
- (31) Lebret, B. (2008). Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. *Animal*, 2(10), 1548-1558.
- (32) Lebret, B., 2008. Effects of feeding and rearing systems on growth, carcass composition and meat quality in pigs. *Animal* 2, 1548-1558.
- (33) Lebret, B., Čandek-Potokar, M., 2022. Pork quality attributes from farm to fork. Part I. Carcass and fresh meat. *Animal* 16, 100402.
- (34) Lepetit, J., Grajales, A., Favier, R., 2000. Modelling the effect of sarcomere length on collagen thermal shortening in cooked meat: consequence on meat toughness. *Meat Sci.* 54, 239-250.
- (35) Lim, D. (2018). Effect of carcass weight and thickness of back fat on the ratio of intramuscular fat in pork belly and shoulder butt. *축산식품과학과 산업*, 7(2), 74-83.
- (36) Mahabbat Ali, Ki Ho Baek, Seong-Yun Lee, Hyun Cheo Kim, Ji-Young Park, Cheorun Jo, Jong Hyun Jung, Hwa Chun Park, Ki-Chang Nam. 2021. Comparative Meat Qualities of Boston Butt Muscles (M. subscapularis) from Different Pig Breeds Available in Korean Market. *Food Science of Animal Resources* 41(1) 71-84
- (37) Maltin, C.A., Warkup, C.C., Matthews, K.R., Grant, C.M., Porter, A.D., Delday, M.I., 1997. Pig muscle fibre characteristics as a source of variation in eating quality. *Meat Sci.* 47, 237-248.
- (38) Marahrens, M., 2013. The effect of reduced loading density on pig welfare during long distance transport. *Animal* 7, 1849-1857.

- (39) Meriam Miranda Cabling. 2013. The Genetic Relation Between Growth and Meat Quality Traits of Duroc Pig. 순천대학교 학위논문
- (40) Modzelewska-Kapituła, M., & Jun, S. (2022). The application of computer vision systems in meat science and industry—A review. *Meat Science*, 108904.
- (41) Moeller, S. J., Miller, R. K., Edwards, K. K., Zerby, H. N., Logan, K. E., Aldredge, T. L., ... & Box-Steffensmeier, J. M. (2010). Consumer perceptions of pork eating quality as affected by pork quality attributes and end-point cooked temperature. *Meat Science*, 84(1), 14-22.
- (42) Monin, G., 2004. Slaughter-line operation and pigmeat quality., in: *Encyclopedia of Meat Sciences*. Pp. Elsevier, UK, pp. 338-342.
- (43) Nicholson, F.A., Chambers, B.J., Williams, J.R., Unwin, R.J., 1999. Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. *Bioresour. Technol.* 70, 23-31.
- (44) nutritional control, and identification of putative markers. *Animal* 4, 303-319.
- (45) Pauly, C., Luginbühl, W., Ampuero, S., Bee, G., 2012. Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted—Results of a meta-analysis study. *Meat Sci.* 92, 858-862.
- (46) Petroman, C., Petroman, I., Sărăndan, H., Stana, L., 2007. On the effect of thermal environment on meat and carcass quality in swine raised on privately-owned pig farms, in: *Proceedings of Clima*. pp. 105-109.
- (47) Price, J., 1971. *The science of meat and meat products*. American Meat Institute Foundation.
- Qiao, J., Wang, N., Ngadi, M.O., Gunenc, A., Monroy, M., Garipey, C., Prasher, S.O., 2007. Prediction of drip-loss, pH, and color for pork using a hyperspectral imaging technique. *Meat Sci.* 76, 1-8.
- (48) Qiao, J., Wang, N., Ngadi, M. O., Gunenc, A., Monroy, M., Garipey, C., & Prasher, S. O. (2007). Prediction of drip-loss, pH, and color for pork using a hyperspectral imaging technique. *Meat science*, 76(1), 1-8.
- (49) Raj, A.B.M., 1999. Behaviour of pigs exposed to mixtures of gases and the time required to stun and kill them: welfare implications. *Vet. Rec.* 144, 165-168.
- (50) Rothschild, M. F., Christian, L. L., & Baas, T. J. (1997). Development of a Resource Family to Identify Genes for Meat Quality Traits in the Pig. *Iowa State University Animal Industry Report*, 1(1)
- (51) Sara Rajic, Stefan Simunovic, Vesna Djordjevic, Mladen Raseta, Igor Tomasevic, Ilija Djekic . 2022. Quality Multiverse of Beef and Pork Meat in a Single Score. *Foods* 11(8)
- (52) Savell, J.W., Cross, H.R., 1988. The role of fat in the palatability of beef, pork, and lamb. *Des. foods Anim. Prod. options Marketpl.* 345.
- (53) Schinckel, A. P., & De Lange, C. F. M. (1996). Characterization of growth parameters needed as inputs for pig growth models. *Journal of Animal Science*, 74(8), 2021-2036.
- (54) Seok-Hyeon Beak, Seung Ju Park, Dilla Mareistia Fassah, Hyun Jin Kim, Minsu Kim, Cheorun Jo, Myunggi Baik. 2021. Relationships among carcass traits, auction price, and image analysis traits of marbling characteristics in Korean cattle beef. *Meat Science*
- (55) Sofos, J.N., 2014. Meat and meat products, in: *Food Safety Management*. Elsevier, pp. 119-162.
- (56) Steven M., L., David G., T., Dennis N., M., 2019. Harvest processes for meat, in: *The Science of Animal Growth and Meat Technology*. pp. 1-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815277-5.00007-X>
- (57) Steven Moeller, Rhonda K Miller, K.K. Edwards, Henry N Zerby, K.E. Logan, T.L. Aldredge, C.A. Stahl, Mark Boggess, Janet Box-Steffensmeier. 2010. Consumer perceptions of pork eating

quality as affected by pork quality attributes and end-point cooked temperature. *Meat Science* 84(1) 14-22

