

318022
-04

동물복지 축산물의 품질차별화 및 품질인증시스템 구축

2021

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
농생명산업기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003880-01

동물복지 축산물의 품질차별화 및 품질인증시스템 구축

2022. 03. 30.

주관연구기관 / (주)정피엔씨연구소
협동연구기관 / 순천대학교 산학협력단
협동연구기관 / 강원대학교 산학협력단
협동연구기관 / 조선대학교 산학협력단
협동연구기관 / 전북대학교 산학협력단

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “동물복지 축산물의 품질차별화 및 품질인증시스템 구축”(개발기간 : 2018. 04. ~ 2021. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022. 03. 30

주관연구기관명 : (주)정피엔씨연구소 (대표자) 정영철 (인)

협동연구기관명 : 순천대학교 산학협력단 (대표자) 최재선 (인)

협동연구기관명 : 강원대학교 산학협력단 (대표자) 장철성 (인)

협동연구기관명 : 조선대학교 산학협력단 (대표자) 최한철 (인)

협동연구기관명 : 전북대학교 산학협력단 (대표자) 조관섭 (인)

주관연구책임자 : 정영철

협동연구책임자 : 남기창

협동연구책임자 : 장애라

협동연구책임자 : 김경수

협동연구책임자 : 심관섭

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		농생명기술개발사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		
내역사업명 (해당 시 작성)					연구개발과제번호		318022-04
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB1608	50%	LB1605	15%	LB0606	15%
	농림식품 과학기술분류	AB0203	50%	AB0201	15%	AB0204	15%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명		동물복지 축산물의 품질차별화 및 품질인증시스템 구축					
전체 연구개발기간		2018. 04. 26 - 2021. 12. 31					
총 연구개발비		총 1,500,000 천원 (정부지원연구개발비: 1,125,000천원, 기관부담연구개발비 : 375,000천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)					
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[○] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	동물복지 축산물의 품질차별화 및 품질인증시스템 구축 ○ 동물복지 축산물의 경쟁력 확보를 위한 인증제도 제시 ○ 동물복지 돈육의 차별화 및 인증시스템 구축을 위한 품질 가치 확보 ○ 동물복지 닭고기의 차별화 및 인증시스템 구축을 위한 품질가치 확보 ○ 동물복지 축산물을 판별할 수 있는 지표성분 규명 및 판별기준 마련 ○ 일반농장과 동물복지 농장의 축종별 스트레스 지표 비교 연구 ○ 동물복지 축산물의 차별화를 위한 맛 성분 분석 및 관능평가					
	전체 내용	[제 1세부] 동물복지 축산물의 경쟁력 확보를 위한 인증제도 제시 ○ 선진국(미국, EU등)의 동물 복지 축산물 관련제도 및 유통, 시장 등 관련 현황 조사 ○ 동물복지 축산물의 경제성 평가 ○ 동물복지 축산물의 품질 차별화를 위한 동물 복지 농장 인증 개선안 마련 ○ 해외사례, 국내여건, 동물복지 축산물의 품질 특성 및 경제성을 고려 하여 동물복지 축산물의 인증제도 제시 [제 1협동] 동물복지 돈육의 차별화 및 인증시스템 구축을 위한 품질 가치 확보 ○ 일반농장 및 동물복지 돈육의 품질특성 비교 ○ 사육밀도에 따른 돈육의 도체특성, 육질특성, 미량성분 분석비교 ○ 실내/실외사육에 의한 스트레스 지수 다변화에 따른 돈육의 도체 및 육질특성 분석 ○ 도축변이에 따른 돈육의 품질특성 분석비교 및 표준화된 동물복지 돈육 스펙 설정 ○ 일반농장대비 동물복지 돈육의 우수성에 대한 과학적인 근거 제시 [제 2협동] 동물복지 닭고기의 차별화 및 인증시스템 구축을 위한 품질가치 확보 ○ 국내 유통 일반 농장과 동물복지농장의 가금육의 품질·영양기능 평가 및 비교 ○ 일반 농장과 동물복지 육계농장의 환경에 의한 품질·영양기능성분의 차이규명 ○ 일반 및 동물복지 도축방법에 따른 육계의 품질·영양기능성분 차이 규명 ○ 국내 육계 농장 환경 및 도축과정과 육계의 품질·영양기능성분간의 상관도 분석 및 동물복지기준 개선안 제시					

