
『한돈 고급화를 위한 지표 실증 연구』
결과보고서

2023. 12.

국립순천대학교 산학협력단

목 차

1. 연구배경 및 목표	03
2. 연구개발의 목표 및 방법	13
3. 연구 내용 및 결과	17
4. 기대효과 및 활용방안	51
5. 연구원 편성표	53
6. 전문가 활용	54
7. 주요 연구 기자재 및 시설	55
8. 참고문헌	56

부록. 명도 측정 프로그램 사용 매뉴얼

1. 연구배경 및 목표

가. 선행 연구 결과

- 2022년 실시한 선행 연구인 “한돈 고급화 전략 수립을 위한 유통 및 소비 친화적 품질 등 개선방안 연구”의 결과보고서에서 한돈 고급화 지표를 위한 4가지 지표를 제시하였음
- 이중 규격 관련 지표인 등지방두께, 도체중과 더불어 지방수준(함량 또는 비율)에 대해서는 VCS2000((e+v Technology GmbH & Co.KG, Oranienburg, Germany)과 AutoFom III (Frontmatec Smørum A/S, Denmark)로부터 얻어진 자동 등급 판정 기기의 산출 데이터를 바탕으로 높은 경락가격을 지니는 시점을 기준으로 선정하였음

[표] 자동 등급 판정 기기 데이터 기반 조사 결과 (기기 종류별)

구분	VCS2000	AutoFom III
도체중	90~93kg	88~93kg
등지방두께	24~27mm	24~25mm
지방 수준	(무게) 24~32kg (함량) 30~35%	(무게) 22~25kg (비율) 30~31%

- 추가적으로 국내·외 연구 사례를 토대로 육색을 새로운 한돈 고급화를 위한 지표로서 제시하였으며 육색 중에서도 보수력과 pH 등의 품질 지표와 관련이 깊은 명도(L*)를 제시하였음
- 이 때 한돈 고급화를 위한 적합한 명도 수준에 대해서는 PSE(pale, soft, exdautive)육 기준보다는 낮으면서 DFD(dark, firm, dry) 육보다는 높은 40~50 범위를 제시하였음
- 위 사항들을 최종 정리한 결과 4가지 지표에 대한 고급화 지표 수준을 아래와 같이 정리할 수 있었음

- 1) 도체중 : 88~93kg
 - 2) 등지방두께 : 24~27mm
 - 3) 지방함량 또는 비율 기준 30~35%
 - 4) 명도(L*) : 40~50 (기기 조건과 환경에 따라 다름)

- VCS2000과 AutoFom III이 설치된 도축장의 자료로부터 도체중, 등지방두께, 지방 함량의 기준을 만족하는 데이터를 확인하였으며 해당하는 데이터의 비율을 계산하여 출현율을 확인하였음
- 또한 육색인 명도의 경우 돼지 개량 네트워크 데이터 사업으로부터 수집된 14년도부터 18년도까지의 현장 육색 데이터가 포함된 데이터로부터 해당 기준을 만족하는 출현율을 확인하여 아래와 같은 결과를 얻었음

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

구분	VCS2000	AutoFom III	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)

- VCS2000의 경우 총 데이터 중 도체중, 등지방두께 그리고 지방수준을 만족하는 경우는 각각 18.83%, 21.67% 그리고 18.56%로 나타났으며 3가지 기준을 모두 만족하는 경우는 1.97%로 매우 낮게 나타났음
- AutoFom의 경우 다른 범위를 가졌기에 각각 42.37%, 27.90% 그리고 52.43%로 VCS2000에 비해서 높은 출현율을 보였으나 3가지 기준을 모두 만족하는 경우는 9.51%로 마찬가지로 낮은 수준을 보였음
- 또한 육색에 대한 출현율의 경우 전체에 비해 62.25%로 나타났으나 해당 데이터는 듀록 위주로 분석이 진행된 실험이었다는 점에서 제한적인 데이터이었으며, 다른 등급 판정 기기 자료와 달리 상대적으로 적은 규모(728두)에서 진행되었다는 점에서 편이가 발생할 수 있다는 문제점이 있었음



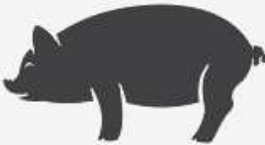
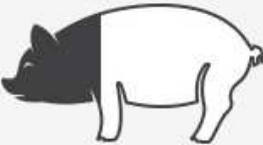
나. 선행 연구의 문제점과 해결책

문제점	해결안	비고
1. VCS2000 1개소(2022년), Autofom 1개소(2020년) 제한적인 범위 내에서 이루어진 데이터 수집	추가적인 자동 등급 판정 기기 데이터의 수집 및 넓은 시기에서의 데이터 추가 수집	축산물품질평가원 협조
2. 제시한 4가지 지표 중 3가지 지표를 적용하였을 때 산출되는 고품질 돼지고기에 해당하는 출현율이 너무 낮게 나타남	출현율 범위가 현실적인 수준으로 나타나도록 실증하여 조정	
3. 제시한 4가지 지표 중 명도 측정 프로그램 부재	측정 프로그램 개발	
4. 명도 측정 프로그램을 통한 예측치에 대한 정확도 검증 부재	색차계 측정 기기를 활용한 실측치를 확보하여 예측치에 대한 검증 실시	1차 산출 후 최종 보정
5. 기존 시행 중인 국가 제도상 한돈 고급화 지표를 보완 또는 지지해줄 정책이 미비함	연구 결과에 따라 시책 건의(안) 제안	

- 위와 같은 선행 연구의 결과로부터 4개 지표를 최종 제시하였으며 보완할 점이 몇 가지 확인되었음
- 1번째는 지표 산정에 활용된 자동 등급 판정 기기 데이터의 수집 범위가 VCS2000 1개소, AutoFom 1개소로 전국 평균이라고 보기에는 어려운 수준이었으며 데이터가 수집된 시기 역시 각각 2022년과 2020년로 한정된 데이터로 시기에 따른 편차가 확인되지 못함
- 2번째는 지표 중 등지방두께, 도체중, 지방수준을 적용하였을 때 고품질 돼지고기 출현율이 매우 낮은 수준(약 2%)으로 나타나 현실적이지 못한 점
- 3번째와 4번째는 같은 선상에서 발생하는 문제로 4개 지표 중 명도를 새로운 지표로서 제시하였으나 효용성을 이전 연구에서 제시하였을 뿐 실질적으로 당장 사용가능한 측정 프로그램의 부재와 프로그램 개발 후 신규 프로그램에 대한 정확도 검증이 실시되지 않아 신뢰도가 떨어진다는 점이 있었음
- 마지막으로 위와 같은 한돈 고급화 지표를 명확히 하고 제도적 기반을 형성하기 위한 국가 제도상 정책이 미비한 상황으로 이에 대한 보완이 필요하였음

다. 연구 필요성

- 본 연구의 필요성은 기존 한돈 산업의 발전 방향이, 소비자 입장에서든 그리고 이를 유통하는 유통관계자 입장에서든, 한계점에 이르러면서 생긴 문제에서부터 시작됨
- 해외는 품질에 대한 관심을 가지고 이베리코 돼지고기와 같은 고품질 브랜드 가치를 가지는 돈육 생산을 하고 있음에도 불구하고 여전히 국내 한돈 전략은 국내 산 돼지라는 점을 내세우고 있다는 한계점이 우선 있음

 베요타 100% BELLOTA 100%	 베요타 75% BELLOTA 75%	 세보데감보 Cebo de campo	 세보 Cebo
			
100% 순종 이베리코	75% 교배종	50% 교배종	30% 교배종
22개월 100% 자연방목	17개월 100% 자연방목	12개월 비육기간 2개월 방목/축사 병행	10개월 비육기간 (축사에서 사육)
올리브, 도토리, 허브 등을 먹고 자람	사료+허브, 올리브 등을 먹고 자람	올리브유 섞은 사료 급여	곡류 사료 급여

(베요타(Bellota) = 도토리 / 감보(Campo) = 농장 / 세보(Cebo) = 사료)

[그림] 이베리코로 알려진 스페인 돼지 등급 체계 (출처: 푸드 스토리텔러, 퍼밀)



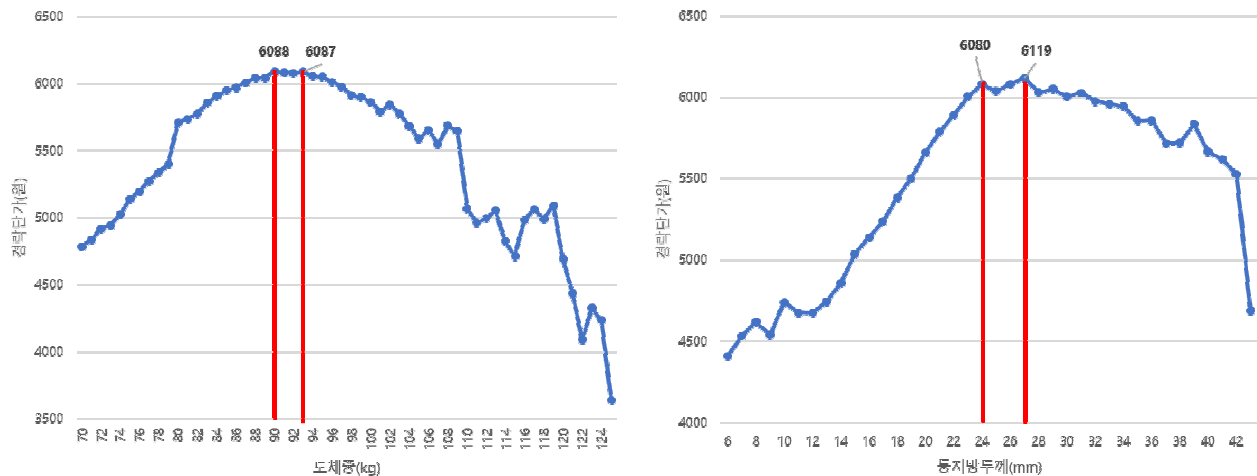
순종 100% 이베리코 베요타
스페인 현지업체 인증마크



순종 100% 이베리코
베요타 블랙라벨

[그림] 스페인 이베리코 최고 등급 품질 인증 마크인 블랙 라벨 (출처: 푸드 스토리텔러, 퍼밀)

- 대표적으로 고급 돈육으로 유명한 이베리코 돼지의 경우 스페인 현지 정부 차원에서 이베리코 돼지에 대한 법령을 지정하여 품종 단계에서부터 관리를 실시함
- 또한 고급 돈육에 대한 정의를 내리고자 여러 연구가 실시되었으나 실질적인 가격 차별을 만들어낼 수 있는 부분이 미진하여 결과적으로 등급 판정 결과(1+, 1, 2등급)가 경락가격 등의 요인에 주는 절대적인 영향력이 감소하였음



[그림] 도체중과 등지방두께에 따른 평균 경락단가 변화 그래프

[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		

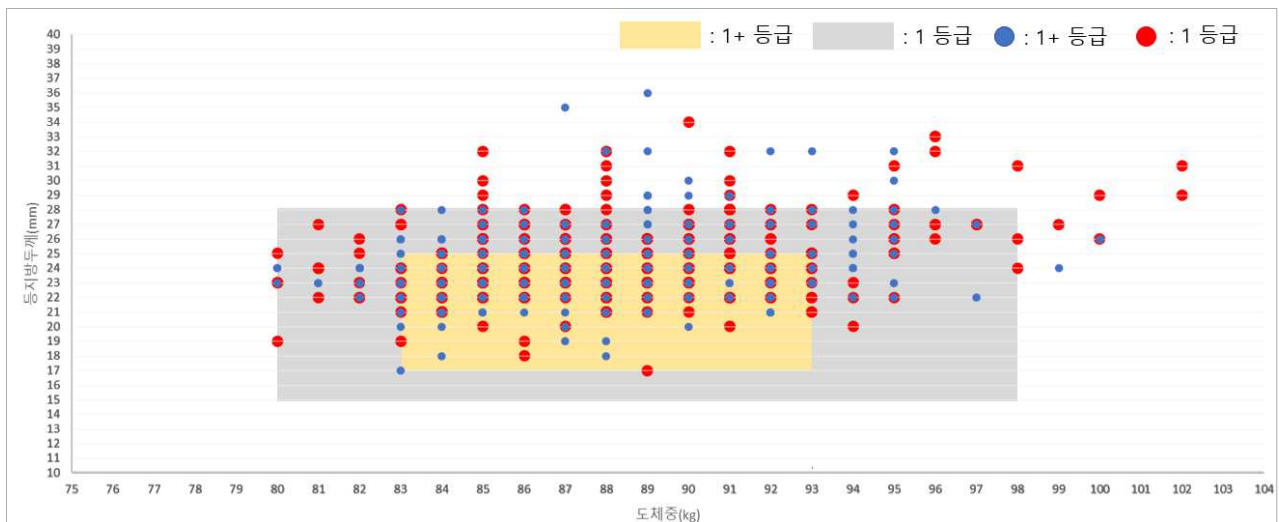
* ^2 : 제곱항을 의미함

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

- 위 그림과 표는 그러한 점을 보여주는 그래프로 도체중과 등지방두께의 수준에

따라 경락단가의 차이가 분명히 나타나는 그래프를 보여줌에도 불구하고 경락단가에 대한 통계적 모델 분석식에서는 매우 낮은 영향 수치(eta-sqaure)를 보여주었음

- 결과적으로 가격 요인인 경락단가에 대해 기존의 규격 등급 체계(등지방두께와 도체중)만으로는 설명이 부족하다는 의미가 됨



[그림] 경락단가 상위 1%에 해당하는 1+ 등급 또는 1등급 개체

- 또한 돼지고기 등급 체계에 따라 구분한 1+ 등급과 1등급 개체들에 대해 높은 경락단가(상위 1%)에 해당하는 개체들의 도체중과 등지방두께 수준을 보면 실제 돼지 등급 판정 기준에 해당하는 도체중과 등지방두께의 범위를 벗어나는 다수의 개체들이 나타나는 것이 확인되었음
- 지역별 한돈 관련 여러 브랜드가 공통된 기준 없이 무분별하게 생겨났다가 설립 및 폐업이 반복되면서 제품에 대한 정확한 차별화가 이루어지지 않고 결과적으로 품질 관리가 균일하지 못함



[그림] 2022년 소비자시민모임이 선정한 우수 한돈 브랜드 (출처: 돼지와 사람)

- 위 그림은 2022년 소비자시민모임이 선정한 우수 한돈 브랜드들의 리스트로 대부분이 특정 지역에 대한 브랜드이거나 혹은 특정 유명 회사 브랜드 제품으로 구성되어 있음

[표] 브랜드별 특징 키워드 조사

브랜드	특징
산수골목장	HACCP 인증, 무항생제 인증, 한돈 자조금 위원회 인증
도드람한돈	종돈, 사료, 사양을 일원 체계로 구성하여 규격돈육 생산시스템 구축 최근 YBD(요크셔,버크셔,듀록) 교잡종 'THE질은'프리미엄 출시
백두대간한돈	HACCP, 무항생제, 규격돈 생산, 콜드체인
보리먹인돼지가천맥돈	HACCP, MAP 산소포장시스템, 보리 급여
산들에참포크	HACCP, MAP 산소포장
생생포크	고품질 원료, 규격돈, HACCP, 급냉터널, 콜드 체인 생생포크 본, 생생포크 일품, 제주생생포크, 엄마의 선물 세부 브랜드
선진포크	HACCP, MAP 산소포장
인삼포크	인삼, 셀레늄, 비타민E 혼합 사료 급여, HACCP, 콜드체인, 우수한 불포화 지방산 함량(65.17%)
장군포크	HACCP
제주도니	HACCP, 철저한 온도관리(지육 5도 이하, 작업환경 15도 이하), 지리적표시 인증(제주도), 제주 JQ 품질인증
태흥한돈	단일 생산농장 원료돈 통일, HACCP, 신선온도 유지
포크밸리	MAP 산소포장, HACCP 인증
포크빌포도먹은돼지	HACCP, 콜드체인, 종돈과 사료, 사양관리 통일, 포도발효 첨가물(항생제 투여 감소)
프로포크	계열화 통한 관리, 콜드체인, 수송 스트레스 최소화, 전용사료 공급, 사양 관리 전문가 통한 컨설팅