- (58) Straadt, I.K., Rasmussen, M., Andersen, H.J., Bertram, H.C., 2007. Aging-induced changes in microstructure and water distribution in fresh and cooked pork in relation to water-holding capacity and cooking loss-A combined confocal laser scanning microscopy (CLSM) and low-field nuclear magnetic resonance relaxation study. *Meat Sci.* 75, 687-695.
- (59) The BC Cook Articulation Committee, 2015. Preventing Foodborne Illness, in: *Food Safety, Sanitation, and Personal Hygiene.* pp. 1-18.
- (60) The Council of European Union, 2019. concerning the protection of animals kept for farming purposes. Thu, D.T.N., 2006. Meat quality: understanding of meat tenderness and influence of fat content on meat flavor. *VNUHCM J. Sci. Technol. Dev.* 9, 65-70.
- (61) Tom J. Baas. 1998. 돼지의 도체형질이 육질에 미치는 영향과 육질개량. *Animal improvement* 20(6)
- (62) USDA / AMS, www.ams.usda.gov /
- (63) USDA / FSIS, www.fsis.usda.gov /
- (64) Van der Wal, P.G., Engel, B., Hulsegge, B., 1997. Causes for variation in pork quality. *Meat Sci.* 46, 319-327.
- (65) Vecerek, V., Malena, M., Malena, M., Voslarova, E., Chloupek, P., 2006. The impact of the transport distance and season on losses of fattened pigs during transport to the slaughterhouse in the Czech Republic in the period from 1997 to 2004. *Vet. Med.* 51, 21.
- (66) Vonada, M. L., Bidner, B. S., Belk, K. E., McKeith, F. K., Lloyd, W. R., O'Connor, M. E., & Smith, G. C.. 2000. Quantification of pork belly and Boston butt quality attribute preferences of South Korean customers. *Journal of animal science*, 78(10), 2608-2614
- (67) Vonada, M. L., Bidner, B. S., Belk, K. E., McKeith, F. K., Lloyd, W. R., O'Connor, M. E., & Smith, G. C.. 2001. Factors influencing consumer demand for US pork exported to the Republic of Korea (South Korea). *Journal of animal science*, 79(4), 907-911
- (68) Warner, R.D., Greenwood, P.L., Pethick, D.W., Ferguson, D.M., 2010. Genetic and
- (69) Watanabe, G., Motoyama, M., Nakajima, I., Sasaki, K., 2018. Relationship between waterholding capacity and intramuscular fat content in Japanese commercial pork loin. *AsianAustralasian J. Anim. Sci.* 31, 914.
- (70) Wood, J.D., Nute, G.R., Richardson, R.I., Whittington, F.M., Southwood, O., Plastow, G., Mansbridge, R., Da Costa, N., Chang, K.C., 2004. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Sci.* 67, 651-667.
- (71) Zamaratskaia, G., Squires, E.J., 2009. Biochemical, nutritional and genetic effects on boar taint in entire male pigs. *Animal* 3, 1508-1521.
- (72) Zhang, J., Bhatt, T., 2014. A guidance document on the best practices in food traceability. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 13, 1074-1103.
- (73) 고경보, 김갑돈, 강동근, 김영화, 양익동, 류연철. 2013. 제주 개량 흑돼지와 국내에 도입된 주요 돼지 품종의 육질 특성 및 근섬유 특성 비교. *Journal of Animal Science and Technology* 55(5) 467-473
- (74) 김영화. 2014. 생체육질예측기법을 활용한 돼지육량 및 육질 연관성 분석. 제주대학교 학위논문
- (75) 남기욱. 2004.
- (76) 도창희. 2007. Estimation of Carcass Cut Traits in Live Pigs. *J. Anim. Sci. & Technol.* 49(2) 203-212

- (77) 문상훈, 조인철, 전진태, 주선태, 박구부, 정진연, & 김갑돈. (2009). 돈육 등심의 육색과 보수력 측정치 사이의 상관관계에 관한 연구. *Journal of Animal Science and Technology*, 51(4), 329-336.
- (78) 신현식. 2007. 유럽의 양돈산업 연수 보고서. *흙살림 정보* 98
- (79) 정영철. 1997. 초음파 측정기를 이용한 돼지의 정육율 측정. *한국육가공협회* 16(-) 53-62
- (80) 황성원, 최윤상, 양주환. 2017. 양돈브랜드 경영체 우수 브랜드 품질관리 전략. *Korean Journal of Agricultural Management and Policy* 44(3) 596-611