		<p>[제 3협동] 동물복지 축산물을 판별할 수 있는 지표성분 규명 및 판별기준 마련</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 동물복지 돈육 판별을 위한 이화학적 지표물질 탐색 및 선정 ○ 선정된 동물복지 돈육의 지표물질 분석법 개발 및 국내 동물복지 농장 적용가능성 확인 ○ 닭 사육 농가 중 동물복지 농가를 판별할 수 있는 지표물질 탐색 및 규명 ○ 국내 동물복지 농장에서 생산된 닭고기의 최적 지표물질의 판별법 기준 마련 및 모니터링 <p>[제 4협동] 일반농장과 동물복지 농장의 축종별 스트레스 지표 비교 연구</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 일반농장과 동물복지 농장에서 돼지의 스트레스 지표 분석 및 비교 ○ 일반농장과 동물복지 농장에서 닭의 스트레스 지표 분석 및 비교 <p>[제 1위탁] 동물복지 축산물의 차별화를 위한 맛 성분 분석 및 관능평가</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 동물복지 농장에서 생산된 축산물의 맛 성분 분석 및 관능평가 ○ 스트레스 지수에 따른 축산물의 돈육의 맛 성분 분석 및 관능평가 	
	1단계 (해당 시 작성)	<p>목표</p> <p>내용</p>	<p>해당사항 없음</p> <p>해당사항 없음</p>
	n단계 (해당 시 작성)	<p>목표</p> <p>내용</p>	<p>해당사항 없음</p> <p>해당사항 없음</p>

연구개발성과	구분	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 · 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
	예상성과 (N/Y)	Y	Y	Y		Y			생명 정보	생물 자원	정보	실물

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>□ 활용방안</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 동물복지 축산물의 품질인증 제도 및 시스템 구축 ○ 동물복지 축산물의 차별화를 위한 과학적인 근거 마련 ○ 국내 여건 및 소비자 중심의 동물복지 기준 개선안 제시 ○ 동물복지 농장 및 축산물의 확대를 위한 법적, 제도적 선진화에 활용함 ○ 동물복지 축산물의 판별기술 개발을 통한 유통되고 있는 축산물의 안전성 홍보 ○ 동물복지 축산물의 객관적인 품질특성을 바탕으로 소비자에게 더욱 객관적인 정보제공과 시장에서의 차별화된 브랜드 시장 구축 가능 ○ 일반 및 동물복지 축산물의 맛 성분 비교를 통한 차별화 시스템 구축 ○ 일반농장과 동물복지 농장의 사육 환경에 따라 실질적으로 농장 동물이 받는 스트레스의 여부 확인 ○ 가축의 생산단계 스트레스 지표 분석 방법 확립 ○ 기술개발을 통한 산업재산권 권리 확보 및 우수 논문게재 <p>□ 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 동물복지 농장 축산물의 국민 홍보를 통한 인식 개선 및 소비 촉진 ○ 국내 동물복지 농장의 확대를 통한 국내 축산물의 인지도 향상 ○ 국내 동물복지 농장의 축산물의 이화학적 판별 분석법의 유효성 검증을 통한 신뢰성 있는 분석법 확보 ○ 일반 축산물대비 동물복지 축산물을 검증할 분석방법 확립 ○ 스트레스 지표를 분석할 수 있는 시료 선택을 통한 샘플채취 방법의 최적화 ○ 일반농장과 동물복지 농장의 분별력 있는 스트레스 지표 물질을 통한 동물복지 축산업 확립에 필요한 정보 제공 ○ 기술 개발의 홍보효과로 인한 동물 복지형 농장 확대에 기여
---------------------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동물복지 축산물 판별기술 개발을 통한 선의의 축산업자 보호 및 소비자 기만행위 사전 방지 ○ 동물복지 축산물의 품질특성에 대한 객관적 정보제공으로 차별화된 시장 구축 ○ 동물복지 축산물의 우수성의 과학적 근거 마련 ○ 개발된 분석법의 국내 축산 농가의 적용을 통한 소비자의 막연한 불안감 해소 ○ 판별기술 개발 홍보효과를 통한 동물 복지 축산물의 소비자 인식 확대 												
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당사항 없음												
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종		
								생명 정보	생물 자원		정보	실물	
	14	2	1		1								
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호				
국문핵심어 (5개 이내)	동물복지		품질차별화		품질인증		돼지고기		닭고기				
영문핵심어 (5개 이내)	animal welfare		quality differentiation		quality certification		pork		chicken				