- 위 표는 확인한 브랜드별 특징적인 부분을 확인하기 위해 온라인 쇼핑몰, 회사 홈페이지, 각종 매체 등에서 소개되는 브랜드의 특징을 키워드별로 작성하여 서술한 표임
- 가장 많이 발견되는 키워드는 'HACCP'과 통일된 생산체계 구축을 통한 '규격돈 생산' 으로 돼지고기 관련 품질 중 '안전성'과 '안정성' 관련으로 특화된 모습이라 할 수 있었음
- 또한 인삼포크, 포크빌과 같이 특정 첨가물을 사료로 섭취시키거나 혹은 도드람처럼 기존 3원교잡종(LYD) 체계에 변화를 주어 버크셔를 이용한 새로운 교잡종을 도입한 경우도 있었음

- 다만 위에서 언급된 브랜드들의 특징들은 지역 또는 회사에서 생산하는 브랜드로 국가의 관리하에 인증 체계를 갖춘 스페인과는 차이가 있다고 볼 수 있으며 본 연구 주제의 핵심 단어인 한돈 고급화 품질을 고려하면 국내에서 개선되어야 할 사항이 품질 중에서도 육질에 대한 개선 또는 개량이라고 할 수 있었음
- 기존의 국내 종돈 개량 목표는 더 많은 산자수, 더 빠른 성장 수준 위주로 이루어져 왔기에 육질에 대한 개량 수준이 미흡하였으며 소비자들의 기호도고 높은 돼지고기가 무엇인지에 대한 고품질 돼지고기에 대한 기준이 존재하지 않음
- 위와 같은 국내 한돈 산업의 현황으로 인해 본 연구를 통해 고급화 지표를 선정하고 검증을 함으로써 소비자와 유통관계자를 납득시키고, 또한 가격 차별화 요인으로서 명확한 한돈 고품질 돼지고기의 기준이 필요함

라. 연구 목표

○ 한돈 고급화 지표 검증

- VCS2000, 오토폼 등 자동 측정을 통한 등지방두께, 도체중, 지방수준(함량, 비율)에 대한 데이터 기초 분석
- 데이터 기준 등지방두께, 도체중, 지방수준에 대한 최종 적정 범위 확인 및 지표별 세부 기준 정립
- 지표 적용 시 출현을 실증 분석

○ 이미지 자료 기반 명도 측정 프로그램 개발

- 한돈 고급화 지표 중 명도에 대한 측정 프로그램 개발
- 육색 확보를 위한 적정 부위에 대한 영역 지정(세그멘테이션)
- 영역별 평균값을 구하고 이를 산출하기 위한 프로그램 개발

○ 실측치 확보와 이미지 자료 기반 예측치 정확도 검증

- 프로그램을 통한 예측치와 실제 확보한 실측치에 대한 유효성 검정
- 반복 측정을 통한 재현을 확인 및 정밀도 검증

○ 고품질 돼지고기 생산을 위한 제도 및 정부 요구안 마련

- 생산 농가 및 업계의 적극적 동참 유도를 위한 제도 마련 및 정부 요구안 마련
- 고급화 품질 기준 준수 시 확인할 수 있는 인증 마크 등을 통한 소비자가 인식할 수 있는 제도(안) 제시

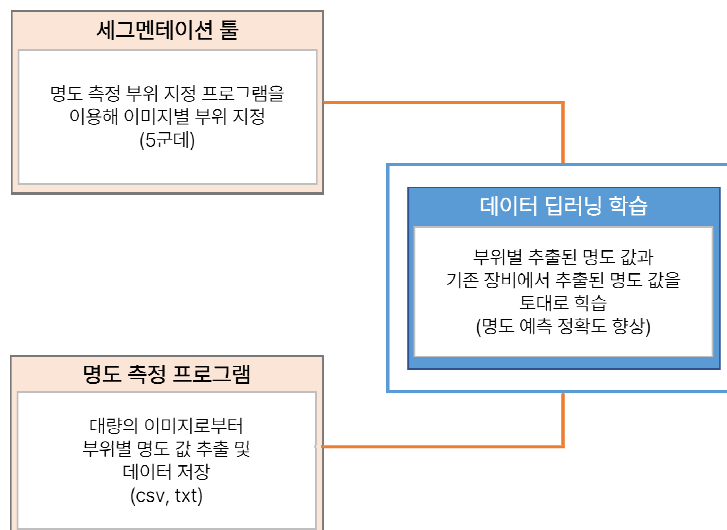
2. 연구개발의 목표 및 방법

○ 한돈 고급화 지표 검증

- 이전 연구 단계에서 실시하여 확인된 4가지 지표 중 등지방두께, 도체중, 지방수준에 대해서 전국에서 사용되는 자동 등급 판정 기기 데이터를 수집하고자 함
- 데이터 수집을 위해서는 축산물품질평가원과 관련 업체의 협조가 필요함
- 데이터가 수집된 후에는 데이터에 대한 QC(quality control)를 진행한 후 3가지 지표 각각에 대한 기초 통계 분석을 실시하여 평균, 표준편차, 분위수 등 수치를 확인하고 그래프 작성을 통해 분포를 확인
- 이전 연구 결과 분석에서 제시한 것처럼 3가지 지표를 적용하였을 때 전체 돼지고기 중 해당하는 범위를 통해 출현율을 계산하고 현실적인 범위를 나타내는지 실증 (예시 : 예상치인 상위 10% 수준에서 형성되는지 확인)

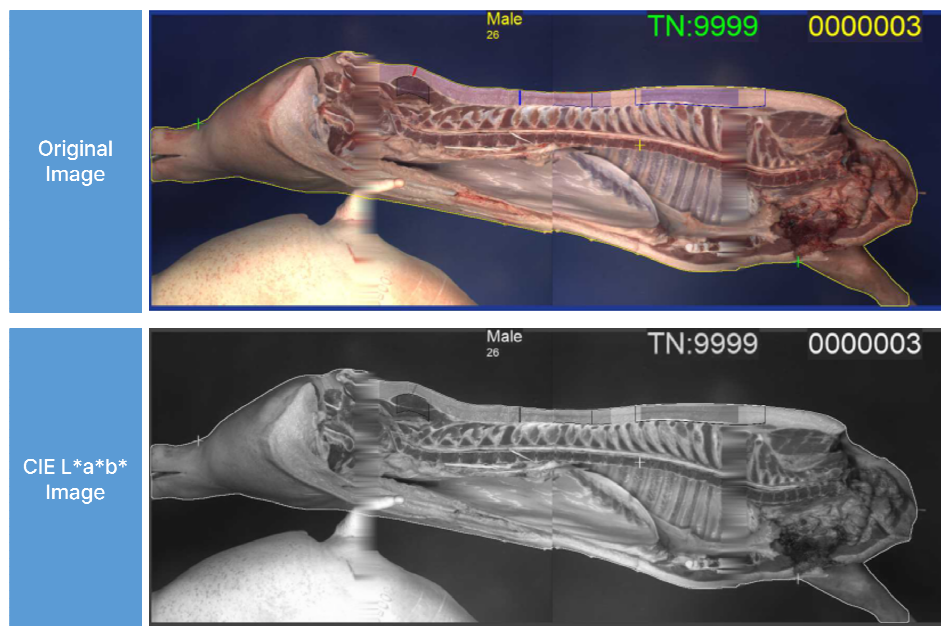
○ 이미지 자료 기반 명도 측정 프로그램 개발

- 대량의 이미지로부터 명도를 측정하기 위해 Python 기반 프로그램 개발 진행
- 이미지로부터 추출을 원하는 부위를 지정하기 위해, 부위별 세그멘테이션 툴 제작
- 부위별로 추출된 명도 값의 정확도 향상을 위해, 기존 장비에서 추출된 명도 값을 토대로 딥러닝 학습 진행 (CNN, RNN 등 적합 모델 선정 후 진행)
- 본 과제를 통해 개발되는 명도 측정 프로그램은 대량의 이미지로부터 부위별 명도 값을 추출하고 해당 데이터를 csv 확장자 또는 txt 확장자로 저장함



[그림] 프로그램 개발 프로세스

- 최종 개발되는 명도 측정 프로그램의 동작 프로세스는 아래와 같음
 - 1) 이미지 폴더 선택 및 이미지 로드
 - 2) 명도 값을 추출하도록 이미지 컨버팅
 - 3) 추출하고자 하는 부위별 명도 값 추출 및 평균 계산
 - 4) 이미지별 부위별 명도 값 산출
 - 5) 결과 폴더에 텍스트 형태로 저장 (csv, txt)



[그림] CIE L*a*b* 색상 추출 예시

○ 실측치와 예측치 간 비교를 통한 정확도 검증

- 첫 번째로 실측치 확보를 위해 색차계 측정 방식인 기기를 통한 육색값(L^* a^* b^*) 측정
- 이 때 육색은 색차계_Colorimeter(CR-410, Minolta Co., Ltd., Japan)를 사용하여 절단된 시료의 표면에서 측정을 실시하였으며, 명도(L^*), 적색도(a^*), 황색도(b^*)를 CIE(Commision Internationale de Leclairage)로 측정하여 Spectra Magic Software(Minolta Co., Ltd., Japan)로 분석 (실측치 확보)
- 또한 개발한 명도 측정 프로그램으로부터 산출한 예측치를 확보
- 실측치와 예측치 간 정확도 검증을 위해 SAS 9.4 통계 분석 프로그램을 사용하여 PROC Corr(상관분석)를 통한 두 데이터(실측치, 예측치) 간 상관관계수 확인
- 또한 동일 프로그램을 사용하여 PROC Reg(회귀분석)를 이용하여 두 데이터를 각각 종속변수와 독립변수로 설정하여 결과값을 얻어진 회귀모델식의 결정계수(R^2)값이 1에 가까운지 확인 진행

- 두 번째로 육색 측정치와 이화학적 검사로 얻은 보수력, pH를 비교하여 이전 연구에서는 선행 연구를 통해서만 제시되었던 pH와 보수력과 육색 간의 상관하는 정도를 명확하게 제시하고자 함

[표] PSE, 정상 그리고 DFD에 따른 돼지고기 육색, 보수력, pH 특징

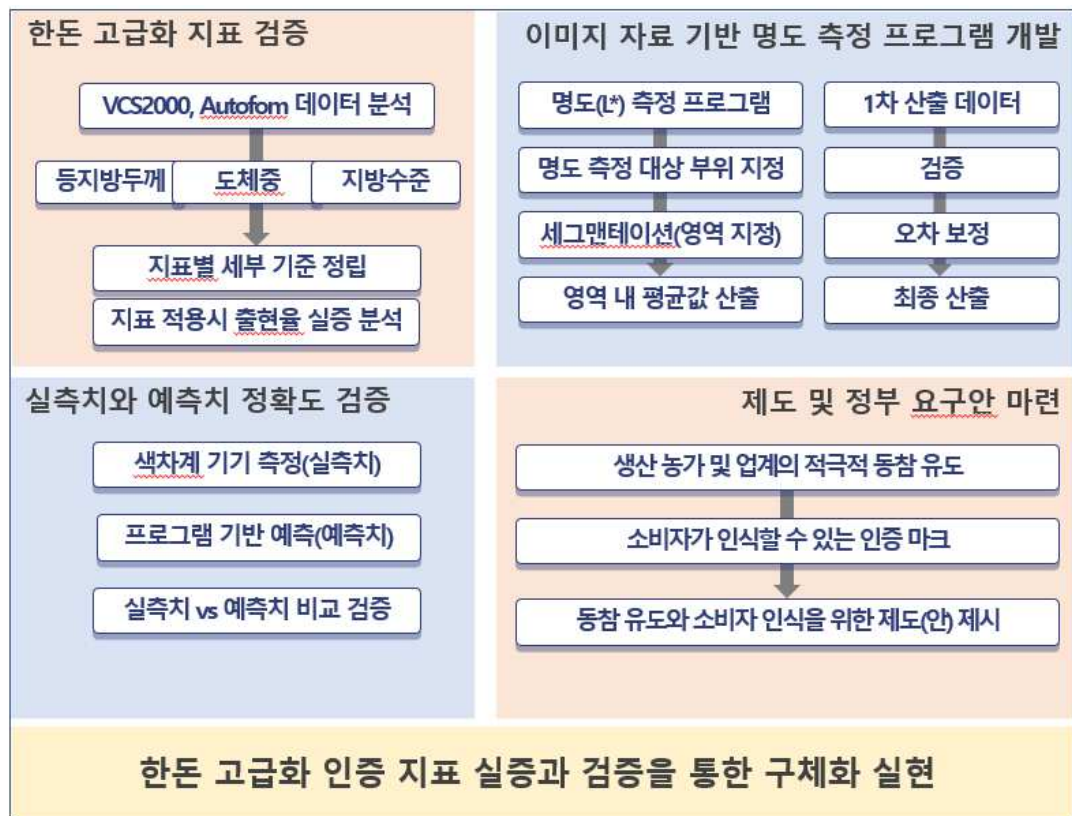
	PSE	정상육	DFD
최종 pH	5.5 (1시간)	5.8 (24시간)	6.2 (24시간)
육 색	창백하다	적 색	암 적 색
보 수 력	약 하 다	중 다	강 하 다

출처 : 돼지 개량 네트워크 구축사업 육질검사 보고서, 순천대학교

- 보수력과 pH 데이터 산출을 위해 약 50개 정도의 샘플을 확보하여 이화학적 검사를 실시
- 보수력은 분쇄한 시료 5g을 세공이 있는 필터가 포함된 50ml 튜브 안에 넣고 원심분리기 (Combi-514R, HANIL, Korea)로 1,000rpm에서 10분간 5°C로 설정하여 원심분리 후 시료의 무게를 측정하여 $[(\text{총 시료의 중량(g)} - \text{유리수분의 중량(g)}) / \text{총 시료의 중량(g)} \times 100]$ 계산식에 의해 값을 산출
- pH 측정은 시료 2g을 증류수 18ml와 함께 균질기로(Polytron PT 10-35 GT, Kinematica AG, Luzern, Switzerland)로 11,000rpm에서 1분간 균질 후 Whatman No. 4 여과지로 여과하여 각 시료의 여과액을 실온에서 pH meter (Seven Excellence™, METTLER TOLEDO, Switzerland)로 측정
- 보수력과 pH 값을 측정한 후에는 첫 번째에서 얻은 육색값과 통계적 분석을 실시하며 이 때 분석은 실측치와 예측치 간 정확도 검증 방식에 사용된 SAS 통계 프로그램을 이용하여 동일하게 진행하고자 함

○ 제도 및 정부 요구안 마련

- 검증 및 실증을 통해 확정된 지표별 세부 기준을 바탕으로 최종(안) 제시
- 생산 농가와 관련 업계가 호응할 수 있도록 해당 지표를 준수하였을 경우 어느 정도의 경락단가 등의 차이가 발생하는지 수치에 기반한 근거 자료 제시
- 또한 소비자가 인식할 수 있는 인증 마크 제도(안)을 요구할 수 있도록 해외 스페인과 같이 정부 차원에서 지원 및 규제하는 이베리코 돼지 사례나, 국내와 유사하게 오키나와의 아구, 가고시마의 쿠로부타, 보노포크 기후와 같이 지역 단위, 회사 단위로 브랜드가 이루어진 일본의 고급 돈육 사례들을 벤치마킹하여 우리나라에 맞는 요구안 제시