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

제 1 장 연구개발과제 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

- 동물복지(animal welfare)란 인간이 동물을 이용하면서 윤리적인 책임을 지고 동물이 필요로 하는 기본조건을 보장하는 것을 의미하는 것으로, 국제수역사무국(OIE)의 정의에 따르면 동물 복지는 동물이 건강하고 안락하며, 좋은 영양 및 안전한 상황에서 본래의 습성을 표현할 수 있으며, 고통, 두려움, 괴롭힘 등의 나쁜 상태를 겪지 않는 것으로 정의하고 있음.
- 미국 수의학협회(American Veterinary Medical Association)는 동물 복지를 동물에게 적절한 주거 환경을 제공·관리, 영양 제공, 질병 예방 및 치료, 책임 있는 보살핌, 인도적인 취급, 필요한 경우의 인도적인 안락사 등 동물 복지와 관련된 모든 것을 제공해야 하는 인간의 의무를 의미하는 것으로 정의하고 있음.
- 국가별로 경제적 조건이나 자연환경, 소비자와 사회 구성원들의 인식 정도에 따라 동물 복지의 개념이나 동물 복지 적용수준에 차이가 존재하지만, 동물복지 개념에 내포된 윤리적 책임은 ‘동물의 이용범위와 동물들이 받는 고통의 범위를 최소화해야 한다’는 기본원칙을 전제로 한다는 것은 일반적으로 통용되는 개념임
- 동물복지가 적용되는 범주를 살펴보면 경제동물, 애완동물, 실험동물, 야생동물 등 대상별로 구분될 수 있으며, 주요하게 농장 동물과 반려동물이 포함됨.
- 국제적으로 유럽연합 및 영국, 호주 등 축산 선진국을 중심으로 동물 복지 농장의 적용이 활발하게 이루어지고 있음. 세계동물보건기구(World Organization for Animal Health), 국제연합(United Nations), 국제연합 식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations) 등도 동물 복지 축산업의 향상을 위한 노력에 참여하고 있음
- 국내 축산업은 생산성을 높이기 위해 규모화를 추구하는 방식으로 발전해 왔으며, 규모화를 생산은 소비자들이 비교적 저렴한 가격으로 축산물을 소비할 수 있게 하였지만, 집약적 사육방식으로 인한 가축의 면역력 저하와 가축분뇨 및 악취로 인한 환경오염 등 많은 문제를 일으키게 되었음. 또한, 집약적 사육방식에서는 동물 복지 수준이 매우 열악하거나 동물 복지가 고려되지 않아 동물의 육체적 건강뿐만 아니라 정신적 건강까지 위협할 수 있다는 인식이 팽배해졌고, 동물 복지가 사회적 이슈로 부각 되면서 정부는 “동물 복지 축산농가 인증제”를 도입하게 되었음.
- 1991년 우리나라의 동물 복지와 관련된 법안인 “동물보호법”을 전면 개정하였고, 우리나라는 1991년 “동물보호법” 제정 이후 2011년 동물보호단체의 제안을 바탕으로 개정 추진하였음. 2002년 9월 동물 보호법 개정안을 입법 예고하였으나 동물보호 단체 간 및 단체-정부 간 의견이 조정되지 못하여 입 법안을 철회하기도 하였고, 2005년 10월 동물보호단체 합동 안을 바탕으로 입법예고 하였고 이후 정부 내 입법절차를 거쳐 국회에 정부안을 제출하였다. 이러한 법 개정 사유는 동물보호에 관한 국가와 지방자치단체의 책무를 강화하고, 반려동물의 사육 및 유기동물의 증가 등에 따라 반려동물 소유자 등에 대한 등록제 시행근거를 마련하기 위한 것이다. 또한, 동물 학대행위 방지조항의 실효성을 높이기 위하여 관련 규정을 보완하는 한편, 현행 제도의 운용상 나타난 일부 미비점을 개선하고 보완하고 있음.

- 국내 축산업은 선진국의 기술적 도입에 따른 기술향상, 시설현대화 및 우수 유전자원도입 등 생산성과 효율성 중심으로 발전하여 양질의 동물 단백질을 공급하는 데 이바지하고 있음. 그러나 생산성 향상과 현대화 이면에는 축산업의 규모화와 집약화로 인해 분노 및 악취문제, 질병, 항생제 남용 및 축산물의 안전성 논란 등 부정적인 문제들이 지속해서 부가되고 있음. 특히 밀사 조건의 가축사육 경우 사육환경을 가축의 생리 구조에 맞추는 것이 아니라 인간의 관점에서 규격화된 사육조건에 가축을 사육하기 때문에 건강한 가축사육 환경에 따른 건강한 축산물을 생산하는데 바람직하지 않음
- 국내 농장의 경우 한국 식품안전관리 인증원에서 ‘친환경 축산물 인증제’를 통해 유기축산물과 무항생제 축산물을 인증하여 친환경 축산 실천 농가에 소득감소 및 생산비 차이를 보전해주고 있고, 농장, 축산물 가공장 및 식육 판매장에 대해 ‘축산물 위해요소중점관리기준(Hazard Analysis Critical Control Point system, HACCP)’ 등의 제도들이 운용되고 있음. 하지만 이들 제도는 동물 복지 개념과는 거리가 있는 축종별 사육면적이나 사양관리 방법, 운송 및 도축관리, 질병 관리 등의 기존제도와 일부분 연결되는 개념들이 적용되고 있음. 또한, 농림축산검역본부는 ‘동물 복지 축산농장’ 인증 기준 및 인증 등의 제도를 운용하고 있지만, 사육단계에 관리기준에 머물러 있음.
- 위와 같이 다양한 축산업의 문제 발생과 소비자들의 높아진 의식 수준, 동물 복지 국제 규범화 등 최근에 추세에도 불구하고 동물 복지 관점에서 효과적으로 대응할 수 있는 국내 연구가 현저히 부족한 실정임. 또한, 국내 축산업에서 동물 복지 농장 제도가 정착하지 못하는 이유는, 현재 실정에 맞지 않을 뿐 아니라 낮은 수준의 제도적 뒷받침과 이해당사자들의 정보 부족 때문임. 현재 주무 부처인 농림축산식품부에 친환경 동물복지과가 신설되었고, 국가 차원에서 ‘동물보호법’이 제정되어 운영되고 있지만 아직은 내용의 상당 부분이 반려동물 중심이어서 축산농장에 대한 구체적인 동물 복지 실현내용이 그리 많지 않음.
- 국내에서 동물복지 농장의 보장과 증진을 뒷받침하기 위해서는 동물 복지 축산물의 우수성에 관한 과학적인 연구와 생산자, 소비자 등의 관련 이해당사자들의 충분히 동의할 수 있는 객관적이고 국내 실정에 맞는 동물 복지 달성 목표 수준 설정이 선행되어야 함.