[그림] 연구 체계도

○ 연구 추진 계획

연구 내용	개월(M)								비고
	M+1	M+2	M+3	M+4	M+5	M+6	M+7	M+8	
1. 사업 입찰, 계약	▶								
2. 문헌 및 자료수집		▶	▶	▶				▶	측평원 : 자동 등급 판정 데이터 제공 협조 문헌자료 : 인터넷 자료 수집
3. 자료정리 및 분석			▶	▶	▶	▶	▶	▶	자료 QC(quality control) 통계분석
4. 프로그램 개발			▶	▶					알파 버전 프로그램 개발
5. 예측치 1차 산출				▶					검증을 위한 1차 예측치 산출
6. 중간보고서 제출 및 중간보고회				▶					가판 및 파일 제출 중간보고회 개최
7. 중간보고회 피드백 반영 수정 및 보완				▶	▶	▶			중간보고회에서 나온 의견 반영하여 연구 방향 및 내용 수정
8. 프로그램 수정					▶	▶			1차 산출 데이터 문제점 발생시 이에 대한 프로그램 수정 실시
9. 최종 예측치 산출						▶	▶		최종 예측치 모델(알고리즘)이 완성될 때 까지 반복 수정 및 최종 산출
10. 최종보고회 실시							▶		최종보고회 개최 발표자료 제출
11. 최종보고회 피드백 반영 수정 및 보완							▶		최종보고회 때 나온 참여 패널 전문가들의 의견 반영 및 보완
12. 최종보고서 제출								▶	위원회 측 파일 접수 완료 후에 인쇄본 및 한글 파일, PPT파일 등 제출
추진진도(%)	10	20	40	50	60	80	90	100	

3. 연구 내용 및 결과

가. 한돈 고급화 지표 검증

1) 추가 데이터의 확보

2. 요청 데이터 종류 및 규격

가. 데이터 종류

- 등급 판정 자료

이름	설명
도체중(량)	도체 한 마리 분의 중량 kg 단위
통지방두께	인력 또는 기계 등급 판정에 따라 산출된 통지방두께의 값
성별	도체의 성별 정보, 주요 도체 영향 요인
최종등급	최종 판정 정보
낙찰단가(경락단가)	경제적 이익 산출 관련 항목 지표로서 요청
도축날짜(도축일)	개체 구분을 위한 정보(도체번호와 함께 필요)
도체번호(도체번호)	개체 구분을 위한 정보(도축일과 함께 필요)
출하자명	출하한 사육 농가 정보, 주요 도체 영향 요인 *개인정보 삭제(또는 익명처리)
외관 정보	(2차 판정) 비육상태, 삼겹살 상태, 지방부착 상태 정보
육질 정보	(2차 판정) 지방침착도, 육색, 육조직감, 지방색, 지방질

- VCS2000 수집 이미지 자료

- VCS2000으로 촬영되는 도체 단위 이미지 자료

- VCS2000으로부터 자동 산출되는 예측 데이터들(아래 표는 작년 분석 데이터로부터 참고한 데이터 종류명)

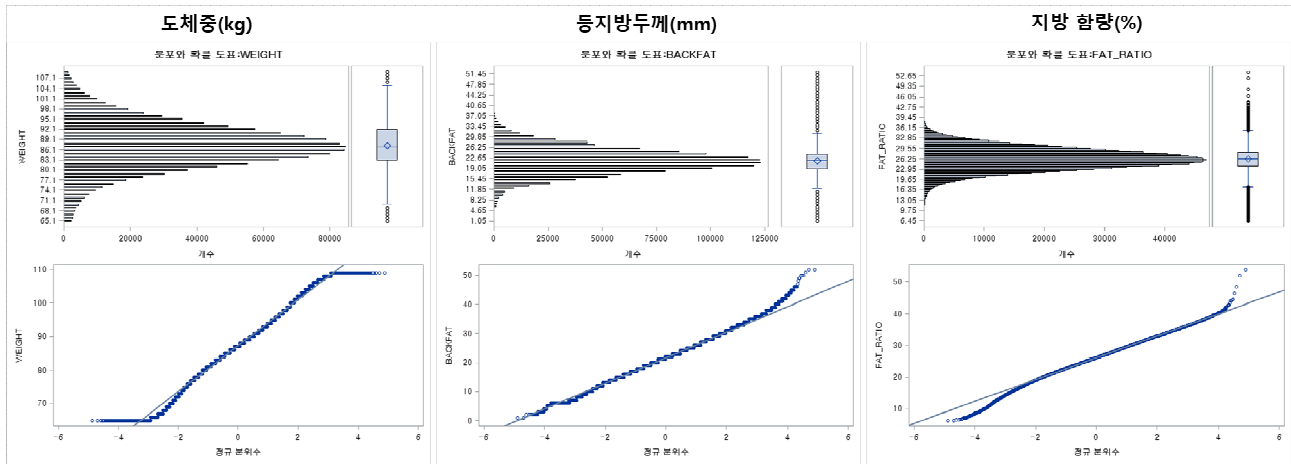
데이터명	데이터명	데이터명	데이터명
출하자명	껍질있는목심	껍질있는삼겹살	전체돈피무게
도축연월일	거래정육(정형한)목심	거래정육(정형한)삼겹살	전체지방무게
도체번호	순살심고기량	순살삼겹살고기량	전체뼈무게
성별	껍질있는알다리	거래정육내지방량	전체돈피무게
최종등급	거래정육(정형한)알다리	거래정육내지방비율	전체지방무게
도체중	순살다리고기량	삼겹살거래정육율	전체뼈무게
낙찰단가	거래정육(알사태)	통육10cm안쪽지방무게	전체거래정육량
통지방무게	정형안한안심	냉도체측정위지방무게	전체거래정육율
통지방뿔대중간두께	거래정육(정형한)안심	껍질있는뒷다리	전체순고기량
통지방1번중추두께	순살심고기량	거래정육(정형한)뒷다리	전체고기수율(LMP)
껍질있는 전구 무게	거래정육(정형한)갈매기살무게	순살뒷다리고기량	
껍질있는 중구 무게	껍질이슨통심	정형한뒷사태무게	
껍질있는 후구 무게	거래정육(정형한)통심		
껍질있는갈비	순살심고기량		
갈비거래정육(정형한)갈비			
순살비고기량			

나. 요청 규격

데이터 종류	요청 규격	비고
등급 판정 자료	○ 파일 확장자 : .csv 또는 엑셀 불러오기가 가능한 확장자 ○ 파일 형식 : 텍스트 데이터 ○ 데이터 수집 범위 : 최근 5년	개체 구분을 위한 도체번호 및 도축날짜 필요
VCS2000 자동 산출 자료	○ 파일 확장자 : .csv 또는 엑셀 불러오기가 가능한 확장자 ○ 파일 형식 : 텍스트 데이터 ○ 데이터 수집 범위 : 최근 5년 ※ 등급 판정 자료와 동일한 부분 데이터가 있으므로 합쳐서 제공이 더 용이한 경우 등급 판정 자료와 하나의 파일로 제공하여도 무관	
VCS2000 촬영 도체 단위 이미지	○ 파일 확장자 : jpg (또는 그 외 이미지 파일 확장자) ○ 파일 형식 : 도체 단위 촬영되어 산출되는 이미지 자료 ○ 데이터 수집 범위 : 최근 5년 ※ 향후 프로그램이 현장에서 바로 활용될 수 있도록 VCS2000의 자동 산출에 활용되는 이미지 자료 그대로를 요청	

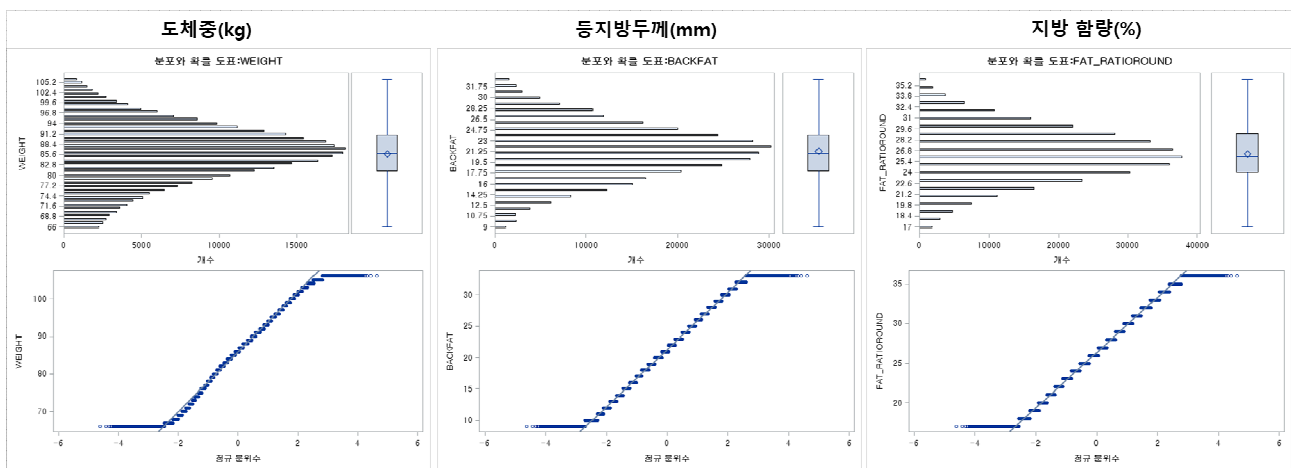
[그림] 데이터 요청서 본문 내용 일부

- 문제점으로 제시되었던 제한적으로 이루어졌던 데이터 수집 범위에 대해 해결책으로서 축산물품질평가원을 통해 추가 데이터 수집 진행
- 사업 계약 이후 축산물품질평가원 쪽 협력 의사를 구하고자 여러 차례 협의 실시
- 협의 진행을 위해 사업 개요와 데이터 요청 범위를 담은 데이터 요청서 전달
- 최종적으로 협조 공문을 제출하고 22년도 2월부터 23년도 6월까지의 자료를 전달 받았음
- 이 때 데이터가 수집 대상은 VCS2000이 설치된 도축장 중 3개소(협신, 나주, 부경)로 전체 데이터 1,293,949개를 수집 완료하였음
- 다만 경락가격을 활용하여 분석을 진행하였기에 경락가격이 표시되어 있는 334,484개의 데이터만이 실제 분석에 사용되었음



[그림] 전체 데이터에 대한 형질별 분포도

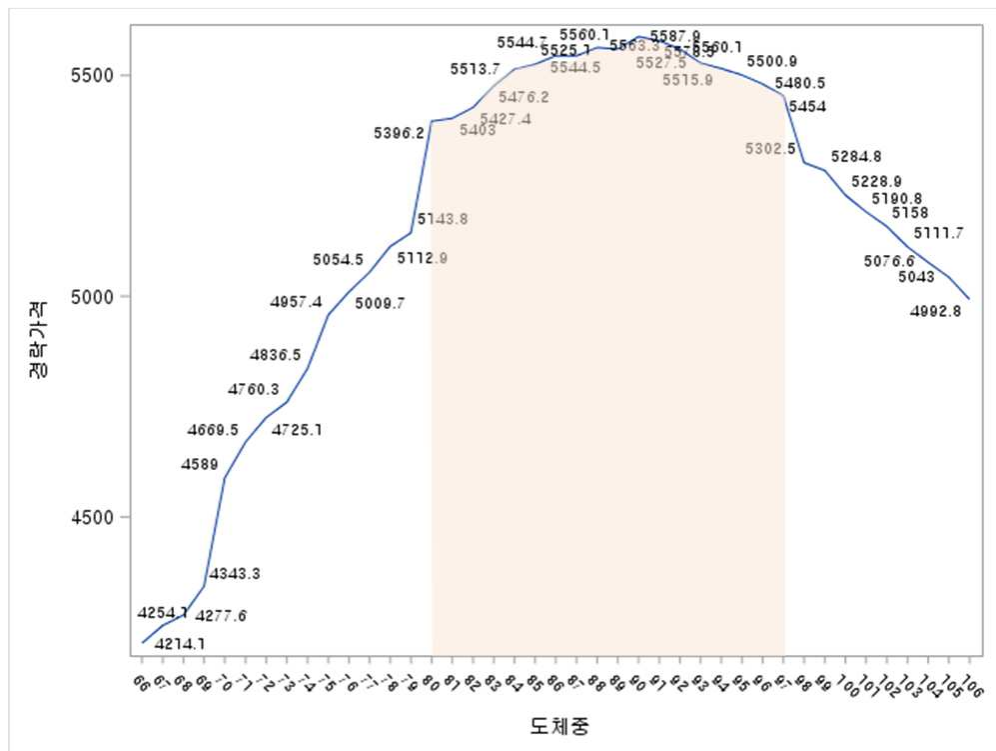
- 위 그림은 해당 전체 데이터 중 분석 대상이 되는 도체중, 등지방두께 및 지방 함량에 대한 데이터 분포도를 나타내었음
- 데이터 분포도에 따른 정규 분포성을 확인해본 결과 일부 데이터에서 이상치(outlier)가 확인되어 이에 대한 제거 과정을 거쳤음
- 이상치에 대한 제거는 사분위수를 확인하여 4분위수 범위(IQR, interquartile range)의 1.5배를 제 3 사분위(Q3)와 제 1 사분위(Q1)에 각각 더하고 뺀 범위를 벗어나는 값을 이상치로 보고 제거하였음(quality control, QC)
- QC 후 다시 확인한 데이터 분포도는 아래와 같았음



[그림] 전체 데이터에 대한 형질별 분포도 (QC후)