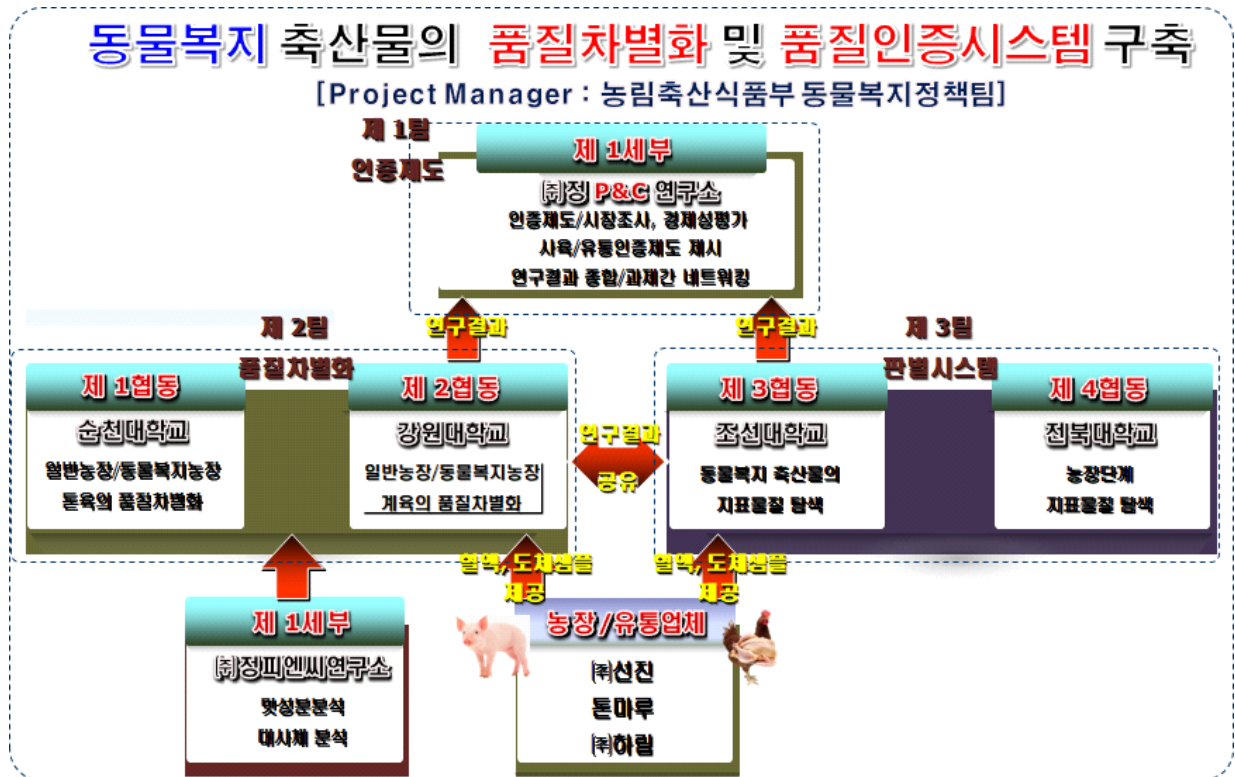
제 2 절 연구개발 목표

1. 연구개발 최종 목표

- 동물 복지 축산물의 품질 차별화 및 품질인증시스템 구축
 - [제 1세부과제] 동물 복지 축산물의 경쟁력 확보를 위한 인증제도 제시
 - [제 1협동과제] 동물 복지 돼지고기의 차별화 및 인증시스템 구축을 위한 품질 가치 확보
 - [제 2협동과제] 동물 복지 닭고기의 차별화 및 인증시스템 구축을 위한 품질 가치 확보
 - [제 3협동과제] 동물 복지 축산물을 판별할 수 있는 지표 성분 규명 및 판별기준 마련
 - [제 4협동과제] 일반농장과 동물 복지 농장의 축종별 스트레스 지표 비교 연구
 - [제 1위탁과제] 동물 복지 축산물의 차별화를 위한 맛 성분 분석 및 관능평가



[그림 1-1] 연구수행 추진 체계



[그림 1-2] 세부과제 구성

2. 세부목표

□ [제 1세부과제] 동물 복지 축산물의 경쟁력 확보를 위한 인증제도 제시

- 선진국(미국, EU 등)의 동물 복지 축산물 관련 제도 및 유통, 시장 등 관련 현황 조사
- 일반 축산물/동물 복지 축산물의 사육, 유통 및 판매에 따른 경제성 평가
- 동물 복지 축산물의 품질 차별화를 위한 동물 복지 농장 인증 개선안 마련
- 해외사례, 국내여건, 동물 복지 축산물의 품질특성 및 경제성을 고려하여 동물 복지 축산물의 인증 제도 제시

□ [제 1협동과제] 동물복지 돼지고기의 차별화 및 인증시스템 구축을 위한 품질 가치 확보

- 일반농장/동물복지 돼지고기의 품질특성 비교
- 사육밀도에 따른 돼지고기의 도체특성, 육질 특성, 미량성분 분석비교
- 실내/실외사육에 의한 스트레스 지수 다변화에 따른 돼지고기의 도체 및 육질 특성분석
- 도축 변이에 따른 돼지고기의 품질특성 분석비교 및 표준화된 동물 복지 돼지고기 자격조건 설정
- 일반농장대비 동물복지 돼지고기의 우수성에 대한 과학적인 근거 제시

□ [제 2협동과제] 동물복지 닭고기의 차별화 및 인증시스템 구축을 위한 품질가치 확보

- 국내 유통 일반농장과 동물복지농장의 가금육의 품질·영양 기능 평가 및 비교
- 일반농장과 동물 복지 육계농장의 환경에 의한 품질·영양 기능 성분의 차이규명
- 일반과 동물 복지 도축방법에 따른 육계의 품질·영양 기능 성분 차이규명
- 국내 육계농장 환경 및 도축과정과 육계의 품질·영양 기능 성분 간의 상관도 분석 및 동물 복지 기준 개선안 제시