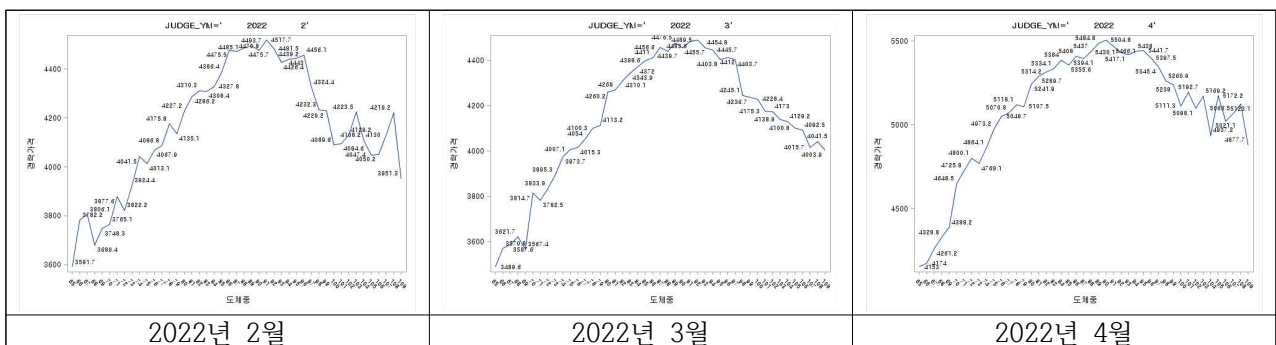
- 해당 데이터를 바탕으로 경락가격에 따른 각 형질별 분석을 실시하였음

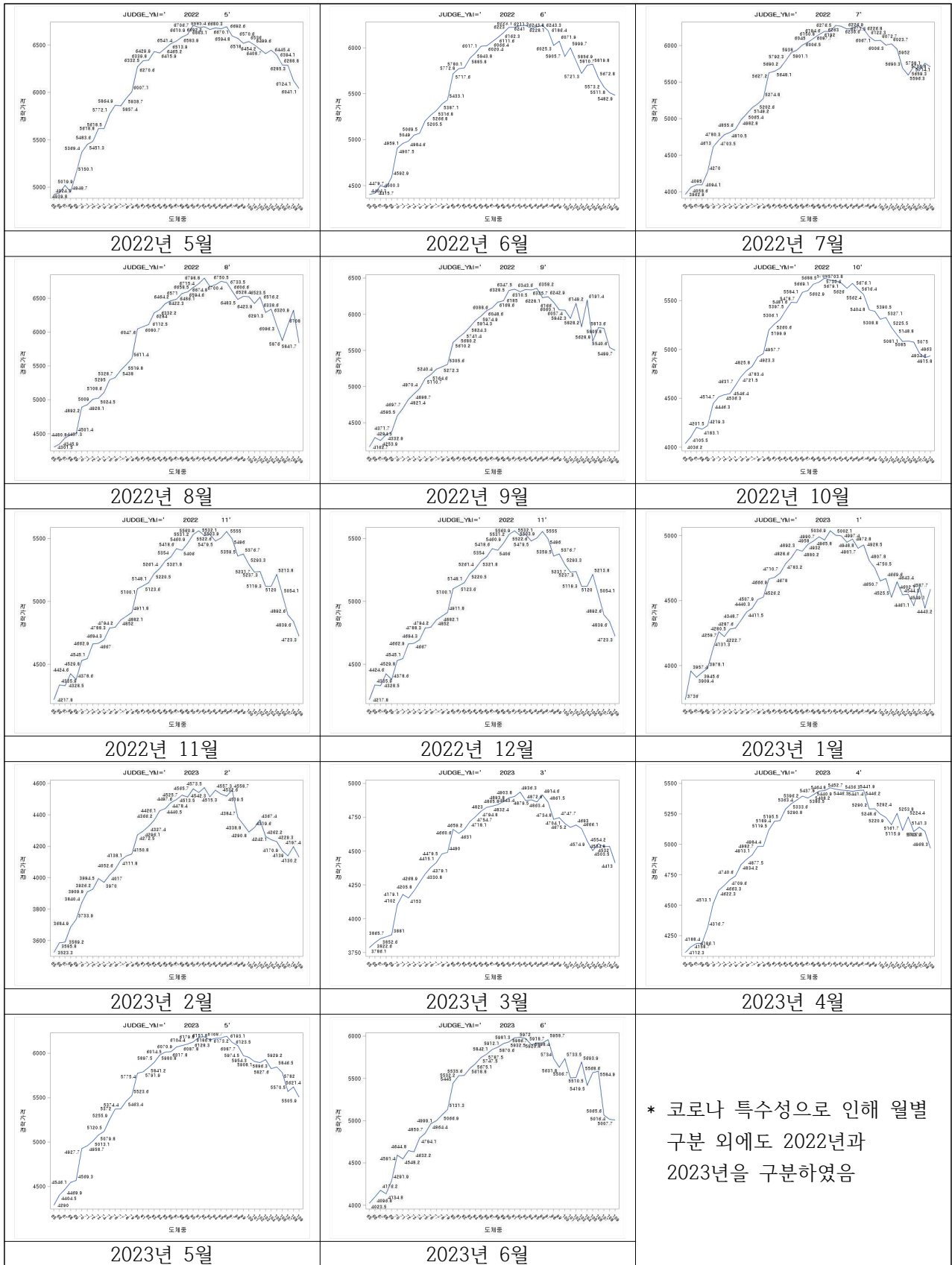
2) 도체중 분석



[그림] 전체 기간에 대한 도체중 구간별 평균 경락가격

- 위 그래프는 전체 기간에 대해 도체중을 구간별(1kg 단위)로 구분하여 해당 구간의 평균 경락가격을 제시하여 경락가격이 상대적으로 높은 구간을 조사한 그림임
- 위에서 언급하였듯이 기간에 따른 가격 차이가 발생하는 국내 돼지 도체 시장 특성상 이에 대한 확인이 필요하였으며 각 월별로 나누어 분석을 진행하였음

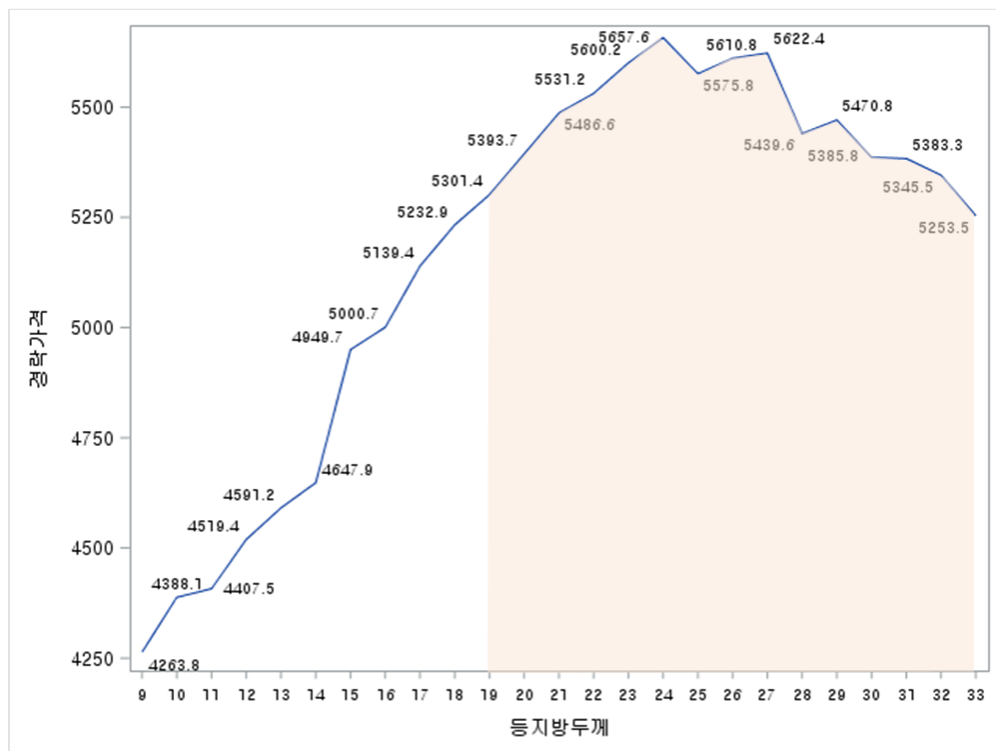




[그림] 도체중 구간별 월별 평균 경락가격

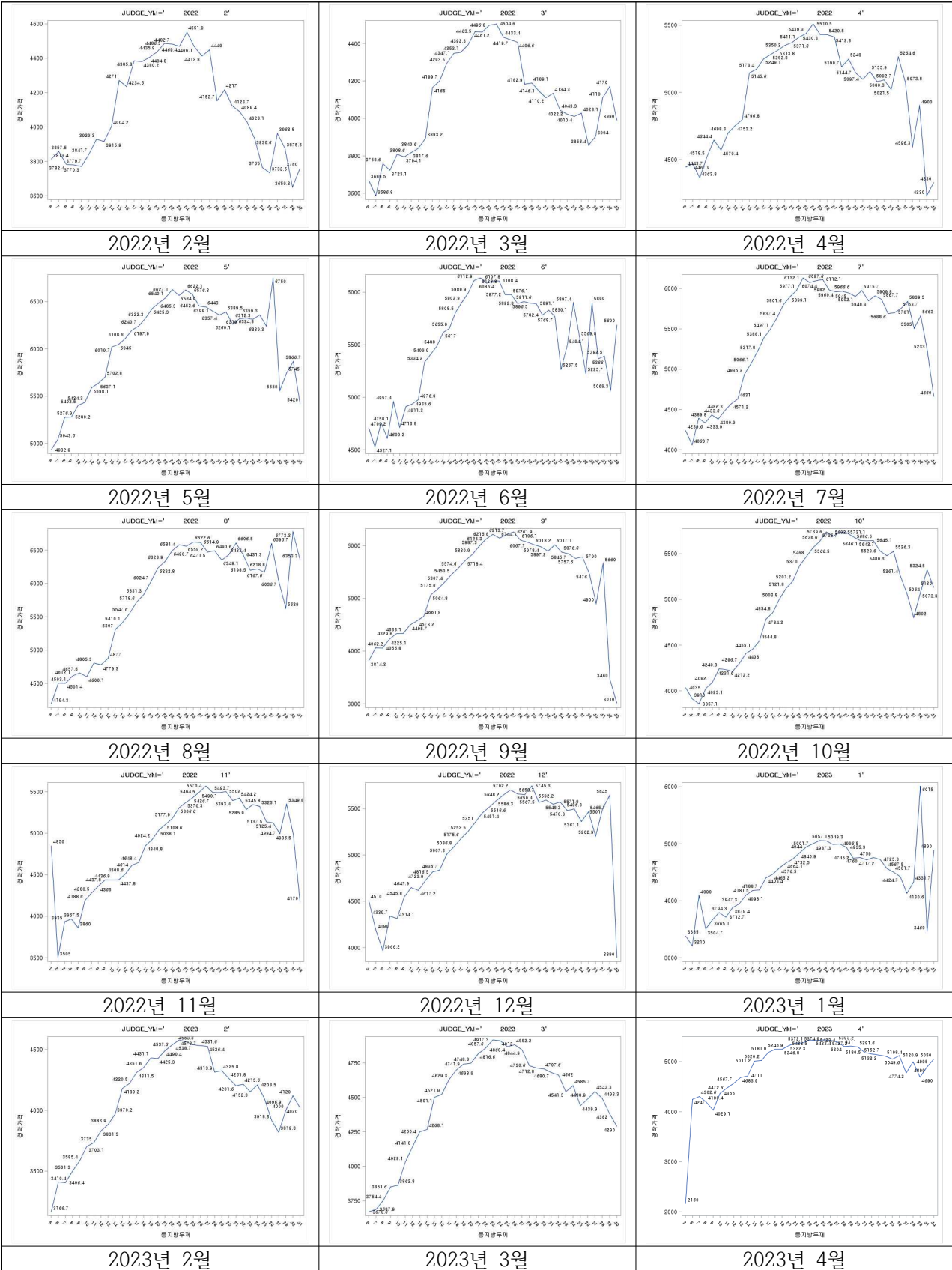
- 월별에 따른 분석을 실시한 결과 도체중의 일정 구간에서 동일하게 가격이 높아지는 패턴을 확인할 수 있었음
- 또한 이전 분석 단계에서 그러하였듯이 데이터 수가 부족한 구간(분포상 양 끝)에서는 평균 가격이 매우 높게 나타나는 경우가 있었음(적은 수의 데이터로 인해 편이가 생겨 과대 평가되는 경우)
- 최종적으로는 전체 데이터에서 분포를 확인하여 경락가격이 높아지는 구간을 확인하였듯이 각 월별 구간에서 상대적으로 높아지는 구간의 도체중 구간을 확인하였음 ('5) 3개 지표에 따른 출현을 분석'참고)

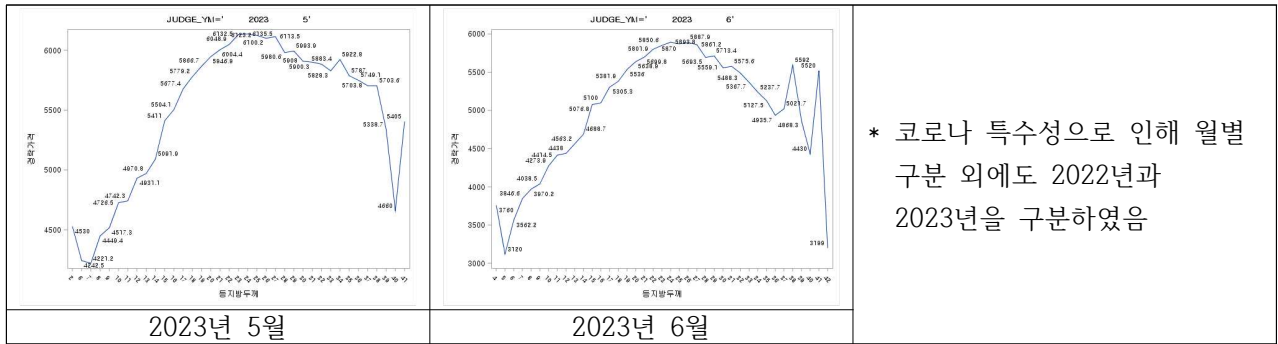
3) 등지방두께 분석



[그림] 전체 기간에 대한 등지방두께 구간별 평균 경락가격

- 등지방두께에 대한 전체 기간 대상 분석 결과에서 33mm를 초과하는 데이터가 QC 과정에서 삭제되면서, 데이터 수는 적으면서 평균 가격이 상대적으로 매우 높은 지점이나 최고점인 24mm 지점 이후 하강하는 추세선의 우측 부분의 일부분이 삭제되었음
- 등지방두께 역시 도체중과 마찬가지로 월별 분석을 실시하였음

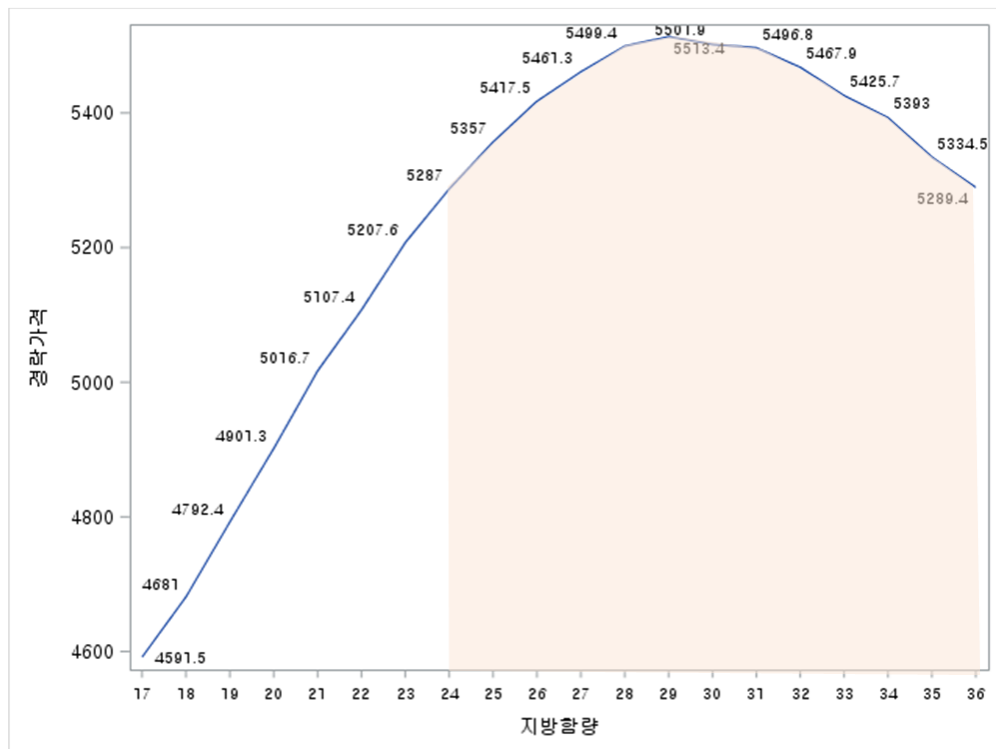




[그림] 등지방두께 구간별 월별 평균 경락가격

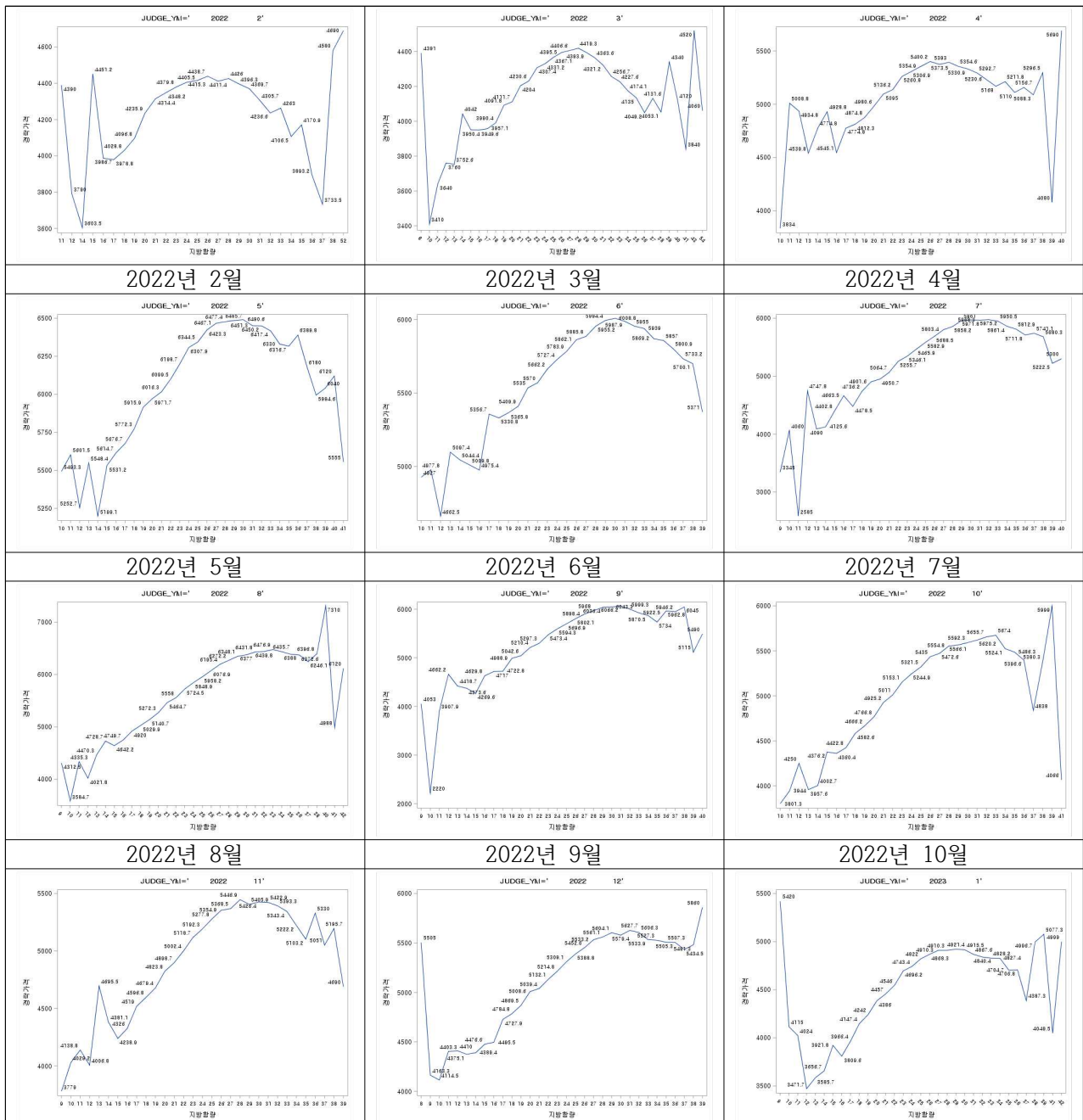
- 월별에 따른 분석을 실시한 결과 도체중과 마찬가지로 등지방두께의 일정 구간에서 동일하게 가격이 높아지는 패턴을 확인할 수 있었음
- 다만 전체 데이터 분포에서는 드러나지 않았던 데이터 수가 적은 구간에서 평균 가격이 높아지는 현상이 일부 발생하였으며 극단적인 경우 2023년 1월의 데이터에서처럼 해당 구간의 경락가격이 평균 구간에 위치한 최고점보다 높게 나타나는 경우가 있어 판단에 주의가 필요하였음(단, 이런 경우 해당 부분은 제외하고 분석 진행)

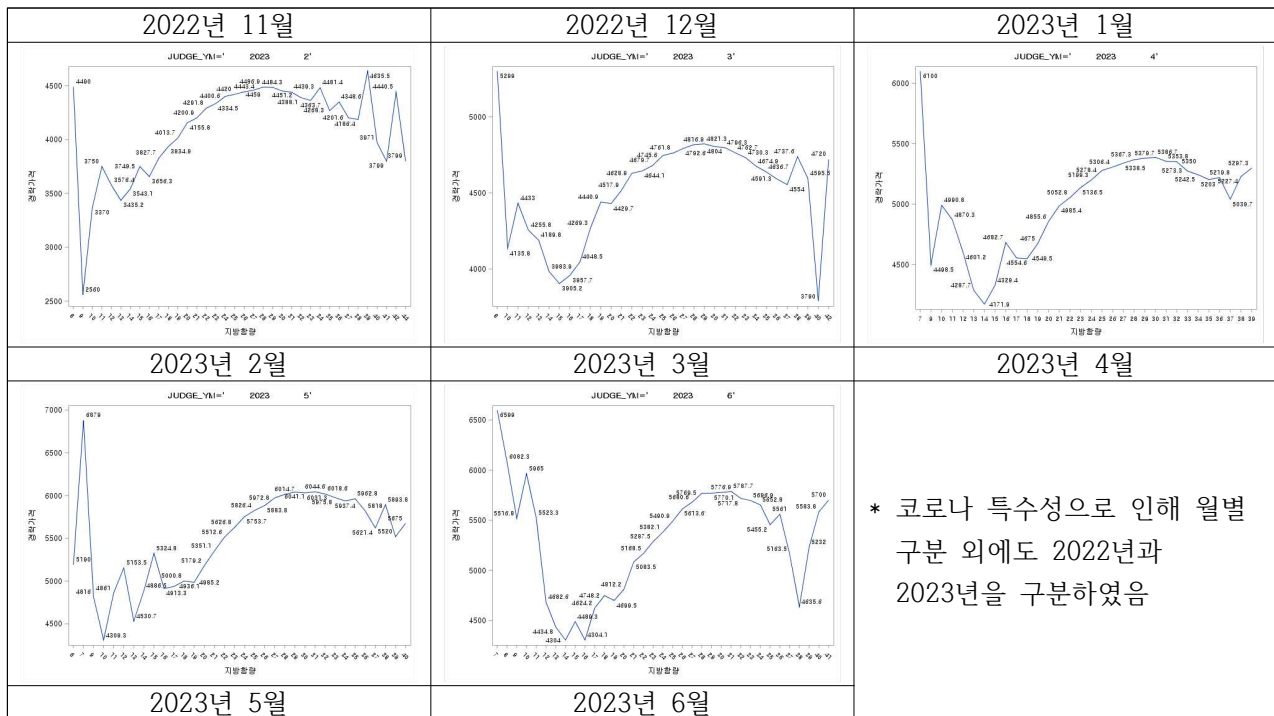
4) 지방함량 분석



[그림] 전체 기간에 대한 지방함량 구간별 평균 경락가격

- 지방 함량의 경우 전체 도체중 대비 지방 무게를 비율(%)로 환산하여 계산하였음
- 계산 과정에서 소수점이 나타나는 경우 반올림 처리를 하여, 앞서 분석 대상이 되었던 도체중과 등지방두께와 마찬가지로, 정수 범위에서 결과를 확인할 수 있도록 하였음
- 또한 동일한 기준에 따라 QC를 거친 후 경락가격을 조사하였으며 월별 시기에 따른 지방함량 구간별 평균 경락가격을 조사하였음





[그림] 지방함량 구간별 월별 평균 경락가격

- 전체 데이터 분포상에서 드러나지 않았으나 월별 분석에서 데이터 수가 적은 구간에서 평균 경락가격이 높아지는 것이 확인되었음
- 결과적으로 등지방두께와 같은 이유로 인해 벌어진 현상으로 데이터 수가 부족한 구간에서 생기는 편이로 인해 생겨난 현상으로 마찬가지로 결과 해석에 오류를 일으킬 수 있기에 해당 구간을 제외한 상태에서 경락가격이 높아지는 구간을 해석하였음

5) 3개 지표에 따른 출현율 분석

- 앞서 실시한 도체중, 등지방두께, 지방함량 각각의 월별 경락가격을 조사하였으며 월별로 높아지는 시점의 경락가격을 조사하였음

[표] (연도)월별 도체중, 등지방두께, 지방함량의 경락가격 상승 시점

연도 월	관측값 수	도체중	등지방두께	지방함량
2022/02	5,703	4,300	4,200	4,200
2022/03	22,068	4,300	4,300	4,200
2022/04	21,217	5,200	5,200	5,200
2022/05	22,594	6,300	6,200	6,300
2022/06	20,031	5,800	5,800	5,800
2022/07	19,536	5,600	5,600	5,600
2022/08	23,926	6,000	6,000	6,000
2022/09	19,882	5,600	5,500	5,600
2022/10	21,662	5,300	5,200	5,200
2022/11	23,151	5,200	5,200	5,200
2022/12	17,984	5,400	5,300	5,300
2023/01	19,166	4,700	4,500	4,600
2023/02	18,936	4,300	4,300	4,200
2023/03	19,085	4,700	4,600	4,600
2023/04	18,501	5,200	5,100	5,200
2023/05	21,184	5,800	5,700	5,800
2023/06	19,858	5,500	5,300	5,200

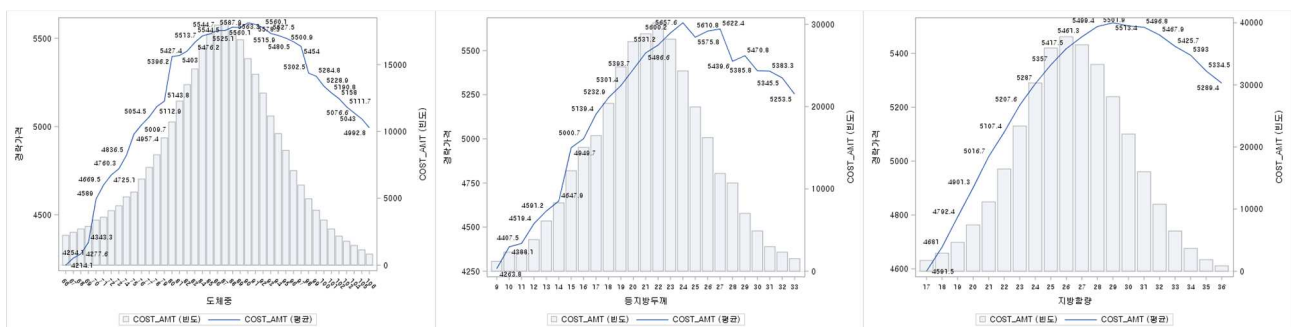
- 확인 결과, 월별에 따라 경락가격의 차이가 확인되었으며 최고 6천원대부터 최저 4,200원대까지 넓은 폭을 나타내었음
- 다만 조사한 경락가격의 높아지는 시점이 형질 간에는 큰 차이가 없는 것으로 확인되었으며 대부분이 동일하거나 차이가 나더라도 100~200원 차이인 것으로 확인되었음
- 해당 경락가격을 확인해 본 결과 전체 데이터에 대한 경락가격의 평균과 백분위 수와의 비교도 진행하였음
- 이 때 백분위수는 다르게 표현하면 상위 5%와 같은 지표가 될 수 있음 ; 예를 들어 제 95백분위수에 해당하는 값은 상위 5%를 의미함

[표] (연도)월별 도체중, 등지방두께, 지방함량의 경락가격 상승 시점과 평균 및 백분위수의 비교

연월	평균	표준편차	*P60	P70	P75	P80	P90	P95	도체중	등지방두께	지방함량
2022/02	4,360	475.4	4,450	4,590	4,660	4,720	4,960	5,230	4,300	4,200	4,200
2022/03	4,332	440.2	4,391	4,500	4,590	4,690	4,920	5,131	4,300	4,300	4,200
2022/04	5,295	783.0	5,400	5,749	5,930	6,069	6,400	6,659	5,200	5,200	5,200
2022/05	6,360	663.4	6,500	6,700	6,819	6,910	7,190	7,499	6,300	6,200	6,300
2022/06	5,830	714.7	6,030	6,200	6,299	6,400	6,720	6,990	5,800	5,800	5,800
2022/07	5,633	786.6	5,899	6,090	6,190	6,299	6,666	6,890	5,600	5,600	5,600
2022/08	5,954	924.2	6,290	6,490	6,599	6,710	7,090	7,490	6,000	6,000	6,000
2022/09	5,643	932.5	5,890	6,059	6,255	6,410	6,890	7,170	5,600	5,500	5,600
2022/10	5,311	712.6	5,410	5,670	5,790	5,900	6,290	6,680	5,300	5,200	5,200
2022/11	5,254	612.7	5,290	5,430	5,590	5,709	6,122	6,455	5,200	5,200	5,200
2022/12	5,409	571.4	5,510	5,691	5,790	5,890	6,110	6,400	5,400	5,300	5,300
2023/01	4,789	647.1	4,910	5,078	5,150	5,260	5,690	5,990	4,700	4,500	4,600
2023/02	4,400	524.9	4,391	4,500	4,590	4,690	5,020	5,459	4,300	4,300	4,200
2023/03	4,723	510.5	4,780	4,890	4,941	4,999	5,399	5,690	4,700	4,600	4,600
2023/04	5,262	536.9	5,320	5,470	5,530	5,690	5,922	6,290	5,200	5,100	5,200
2023/05	5,853	650.9	5,999	6,110	6,190	6,300	6,669	6,899	5,800	5,700	5,800
2023/06	5,557	736.5	5,790	5,990	6,046	6,180	6,490	6,700	5,500	5,300	5,200

*Pnn = 제 nn백분위수

- 확인 결과 각 경락가격이 높아지는 시점의 가격은 특정 백분위수에 근접하기보다는 평균에 유사한 수준을 보이고 있었음
- 이는 특정 시점보다 높은 경락가격을 보이는 구간이 전체 데이터의 높은 상위 시점의 경락가격과 유사할 것이라는 당초의 예상과는 다른 결과였음
- 이에 대한 고찰을 실시한 결과 아래와 같이 각 형질의 구간별 데이터 수를 파악하면서 원인을 확인할 수 있었음



[그림] 도체중, 등지방두께, 지방함량의 구간별 평균 경락가격과 데이터 빈도수

- 위 그림 중 막대 그래프는 각 형질의 구간별에 속하는 데이터의 개수를 의미함
- 결과를 해석해본 결과 각 구간별 경락가격의 최고점에 이르는 시점과 데이터 수가 많은 시점이 거의 일치하여 일종의 정규 분포를 하고 있음이 확인됨
- 경락가격이 높아지는 시점은 상당수의 데이터가 집중되고 있어 현재까지 진행되어 온 돼지의 생산 체계가 경락가격이 높아지는 시점으로 수렴하는 듯한 형태를 보여주고 있었음
- 다만 결과 해석에 있어 주의할 점은 무조건적으로 평균 경락가격 중 최고점에 해당하는 시점이 데이터 수가 가장 많은 시점에서의 구간이 완전히 일치하는 것은 아니며 약간의 편차는 발생하고 있어 점 추정이 아닌 구간에 따른 범위 확인이 필요하였음
- 최종적으로는 해당 높은 경락가격의 시점을 만족하는 도체중과 등지방두께, 지방함량의 구간을 확인할 필요가 있었으며 2가지 패턴에 대해 분석하였음
- 첫 번째는 평균 경락가격 이상인 시점과 두 번째는 상위 40% 시점이라고 할 수 있는 제 60 백분위수에서의 경락가격을 기준으로 이를 만족하는 각 형질별 구간을 조사하였음

[표] (연도)월별 경락가격 평균 및 제 60백분위수를 만족하는 도체중, 등지방두께, 지방함량

연월	평균 경락가격 이상						제 60백분위수 경락가격 이상					
	도체중 하한	도체중 상한	등지방두께 하한	등지방두께 상한	지방함량 하한	지방함량 상한	도체중 하한	도체중 상한	등지방두께 하한	등지방두께 상한	지방함량 하한	지방함량 상한
2022/02	85	96	17	27	23	30	86	92	21	25	—	—
2022/03	83	97	18	27	25	30	85	97	20	27	26	29
2022/04	82	97	19	27	24	30	88	95	22	27	26	26
2022/05	83	105	21	30	26	33	86	100	23	27	—	—
2022/06	83	102	21	33	26	35	87	97	23	27	—	—
2022/07	81	104	20	33	26	36	84	103	22	33	29	33
2022/08	80	105	20	33	25	36	84	104	22	33	29	36
2022/09	81	104	20	33	25	36	84	102	22	33	27	33
2022/10	83	99	20	33	25	36	84	97	21	33	26	35
2022/11	84	100	20	32	25	33	85	100	20	32	26	33
2022/12	83	101	20	33	26	36	86	97	21	31	27	34
2023/01	84	98	20	27	25	34	87	95	21	27	27	30
2023/02	84	97	19	27	24	31	84	97	19	27	24	31
2023/03	84	99	19	28	25	33	85	97	21	27	27	31
2023/04	83	99	20	30	25	33	84	97	20	27	27	32
2023/05	83	103	19	32	26	35	85	98	21	27	28	32
2023/06	83	100	20	31	26	34	87	97	22	27	—	—
평균	83	100	20	30	25	34	85	98	21	29	27	32