□ [제 3협동과제] 동물 복지 축산물을 판별할 수 있는 지표 성분 규명 및 판별기준 마련

- 동물복지 돼지고기 판별을 위한 이화학적 지표물질 탐색 및 선정
- 동물복지 돼지고기의 지표물질 분석법 개발 및 국내 동물복지 농장 적용 가능성 확인
- 닭 사육 농가 중 동물복지 농가를 판별할 수 있는 지표물질 탐색 및 규명
- 국내 동물복지 농장 생산 닭고기의 최적 지표물질의 판별법 기준 마련 및 모니터링

□ [제 4협동과제] 일반농장과 동물 복지 농장의 축종별 스트레스 지표 비교 연구

- 일반농장과 동물복지 농장에서 돼지의 스트레스 지표 분석 및 비교
- 일반농장과 동물복지 농장에서 닭의 스트레스 지표 분석 및 비교

□ [제 1위탁과제] 동물 복지 축산물의 차별화를 위한 맛 성분 분석 및 관능평가

- 동물복지 농장에서 생산된 축산물의 맛 성분 분석 및 관능평가
- 스트레스 지수에 따른 축산물의 맛 성분 분석 및 관능평가

3. 연차별 개발목표 및 내용

가. 1차년도

(1) 연구개발 목표

- 제 1세부과제: 선진국(미국, EU 등)의 동물 복지 축산물 관련 제도, 유통, 시장 등 관련 현황 조사 및 분석
- 제 1협동과제: 일반농장 및 동물복지 돼지고기의 품질특성 비교
- 제 2협동과제: 국내 유통 일반농장과 동물복지농장의 육계의 품질·영양 기능 평가 및 비교
- 제 3협동과제: 동물복지 돼지고기 판별을 위한 이화학적 지표물질 탐색 및 선정
- 제 4협동과제: 일반농장과 동물복지 농장 돼지(LYD)의 혈액 채취 방법에 따른 스트레스 지표 비교
- 제 1위탁과제: 일반농장 및 동물복지 축산물의 관능평가 및 맛 성분 분석

(2) 개발내용 및 범위



[그림 1-3] 1차년도 과제 간 연구 추진체계

□ 제 1세부과제 : 선진국(미국, EU 등)의 동물 복지 축산물 관련 제도, 유통, 시장 등 관련 현황 조사 및 분석

- 문헌 조사 및 방문조사
 - 선진국(미국, EU 등)의 동물복지 농장 현황 조사
 - 선진국(미국, EU 등)의 동물 복지 축산물 관련 제도 조사
 - 선진국(미국, EU 등)의 동물 복지 축산물의 품질인증제도 조사
 - 선진국(미국, EU 등)의 동물 복지 축산물 유통 및 시장 조사
- 국내 현황과 선진국의 동물복지 농장의 제도-유통-시장 비교 분석
- 일반농장 / 동물복지 축산물의 우수성 및 판별시스템 구축을 위한 혈액(농장 및 도축장), 지방, 근육 시료 채취(도축장) - 협동 및 위탁과제와 연계하여 추진
- 과제 총괄관리 및 협동연구기관의 협력 : 동물 복지 축산물 품질 차별화 및 판별시스템 구축을 위한 탐색
- 주관연구기관과 다른 협동연구기관의 협력 체계
 - 주관연구기관은 표준화되고 객관적인 결과 해석이 될 수 있도록 엄격한 조건에서 동물 복지 축산물이 생산되는 농장 및 도축업체를 선정하여 각 협동연구기관에 생산 및 도축 단계에서의 실험장과 시료가 제공될 수 있도록 할 예정임
 - 엄격한 조건에서 생산되는 일반농장과 동물복지 돼지고기 시료는 제 1협동과제에 제공되며, 닭고기 시료는 제 2협동과제에서 축산물의 특성과 성분에 대한 전반적인 분석을 통해 차별화된 품질 요소를 탐구할 예정이며, 제 1위탁과제에서 돼지고기와 닭고기에 대한 맛 성분별 관능평가를 통해 실질적인 동물복지 조건의 차이와 소비자의 심리적인 요소가 관능적 평가에 미치는 영향을 객관적으로 평가할 것임
 - 동일한 실험개체에 대해 돼지고기와 닭고기 시료를 대상으로 제 3협동과제에서는 동물복지 축산물을 과학적으로 검증할 수 있는 지표물질의 탐색과 선정이 이루어질 것
 - 생산단계에서의 동물복지 농장의 스트레스 지수를 객관화하기 위한 연구가 선정 농장을 대상으로 제 4협동연구기관(전북대)에 진행되며 제 1협동과제 및 제 2협동과제와의 연계를 통해 최종 복지 동물형 축산물의 품질 차별화와 지표 성분 규명에 대한 공통적인 기준 확립을 꾀할 예정임