- 평균 경락가격에 따른 분석을 실시한 결과 도체중의 하한은 80~85kg까지 확인되었으며 상한은 96~105kg까지 나타났음
- 등지방두께의 경우 하한은 17~20mm, 상한의 경우 27~33mm로 확인되었으며 지방함량의 경우 하한은 23~26%, 상한은 30~36%로 확인되었음
- 제 60 백분위수 대비로 확인해본 결과 도체중은 하한 84~87kg, 상한은 92~104kg으로 보다 더 좁은 범위로 나타났음
- 등지방두께의 경우 하한은 20~23mm, 상한은 19~23mm로 확인되었음
- 지방함량(%)의 경우 특정 월에서 경락가격 조건을 만족하는 구간이 확인되지 않았으며 24~29%까지의 하한 범위와 26%에서 35%까지의 상한 범위를 보였음
- 또한 다른 방향의 분석을 위해 해당하는 하한과 상한에 대한 각각 평균치를 산출하여 표의 마지막 행에 이를 제시하였음
- 확인 결과 지표에 따라 다양한 편차를 보이기는 하였으나 극단적인 수준의 편차

를 보이지는 않았으며 추석 전후로 도체중의 상한치가 높아지는 경향이 있었는데 이는 해당 시기의 수요 급증에 대한 시장 원리에 따라 평소라면 낮은 가격을 받을 도체도 공급 부족으로 높은 가격을 받는 것으로 사료됨(즉, 육질 자체가 향상되어서라는 결론은 내릴 수 없음)

- 따라서 월별에 따른 절대적인 경락가격의 차이는 시장 특성상 명확하게 발생하고 있으나 시기별 상위 경락가격을 구성하는 도체중, 등지방두께 그리고 지방함량에는 큰 편차는 나타나지 않았다고 볼 수 있음
- 이를 바탕으로 총 4가지의 시나리오에 따라 최종적인 출현율 분석을 실시하였음
 - (1) 평균 경락가격을 기준으로 각 시기별 하한과 상한치를 고려한 시나리오
 - (2) 제 60백분위수를 기준으로 각 시기별 하한과 상한치를 고려한 시나리오
 - (3) 평균 경락가격을 기준으로 각 시기별 하한과 상한치의 평균을 고려한 시나리오
 - (4) 제 60백분위수를 기준으로 각 시기별 하한과 상한치의 평균을 고려한 시나리오

[표] 시나리오별 각 형질별 및 3개 형질을 만족하는 출현율 분석

구분	평균(연월별구분)	P60(연월별구분)	평균(평균치)	P60(평균치)
도체중	200,033 (59.81%)	143,718 (42.97%)	216,302 (64.68%)	155,582 (46.52%)
등지방두께	179,616 (53.71%)	122,157 (36.53%)	210,236 (62.86%)	141,538 (42.32%)
지방함량	171,122 (51.17%)	69,662 (20.83%)	190,948 (57.10%)	135,959 (40.65%)
3조건	89,897 (26.88%)	28,335 (8.47%)	117,752 (35.21%)	50,734 (15.17%)

- 이전 문단에서 언급한 시나리오별 조건을 만족하는 출현율을 분석한 결과 위와 같은 출현율이 확인되었음
- 우선 1번째 시나리오인 **평균 경락가격을 기준으로 각 시기별 하한치와 상한치를 만족하는 조건**에서는 2번째로 높은 출현율이 확인되었으며 3개 형질을 모두 만족하는 조건에서는 26.88%를 나타내었음
- 2번째 시나리오의 경우 60 백분위수를 기준으로 시기별 하한치와 상한치를 만족하는 조건을 분석한 결과에서는 8.47%로 나타나 가장 낮은 수치를 보였으나 이는 지방함량 부분에서 조건을 만족하는 못하는 특정 시기에 대한 누락 부분이 반영된 결과로 예측됨
- 3번째 시나리오의 경우 **평균 경락가격을 기준으로 각 시기별로 하한과 상한치를 적용하는 것이 아닌 하한치의 평균과 상한치의 평균을 적용**하였으며 그 결과

35.21%의 출현율로 가장 높은 수치를 보였음

- 마지막 4번째 시나리오의 경우 60 백분위수를 기준으로 분석한 결과(하한과 상한치의 평균 만족)에서는 15.17%의 출현율을 나타내어 3번째로 높은 수준으로 확인되었음
- 4가지 시나리오 중 너무 많거나 적은 출현율을 배제한 결과 10~20% 사이 수준으로 나타난 4번째 시나리오가 가장 적합한 것으로 판단됨
- 이를 바탕으로 이전년도 연구 분석 결과와 동일하게 확인해본 결과 아래와 같은 차이를 확인할 수 있었음

기존 제시 기준(선행 연구)		신규 제시 기준(현재 연구)	
도체중 : 88 ~ 93kg 등지방두께 : 24 ~ 27mm 지방함량 : 30 ~ 35% 명도(L*) : 40 ~ 50 (기기 조건과 환경에 따라 다름)		도체중 : 85 ~ 98kg 등지방두께 : 21 ~ 29mm 지방함량 : 27 ~ 32 % 명도(L*) : 후술 내용 참고	
구분	출현율	구분	출현율(n=334,434)
도체중(A)	18.83%	도체중(A)	46.52% (n=155,582)
등지방두께(B)	21.67%	등지방두께(B)	42.32% (n=141,538)
지방 함량(C)	18.56%	지방 함량(C)	40.65% (n=135,959)
A+B+C (3요인 해당)	1.97%	A+B+C (3요인 해당)	15.17% (n=50,734)

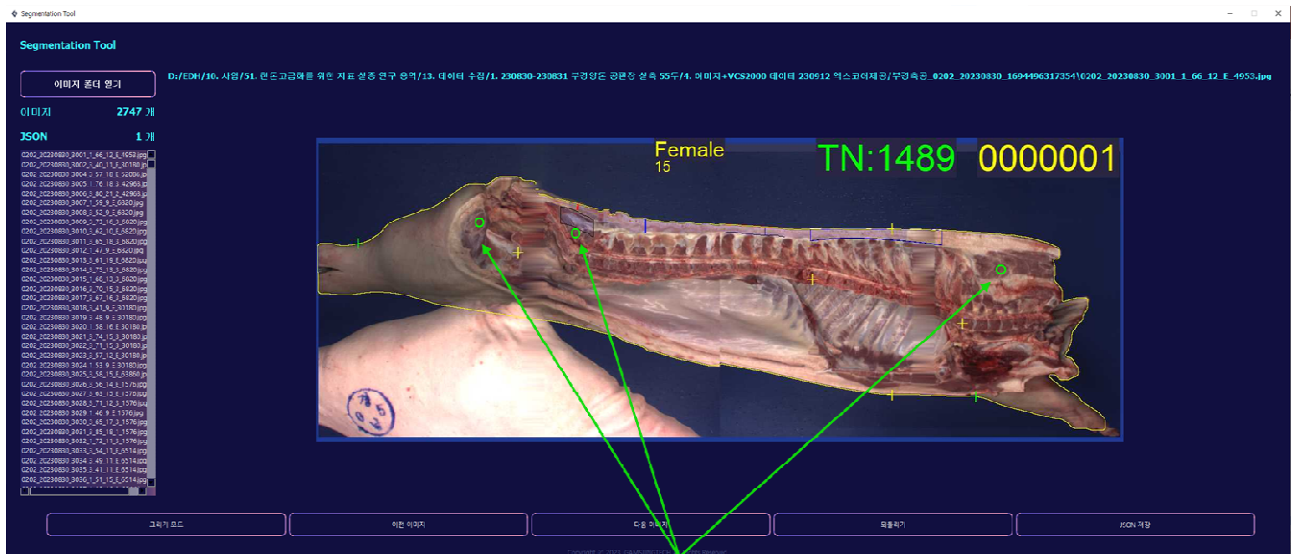
[그림] 선행연구 대비 현재 연구에서 제시한 기준 비교

- 선행 연구에서 확인된 1.97%의 출현율은 수치가 매우 낮다는 문제점에 대해서 추가 데이터를 바탕으로 새롭게 분석한 결과 더 넓은 범위에서 도체중(85~98kg)과 등지방두께(21~29mm)가 확인되었음
- 다만 지방함량의 경우 범위(최대값-최소값) 자체는 5% 동일하게 나타났으나 최소값과 최대값이 산출된 구간인 기존 30~35%에서 27~32%로 변경되었음(하향 조정)
- 최종적으로 3개 지표를 모두 만족하는 출현율을 확인한 결과는 약 15.17%로 기존 선행 연구 대비 7배 이상 출현율이 증가하였음
- 후술하게 될 명도에 대한 지표 역시 중복적으로 적용될 예정이기 때문에 명도에 대한 지표를 적용하게 되면 출현율은 감소할 것으로 예상되기 때문에 실질적으로 상위 10% 범위 정도의 출현율을 기대해볼 수 있을 것

나. 이미지 자료 기반 명도 측정 프로그램 개발

1) 라벨링(Labeling)을 포함한 세그멘테이션(Segmentation)

- 명도를 측정하기 위해서는 먼저 확보된 이미지 자료로부터 어느 지점이 후지이고, 목심이고, 등심 끝에 해당하는 부위인지를 지정하여 이름을 붙여주는 라벨링 작업이 필요함
- 따라서 VCS2000으로부터 산출되는 이미지 자료들을 수집을 진행하였으며 라벨링 작업을 포함하는 세그멘테이션을 진행하였음



○ : 세그멘테이션 위치

[그림] 세그멘테이션 프로그램 화면과 세그멘테이션 위치

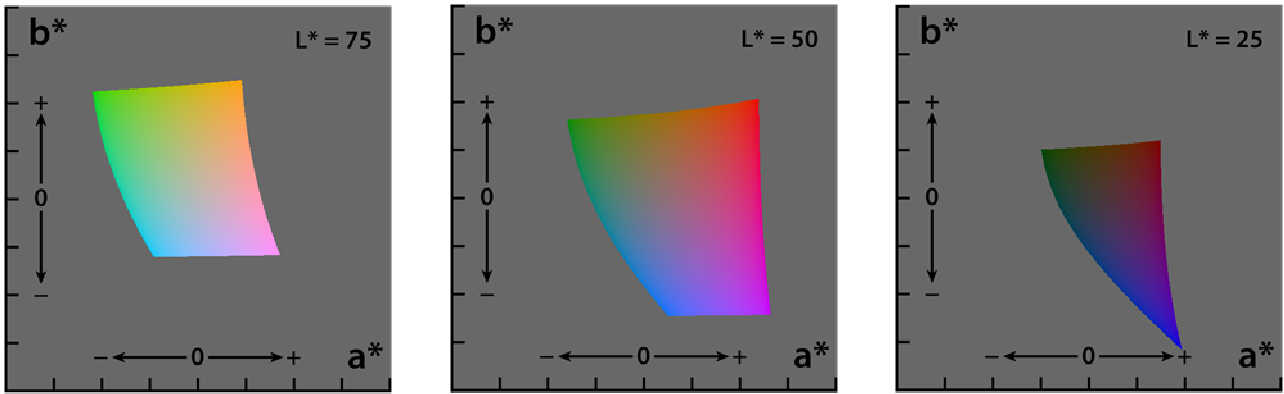
- 프로그램을 통해 이미지 파일들을 폴더 단위로 불러올 수 있으며 그리기 모드를 이용한 세그멘테이션이 가능함
- 이 때 세그멘테이션은 다각형의 모양이 아닌 원의 모양으로 설정되었으며 원 모양으로 설정한 이유는 실측치를 촬영할 때 사용된 색차계 측정 기기의 모양이 원형으로 되어 있으므로 측정 부분을 동일 조건으로 일치시킨 것임
- 세그멘테이션 종료 후 JSON 저장을 통해 파일 형태로 기록을 저장하며 .json 확장자로 저장되어 해당 개체의 위치값이 기록됨
- 또한 라벨링이란 위치를 지정한 후 해당 위치에 대한 이름을 입력하는 것을 의미하지만 사진의 크기와 방향이 일정하고 부위의 위치 역시 일정하기에 x축의 범위에 따라 자동으로 부위를 판정하여 자동 라벨링(후지→등심 끝→목심)



[그림] JSON 확장자 파일의 저장과 내부 내용

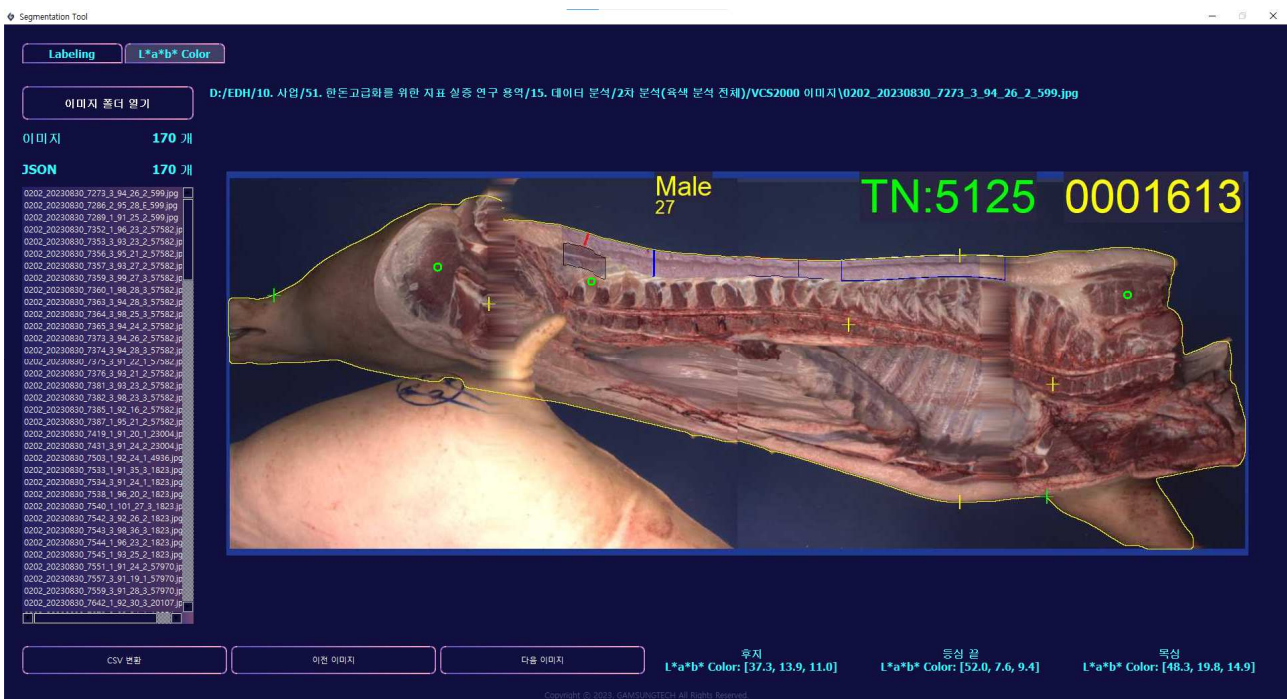
2) RGB 기반 육색 측정

- 이미지 파일에 대한 세그멘테이션 과정이 끝나면 프로그램의 2번째 기능인 육색 측정 기능을 통해 육색값을 확인할 수 있음
- 일반적인 고기에 대한 육색 지표는 명도(CIE L*), 적색도(CIE a*), 황색도(CIE b*)로 구분됨
- 반면 이미지 파일에서 나타나는 색깔은 보통 1개의 점 형태의 픽셀(pixel)을 기준으로 RGB(red, green, blue)로 표현됨
- 따라서 이미지 자료의 특정 위치에 해당하는 픽셀 그룹의 색깔인 RGB 값을 산출한 이후에는 이를 CIE L*a*b*로 변환하는 과정이 필요하며 본 연구에서 사용된 프로그램은 다음과 같은 과정을 선택하였음



[그림] L*a*b* 색공간중에 RGB 영역

- 이미지 CIE L*a*b* 색상 추출 과정 : Python의 Colormath 라이브러리 사용(Taylor, G., 2017) 하였음
- Colormath 라이브러리는 다양한 색상 공간을 지원하는 Python 모듈
- 이미지의 RGB로부터 CIE L*a*b* 색상변환에 유용함
- L* 값은 밝기를 나타냄 (L*=0이면 검은색, L*=100이면 흰색)
- a*은 빨강과 초록 중 어느 쪽으로 치우쳤는지를 나타냄 (a*이 음수이면 초록에 치우친 색깔, 양수이면 빨강/보라 쪽으로 치우친 색깔)
- b*은 노랑과 파랑을 나타냄 (b*이 음수면 파랑, 양수면 노랑)



[그림] 육색값 산출 프로그램 화면 예시

- 위 그림은 이전 문단에서 설명한 변환 원리를 통해 산출된 육색 산출 프로그램의 예시 그림으로 오른쪽 아래에 후지, 등심 끝, 목심 이렇게 3가지 부위에 대한 육색값이 표시됨
- 또한 기능상 원한다면 여러 개의 도체들을 통해 산출된 육색값을 산출하여 csv 파일 확장자로 이를 저장하여 데이터화 할 수 있음

※ 위 기능적 설명에 대한 보다 자세한 설명은 별첨을 참고하길 바람

다. 실측치 확보와 이미지 자료 기반 예측치 정확도 검증

1) 실측치 확보 과정 및 기초 분석



[그림] 색차계 측정 기기 모델

- 실측치 확보를 위해 색차계 기기를 통한 육색값(L^* a^* b^*) 측정 진행
- Colorimeter(CR-400, Minolta Co., Ltd., Japan)를 사용하여 고기 표면에서 명도(L^*), 적색도(a^*), 황색도(b^*)를 CIE(Commision Internationalede Leclairage) 기준으로 측정
- 측정 부위 크기와 구경을 고려하여 구경이 상대적으로 작은 CR-400 모델 사용
- 실측치의 확보를 위해 2곳의 도축장의 협조를 얻어 측정 진행 : 부경양돈 공판장 및 제주 LPC
- 부경 양돈의 경우 2023년 8월 30일 도축 및 VCS2000의 이미지 촬영이 진행되었으며 현장 육색의 측정은 도축 다음날 2023년 8월 31일 예냉실에서 이루어짐
- 현장 육색은 3개 부위(후지, 등심 끝, 목심)에서 측정하였음 : 선행 연구에서 제시했던 4개 부위 중 삼겹살 부위는 좌우도체 상관없이 모두 근막이 덮여 있어 측정 불가, 따라서 본 측정 대상에서 제외됨
- 제주 LPC의 경우 방문 날짜인 11월 10일에 당일 도축된 도체 약 115두 실측
- 총 170두에 대한 실측치를 확보하였으며 이를 SAS 9.4로 분석하여 기초통계량을 제시하였음

[표] 육색 실측값 기초통계량

실측치	N	평균	표준편차	최솟값	최댓값
후지L*	170	38.45	4.592	31.13	53.51
후지a*	170	11.36	2.949	4.62	20.72
후지b*	170	6.19	2.538	2.18	13.38
등심끝L*	169	46.71	4.814	36.89	60.79
등심끝a*	169	7.41	2.548	2.77	15.11
등심끝b*	169	6.95	2.726	2.96	16.27
목심L*	169	42.01	3.858	34.11	56.97
목심a*	169	17.37	1.922	11.80	23.16
목심b*	169	9.96	1.885	6.35	16.02

- 실측 과정에서 도체에 근막으로 인해 촬영이 어려운 경우에 대해서는 미촬영되었기에 해당 부분에 대해서는 결측 처리되었음
- 선행 연구를 통해 유사한 수치를 보였는지를 점검하는 과정을 거쳤으며 이 때 최소한의 동일 조건을 위해 동일 기기인 Minolta CR-400을 돼지고기에 대해 측정한 연구 위주로 탐색하였음
- 2024년 2월 게재 예정인 최신 연구(Bohrer B. M. et al, 2024)와 비교한 결과
 - 등심(longissimus thoracis) 쪽 명도는 평균 47.7로 본 연구의 46.71로 유사하였음
 - 어깨(shoulder) 라인 쪽은 2가지 부위에서 측정을 하였으며 각각 상완세갈래근(triceps brachii)과 배톱니근(serratus ventralis)에서는 40.7, 42.4로 각각 보고되었으며 본 연구의 목심 촬영 부위(42.01)와 비슷하게 나타났음
 - 뒷다리(ham) 부위의 경우 다양한 부위에서 촬영되었는데 대퇴두갈래근(biceps femoris), 반힘줄근(semiendinosus), 반막모양근(semimembranosus), 내전근(adductor), 넓다리곧은근(rectus femoris), 그리고 가쪽넓은근(vastus lateralis)으로 39.0~46.8까지 다양한 수치를 보였으며 이 때 후지 촬영 결과와 유사한 수치는 내전근으로 확인되었으나 편차를 고려하였을 때 큰 차이는 아닌 것으로 사료됨
- 2021년도에 보고된 등심(Loins)과 목심(Boston butts)에 대해 연구의 경우(Barkley et al., 2021)
 - 등심의 경우 본 연구와 동일하게 조리개 부분이 유리로 덮인 상태로 촬영했을 때 결과와 비교했을 때 평균 47.8로 등심 끝 부위와 유사하였음
 - 목심의 경우에도 평균 41.34로 본 연구의 평균치와 비슷하게 확인되었음

2) 예측치 결과 분석

- 실측을 진행한 170두에 대한 이미지 자료를 제공받아 마찬가지로 육색에 대한 값을 산출하여 예측값을 얻었으며 동일하게 SAS를 통한 기초통계량을 아래 제시하였음

[표] 육색 예측값 기초통계량

실측치	N	평균	표준편차	최솟값	최댓값
후지L*	170	40.81	1.360	36.60	44.40
후지a*	170	12.00	0.950	9.80	15.70
후지b*	170	8.76	0.837	6.20	11.00
등심끝L*	170	48.94	2.618	41.40	56.70
등심끝a*	170	7.07	1.761	2.30	10.90
등심끝b*	170	6.90	2.445	0.90	11.60
목심L*	170	49.85	4.056	42.30	58.70
목심a*	170	17.69	1.234	13.90	22.10
목심b*	170	13.90	1.786	9.60	19.00

- 예측치와 실측치의 기초통계량을 비교한 결과 전체적인 평균치가 모두 상승하는 것으로 확인되었음
- 원인으로서는 촬영 환경의 차이부터 이미지 자료와 실측치에서 오는 차이 모두 원인이 될 수 있었음
- 다만 표준편차의 경우 후지와 등심끝 부위의 명도에서 상대적으로 줄어드는 경향을 보였는데 생체를 대상으로 3D 구조 형태상에서 실측되는 실측값과 달리 단면 형태의 2D 이미지 자료 구조상에서 지정한 위치에 따라 프로그램상 계산되는 예측값이므로 상대적으로 측정과 산출 난이도 자체가 더 쉬움에 따라 편차가 줄어든 현상을 보였다고 예상되었음

3) 예측치와 실측치 간 정확도 검증 및 보정

- 총 170두에 대한 실측값과 예측값 간의 정확도 검증과 보정을 위해 두 변수 그룹 간의 연관성을 조사하였음
- 그 일환으로 가장 직관적인 형태(1차 선형)로 상관관계를 확인할 수 있는 상관분석을 실시하였으며 SAS 프로그램과 Proc Corr 기능을 사용하였음
- 상관분석 방법으로는 단순 상관분석 방법인 Pearson의 방법과 순위 상관분석 방법인 Spearman 방법을 사용하였음

[표] 육색 실측값과 예측값 간의 상관분석 결과

좌하 Pearson, 우상 Spearman						
	후지 실측	등심 실측	목심 실측	후지 예측	등심 예측	목심 예측
후지 실측	1	0.04525	0.21251	0.27682	0.19553	-0.34816
등심 실측	0.07954	1	-0.1418	-0.11907	-0.30406	0.08539
목심 실측	0.14214	-0.14072	1	0.2194	0.19505	-0.2867
후지 예측	0.30657	-0.13553	0.21352	1	0.06314	-0.18854
등심 예측	0.13198	-0.28358	0.17693	0.06833	1	-0.28405
목심 예측	-0.33409	0.08553	-0.27089	-0.17196	-0.28294	1

- 확인 결과 최대 ± 0.3 수준의 상관분석 결과가 확인되었음
- 해당 분석 결과 중도 수준(0.2~0.4)의 상관관계가 확인되었으나 기대했던 수준보다는 낮게 나타났으며 또한 음의 상관관계가 나타난 점에 대해서 보정이 필요하다고 판단되어 모델식을 세워 보정을 실시하였음
- 본 사업의 목표인 실측치 명도에 대한 보정을 위해 실측치 명도값을 종속변수로 지정하고 이에 영향하는 독립 변수들로는 산출된 예측치 명도, 적색도, 황색도를 기본적으로 사용하였음
- 또한 서로 다른 도축장에서 촬영된 데이터란 점을 고려하여 도축장 효과를 추가적으로 모델식에 포함시켰음
- 이 때 각각 부위별로 예측치가 산출되었으며 사용된 모델식의 결정계수(R^2)값은 후지 0.20, 등심 끝 0.16, 목심은 0.27로 확인되었음

[표] 육색 실측값과 보정된 예측값 간의 상관분석 결과

좌하 Pearson, 우상 Spearman						
	후지 실측	등심 실측	목심 실측	후지 보정	등심 보정	목심 보정
후지 실측	1	0.21251	0.19553	0.49411	0.46828	0.34439
등심 실측	0.14214	1	0.19505	0.31978	0.40371	0.32321
목심 실측	0.13198	0.17693	1	0.36595	0.46634	0.54066
후지 보정	0.45228	0.29854	0.32564	1	0.85072	0.61468
등심 보정	0.43106	0.39749	0.45155	0.85465	1	0.74044
목심 보정	0.29345	0.34093	0.52075	0.6813	0.84107	1

- 보정된 예측값에 대한 분석은 이전 과정과 동일하게 상관분석을 실시하였으며 이전에 비해 훨씬 더 개선된 값인 0.4~0.5 수준의 상관계수값을 나타내었으며 또한 음의 상관 관계를 보이던 부분 역시 양의 상관계수값으로 나타나 훨씬 더 개선된 결과를 나타내었음
- 위와 같은 결과를 얻었으나 분석 과정 중 부위에 따른 차이가 유의적인 수준으로 나타났다는 점에서 부위별로 데이터 분석을 하는 것이 아닌 부위를 하나의 효과로서 분석하는 과정이 필요하다고 판단되었음
- 따라서 2차 분석 과정의 일환으로 위에서 실시한 부위별 분석이 아닌 전체 데이터로 합친 후 부위를 하나의 변수로서 취급하여 데이터를 재정렬하였으며 이에 대한 기초 분석 역시 다시 실시하여 아래와 같이 값을 얻었음

[표] 전체 데이터 기준 육색 예측값과 실측값의 기초통계량

실측치	N	평균	표준편차	최솟값	최댓값
실측 L*	508	42.38	5.577	31.13	60.79
실측 a*	508	12.05	4.800	2.77	23.16
실측 b*	508	7.70	2.906	2.18	16.27
예측 L*	510	46.53	4.989	36.60	58.70
예측 a*	510	12.25	4.548	2.30	22.10
예측 b*	510	9.86	3.473	0.90	19.00

- 위 전체 데이터에 대한 상관분석도 동일하게 진행한 결과 Pearson은 0.37 그리고 Spearman은 0.36으로 확인되어 유사한 수준으로 확인되었음
- 또한 동일하게 모델식을 통한 보정을 실시하였으며 부위에 따른 효과를 독립 변

수로서 추가하였음 ($R^2 = 0.48$)

- 보정치를 산출한 후 마찬가지로 상관분석을 실시하였으며 Pearson 방법에서 0.70 그리고 Spearman에서는 0.71로 훨씬 더 개선된 결과를 얻을 수 있었음
- 이러한 결과에 대해 우선 보정이 필수적으로 필요함을 시사하였음
- 또한 부위를 개별적으로 구분하지 않고 하나의 데이터로서 사용하고 이를 보정하는 경우가 더욱 의미 있는 데이터 결과를 만들어내는 것으로 확인되었음
- 다만 해당 데이터 분석은 두수로는 170두에 대해서 제한적으로 이루어졌다고 볼 수 있으며 하루 도축되는 돼지 도축 규모를 생각해보았을 때 매우 적은 비율
- 또한 AI 학습 알고리즘을 통한 자동 부위 판정 기능을 넣는 프로그램 재개발 후속 연구를 위해서는 최소 1천두 이상의 데이터 필요성이 확인된 부분도 있어 후속 연구를 통한 재분석이 필요한 것으로 사료됨

4) pH, 보수력, 육색 간의 상관관계 추가 검증

○ 지난 선행 연구를 통해 아래와 같은 선행 연구 사례들을 확인하였음

○ 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	pH 24 h	pH 48 h	Loin Hunter L (48 h)	I/a/I/b	Glycogen	Lactate	Glycolytic potential	% Lipid	Cholesterol
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 다양한 품질 특성 간의 상관관계를 표시한 결과로 이 중 pH와 명도는 경도와 연도, 육즙감량과 가열감량과 상관관계가 있음이 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 상관분석을 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 : 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

○ 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.

- 이와 같이 선행 연구를 통해 pH, 보수력 그리고 육색 간의 상관관계가 있음을 입증하였으나 이는 문헌을 통한 조사 방식이었기에 추가적인 검증을 실시하고자 하였음
- 샘플링은 부경 양돈의 실측치 촬영 대상이 된 55두의 도체에 대해 등심 부위에서 실시하였으며, 수분함량, 보수력, 육색값과 pH를 각각 산출하였음
- 이 때의 기초통계량과 상관분석 결과는 다음과 같았음

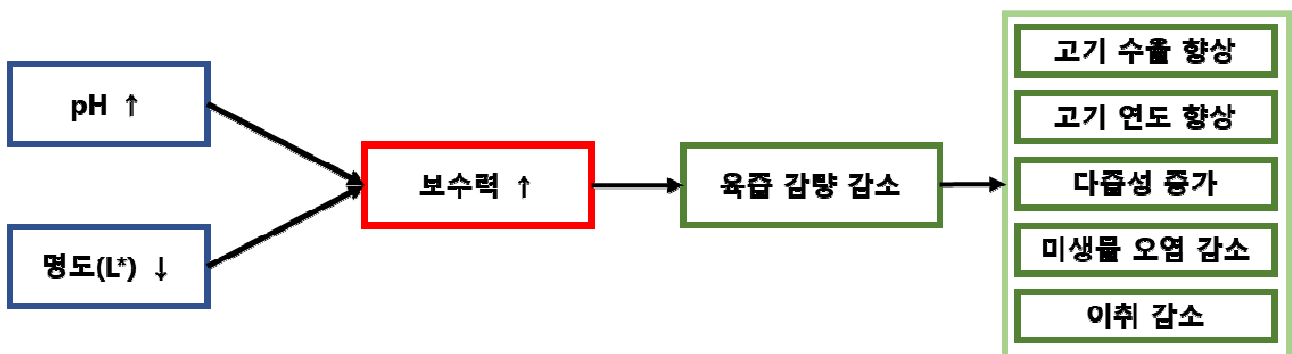
[표] 실험실에서 직접 측정한 육질 관련 지표 기초통계량

실측치	N	평균	표준편차	최솟값	최댓값
수분함량	55	74.66	0.802	72.33	76.33
보수력	55	72.81	4.469	63.89	84.93
실험실 L*	55	53.67	2.144	49.52	57.10
실험실 a*	55	15.28	1.207	12.56	17.42
실험실 b*	55	4.74	0.593	3.27	6.13
pH	55	5.62	0.131	5.42	5.93

[표] 실험실에서 직접 측정한 육질 관련 지표 간 상관분석

	수분함량	보수력	실험실 L*	실험실 a*	실험실 b*	pH
수분함량	1					
보수력	0.207	1				
실험실 L*	-0.069	-0.261	1			
실험실 a*	-0.103	0.058	-0.336	1		
실험실 b*	-0.179	-0.036	0.626	0.365	1	
pH	0.205	0.662	-0.261	0.205	0.064	1

- 확인 결과 보수력과 pH 간 0.66의 양의 상관관계가 확인되었음
- 또한 보수력과 명도 간 -0.26으로 음의 상관관계가 확인되었음
- 선행 연구 단계에서 제시하였듯이 지표 간의 관계가 다시 한 번 더 검증되었으며 보수력의 증가 및 개선으로 인해 얻을 수 있는 효과는 다음 그림과 같음



[그림] 육질 관련 지표 간 상관관계와 보수력 향상으로 얻을 수 있는 효과

- 보수력이 향상되면 그에 따라 육즙 감량 수준이 감소되며 결과적으로 감량되는 부분이 줄어든만큼 수율이 향상됨
- 육즙이 많아 씹었을 때의 다즙성이 향상되며 부드러움을 뜻한 연도 역시 향상됨
- 또한 보수력이 높은 고기는 미생물 오염 수준이 감소되기에 위생적인 면에서 더욱 좋고 또한 그로 인해 발생할 수 있는 이취 역시 줄어들음

라. 고품질 돼지고기 생산을 위한 제도 및 정부 요구안 마련

1) 해외 선진 사례 분석



[그림] Iberianham official labels

- 고품질 돼지고기로 잘 알려진 스페인의 이베리코 돼지는 품종 단계에서부터 사육 단계까지 세분화된 분류 체계에 따라 이를 구분하여 프리미엄을 구축하였음 (연구배경 참고)
- 또한 돼지고기 도체 자체에 부착할 수 있도록 이베리코 돼지를 가공해 만들어진 햄에 직접 다는 종류별 라벨이 있음(위 사진 참고)
- 국내에서도 위와 같이 도체 자체에 등급 등을 식용 잉크로 등급이나 도체번호 등을 표시하고 있으나 도체 자체의 품질에 대한 정보는 미식별됨
- 다만 위 라벨과 같은 방식은 국내에서 사용하기에는 낯선 형태이며 보다 익숙한 형태가 필요함



[그림] 국내 HACCP 인증 마크

- 위 그림처럼 국내에서 사용되는 인증 마크 제도를 활용하여 제안코자 함

2) 인증 제도에 대한 요구(안) 예시



[그림] 인증 마크 예시

- 인증 제도는 기존에 HACCP 인증 마크로 사용되는 형태를 차용하고 해당 프리미엄 돼지고기가 사용되었음을 알 수 있도록 해당 고기를 유통할 때 포장지 겉면에 표시할 수 있도록 제도 마련 (아래 그림 참고)



[그림] 현용되고 있는 HACCP 인증 마크

- 또한 향후 프리미엄 돼지고기의 지속적인 생산량 확보와 확대를 위해 생산자 차원에서 육질 관련 지표를 확인할 수 있도록 방안이 필요
- 올해 초(2023.03.03) “축평원, 이력등급 데이터 기반 돼지도체품질 분석 서비스 제공”의 기사를 보면 축산물품질평가원 측에서 VCS2000으로부터 산출된 데이터를 가공하여 농장주(생산자)에게 제공함으로써 생산자가 이를 확인하고 개선할 수 있도록 정보 분석 서비스를 시작하였음
- 이 때 제공되는 내용으로는 농장 성적 분석(도체중, 등지방두께 등), 출하 품질 관리도 정보(도체품질 항목 평균과 편차, 추세), 기계 판정(VCS2000) 정육량, 정육률, 삼겹살 거래 정육량에 관한 내용으로 주로 현재 등급 체계의 육량 관련 지표

와 관련이 있음

- 여기에서 더 나아가 VCS2000으로부터 산출되는 이미지 자료를 가공하여 육색값을 제공하고 지방 함량 역시 같이 제공함으로써 육질 관련 지표를 제공한다면 생산자 입장에서 더 좋은 고기를 생산할 수 있도록 자연스레 유도할 수 있을 것임
- 다만 이를 위해서는 프리미엄 돼지고기에 대한 인증 제도 활성화와 이를 통한 부가가치 상승이 우선적으로 선행되어야함

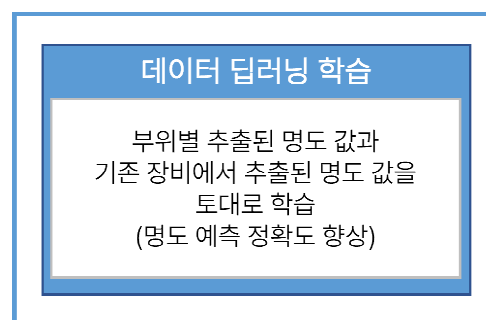
마. 연구 결과 요약 및 고찰

○ 목표 1 : 한돈 고급화 지표 검증

- 축평원에서 제공한 2022년 2월부터 2023년 6월까지의 데이터를 받아 육색을 제외한 3가지 지표 기준에 대해 시기(연도-월)에 따른 경락가격 차이를 반영하여 수정된 지표 범위 지정
- 3개 지표(도체중, 등지방두께, 지방함량)에 대한 새로운 범위를 제시 : **15.17% 출현율** 확인
- 문제점으로 제시되었던 **좁은 범위에서의 데이터 수집**과 **너무 낮은 출현율**에 대해 모두 해결책을 제시할 수 있었으며 향후 해당 사업을 기반으로 사업이 확대된다면 보다 더 많은 데이터를 바탕으로 동일한 과정을 거쳐 분석이 가능해질 것

○ 목표 2 : 이미지 자료 기반 명도 측정 프로그램 개발

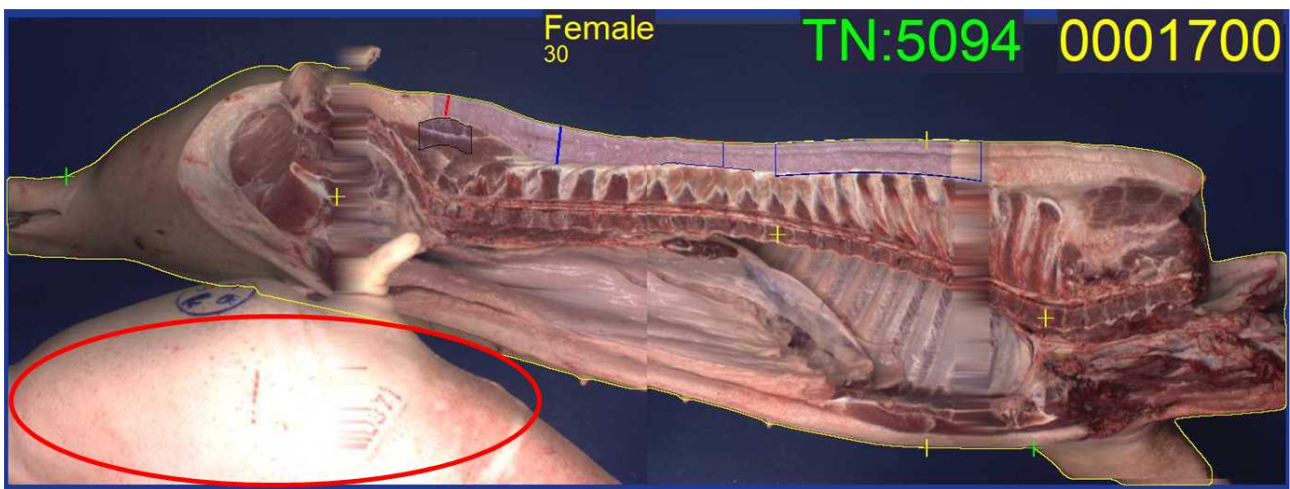
- 이미지 자료에 대한 세그멘테이션(부위 라벨링) 및 세그멘테이션 부위에 대한 명도 포함 육색값을 추출할 수 있는 프로그램 개발 완료
- 여기에 추가적인 과업을 통해 자동으로 위치를 찾아 세그멘테이션 하는 과정과 육색에 대한 보정을 AI 학습을 통해 딥러닝을 실현할 수 있다면 전국의 도체에 대해 문제없이 적용이 가능해질 것으로 사료



- 다만 AI 학습을 위해서는 알고리즘을 계층 단위로 구성할 수 있을 정도의 최소 데이터 즉 샘플이 필요하며 예상하기로는 약 1천 개 정도의 샘플수가 필요함
- 따라서 후속 조치로서 차후 연구를 통해 실측치에 대한 추가적인 확보 과정이 필요할 것으로 결론을 내림 (1천 두의 샘플 확보)

○ 목표 3 : 실측치 확보와 이미지 자료 기반 예측치 정확도 검증

- 현장에서 확보한 실측치와 이미지 자료 기반의 프로그램 예측치를 비교 : 실측값 대비 예측값의 명도, 적색도, 황색도, 도축장 및 부위에 따른 효과를 변수로 하여 보정치 산출
- 산출된 보정치 기반으로 실측치와의 정확도 검증 진행 : 약 0.71 수준의 상관계수 확인
- 다만 실측치의 확보 과정과 예측치를 위한 이미지 자료 수집 과정에서 도축장의 환경에서 오는 유의적인 차이가 확인되었음



[그림] VCS2000 촬영 이미지 중 광원 확인

- 위 그림처럼 VCS2000 촬영 환경에는 광원이 존재하며 이는 설치 환경의 차이에서 오차가 발생할 수 있을 것으로도 판단되므로 촬영 환경에 대한 표준화된 매뉴얼 역시 필요하다고 사료됨

○ 목표 4 : 고품질 돼지고기 생산을 위한 제도 및 정부 요구안 마련

- 소비자가 인식할 수 있는 인증 마크 제도(안) 제시 : 프리미엄 한돈 인증 마크
- 돼지 고기 품질에 대한 정보 제공 확대 : 기존 육량 관련 품질 정보 외 육질 관련 정보 추가 제공
- 위와 같이 결과를 얻었으며 이에 대한 법제도 정비를 위한 정책 제안에 대한 준비가 필요할 것으로 사료됨

4. 기대효과 및 활용방안

가. 기대효과

- 전국에 수집된 데이터를 바탕으로 고급육에 대한 보다 더 정확한 기준 제시 가능
- 양돈 선진국의 사례처럼 우리나라 소비자 취향 및 우리나라 유통 현실에 맞는 육질 시스템 구축을 위한 지표 마련
- 법·제도적 개선을 위한 근거 자료의 확보
- 고급화 육질 지표를 통한 수입육과 차별화된 한돈만의 고유 고급 지표 확보 및 홍보
- 한돈만의 특색있는 고품질 돼지고기를 통해 국내 소비자 만족도 향상
- 가격 요인에 큰 영향을 줄 수 있는 고품질 돼지고기 생산 체계 마련으로 새로운 종돈 개량 방향 제시
- 한돈의 품질 고급화를 위한 제도적 기반 마련을 통해 프리미엄 한돈의 안정적 생산 체계 구축으로 지속적 농가 소득 창출 가능
- 품질 고급화 정책 도입 등으로 한돈 품질 고급화를 유도, 고품질 한돈 생산 체계 구축으로 한돈 산업 발전 유도 : 지원 사례; (주)선진, 팜스코의 계열 농가에 대한 고급육 생산 인센티브(두당 약 3~5천원), 도드람·부경 양돈 조합 등의 브랜드 장려금 지원(두당 약 2~7천원) 등
- 전국적으로 적용할 수 있는 고급 브랜드 고기 육성 등을 통한 한돈의 차별화된 이미지 부각으로 구매욕을 촉진, 한돈 소비 효과 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

나. 활용방안

- 돼지고기 육질 관련 개량 형질 관련 후보 유전자 선발을 통한 유전적 개량 체계 구축 및 다형질 대상 선발 시 선발지수식 등에 활용
- 우리나라 소비자 취향 및 유통 환경에 맞는 육질 검정 시스템 구축에 활용
- 소비자의 선호도가 높고 경락가격이 높은 고품질 돈육 생산을 위한 정부 주도 및 기업형 양돈회사에서 개량 목표로 활용 가능
- 프리미엄 한돈에 대한 관리 매뉴얼을 활용하여 고품질 돈육의 지속적인 생산 가능
- 해외에는 없으면서 국내에서만 찾아볼 수 있는 돼지고기만의 특색 있는 고급화 지표를 바탕으로 해외 시장에도 진출

5. 연구원 편성표

담당 연구내용	성 명	소속기관 및 부서	직위	직급 ¹⁾	전 공 및 학 위		
					학 위	전 공	학 교
실측치 확보 정확도 검증 출현율 분석을 위한 3개 지표 분석 인증제도 제시 등	서강석	순천대학교	교수	책임	박사	동물자원학과	서울대학교
	남기창	순천대학교	교수	연구원	박사	식육과학/ 식품공학	아이오와 주립대학교
	조영규	순천대학교	연구원	연구보조	석사	통계육종	순천대학교
	이동희	순천대학교	연구원	연구보조	석사	통계육종	순천대학교
	정선남	순천대학교	연구원	연구보조	학사	조경학	순천대학교
	박지영	순천대학교	연구원	연구보조	석사	근육식품학	순천대학교
명도(육색) 측정 프로그램 개발	정효성	(주)감성텍	소장	연구원	학사	전자공학	전남대학교
	박승찬	(주)감성텍	연구원	연구보조	학사	융합소프트 웨어	목포대학교
	조지은	(주)감성텍	책임연 구원	연구원	석사	디지털미디어	상명대학교
	왕규웅	(주)감성텍	선임연 구원	연구보조	학사	산업경영공학	경기대학교

¹⁾ 직급 구분은 인건비 지급 기준에 따라 구분

6. 전문가 활용

성명	소속	직위	기간	활용내용
이일주	(주)다비육중	이사	2023.12.18	한돈협회 결과보고회 참석 및 결과보고에 대한 피드백(자문) 실시
송종호	축산물품질평가원	품질평가처장	2023.12.18	
한동윤	대한한돈협회	청년분과위원장	2023.12.18	
강현정	(주)도드람	상무	2023.12.18	
서종태	부경양돈조합	단장	2023.12.18	
왕영일	대한한돈협회	감사	2023.12.18	
윤두학	경북대학교	교수	2023.12.15	결과보고에 대한 결과 관련 자문 진행; 연구가치와 기대효과 위주
김희발	서울대학교	교수	2023.12.15	

7. 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℃	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	

8. 참고문헌

- (1) Barkley, K. E., Rode, H., McKenna, D. R., Boler, D. D., Harsh, B. N., Dilger, A. C., ... & Dilger, A. C. (2021). Effect of Instrument Settings and Measurement Environment on Pork Color Measurements and Variability. *Meat and Muscle Biology*, 5(1).
- (2) Bohrer, B. M., Wang, Y., Dorleku, J. B., Campbell, C. P., & Mandell, I. B. (2024). Pork muscle profiling: pH and instrumental color of the longissimus thoracis is not representative of pH and instrumental color of shoulder and ham muscles. *Meat Science*, 208, 109380.
- (3) 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.
- (4) 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.
- (5) Huff-Loneragan, 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.
- (6) 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.
- (7) 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.
- (8) Kline, R. B. (2023). Principles and practice of structural equation modeling. Guilford publications.
- (9) 김영화. 2014. 생체육질예측기법을 활용한 돼지육량 및 육질 연관성 분석. 제주대학교 학위논문
- (10) 도드람양돈협동조합
- (11) 돼지 개량 네트워크 구축사업 육질검사 보고서, 순천대학교
- (12) 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.
- (13) 백두대간한돈, 백두대간영농조합법인
- (14) 보리떡인돼지가천맥돈, 농업회사법인(주)헤드림푸드
- (15) 산들에참포크, 김해축산업협동조합
- (16) 산수골목장, 농업회사법인(주)산수골
- (17) 생생포크, (주)팜스토리한냉
- (18) 선진포크한돈, (주)선진
- (19) 소비자시민모임이 선정한 우수 한돈 브랜드, 2022년, 돼지와 사람
- (20) 이베리코, 푸드 스토리텔러, 퍼밀
- (21) 인삼한돈, 도원진생원포크영농조합법인
- (22) 일본 돼지고기의 맛의 비밀, 기초지식과 추천브랜드 돼지 고기 10선, 2021.04.05, westplan
- (23) 장군포크, 논산계룡축산업협동조합
- (24) 제주도니, 제주양돈축산업협동조합
- (25) 태흥한돈, 태흥한돈영농조합법인

- (26) 평균, 중위수, 최빈값 간의 관계 : <https://www.quora.com/How-is-the-gender-pay-gap-calculated-in-the-US>
- (27) 포크밸리, 부경양돈농협
- (28) 포크빌포도먹은돼지, 대전충남양돈농협
- (29) 프로포크, (주)농협목우촌
- (30) 한돈 고급화 전략 수립을 위한 유통 및 소비 친화적 품질 등 개선방안 연구 결과보고서