□ 제 1협동과제 : 일반농장과 동물복지 농장에서 생산된 돼지고기의 도체특성, 육질 특성, 미량성분 분석비교

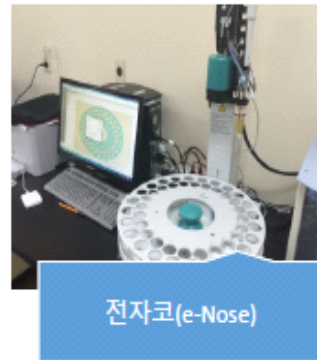
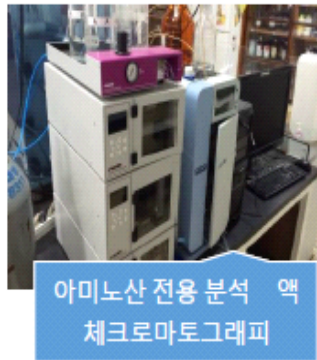
- 현행 국내에서 운영되는 동물복지 돼지농장 및 동일조건(품종, 사료 등)의 일반농장으로부터 출하 돼지(LYD 삼원교잡종)의 고기(등심) 확보
- 품질판정 도체 자료(등 지방 두께) 확보 분석비교
- 돼지고기의 성분 및 육질 특성 분석비교
 - 일반성분, 지방산 조성
 - pH, 보수력, 육색, 전단력 등 육질 특성 항목, 비타민, 미네랄

- 돼지고기의 맛 성분 분석 및 관능평가
 - 유리 아미노산, 핵산, 전자 코 분석
 - 표준화된 프로토콜에 의한 관능평가(충북대)

○ 돼지고기의 기능성 분석비교

- 항산화 활성 분석(TBARS, radical 소거능 등), 항산화성 peptides

- 1) 이전 유사과제 수행에 의한 돈육시료 수집 및 시료처리 프로토콜 구축
- 2) 분석 항목별 전용 분석기기 보유 및 분석방법 최적화
- 3) 동일 연구원 및 분석기기에 의한 실험분석 오차 최소화



[그림 1-4] 순천대 육질분석 기기

- 제 1협동과제는 주관연구기관에서 확보된 일반농장과 동물복지 돼지농장의 시료를 확보하여 같은 조건의 도축·가공 공정을 거친 후 시료를 확보하여 도체 및 육질 특성을 분석
- 제 1위탁과제를 통해 표준화된 관능평가 프로토콜에 따라 맛 성분별 관능평가를 시행하여 이화학적 분석 데이터와의 객관적인 비교를 진행 예정
- 유기적 협조 체제하에 제2협동과 상호 실험방법 및 결과를 공유하여 동물복지 조건에 따른 육질 특성 확립과 원인물질 규명에 관한 연구를 축종별로 상호보완적으로 진행
- 제 3협동과제 및 제 4협동과제의 시료를 공유하여 생산단계에서의 스트레스 영향 지수(스트레스 호르몬, glycogen, lactic acid)를 반영하고 최종 복지 동물형 축산물의 품질 차별화와 지표 성분 규명에 대한 공통적인 기준 확립을 꾀할 예정임

□ 제 1위탁과제 : 일반농장 및 동물복지 축산물의 관능평가 및 맛 성분 분석

○ 축산물의 주관적 관능평가

- 관능적 판정의 시료의 크기는 25×700×4(높이×가로×세로)mm로 정형하여 사용하며 5인

의 관능검사요원이 다즙성, 연도, 풍미, 전체기호도의 4개 항목을 평가하고 각각의 배점은 1점(매우 다즙하지 않음, 매우 질김, 풍미가 매우 나쁨, 매우 나쁨)에서 7점(매우 다즙함, 매우 연함, 풍미가 매우 좋음, 매우 좋음)으로 평가 할 예정

- 연도, 다즙성, 풍미, 전체기호도(7점 척도법), 단맛(설탕/물), 짠맛(소금/물), 신맛(구연산/물), 쓴맛(카페인/물), 떫은맛(명반)

○ 축산물의 기계적 평가 : 육색(L*, a*, b*), 전단력, 조직특성 등

○ 축산물의 맛 성분 분석

- 지방산 및 아미노산

※ 맛 관여 인자(아미노산)

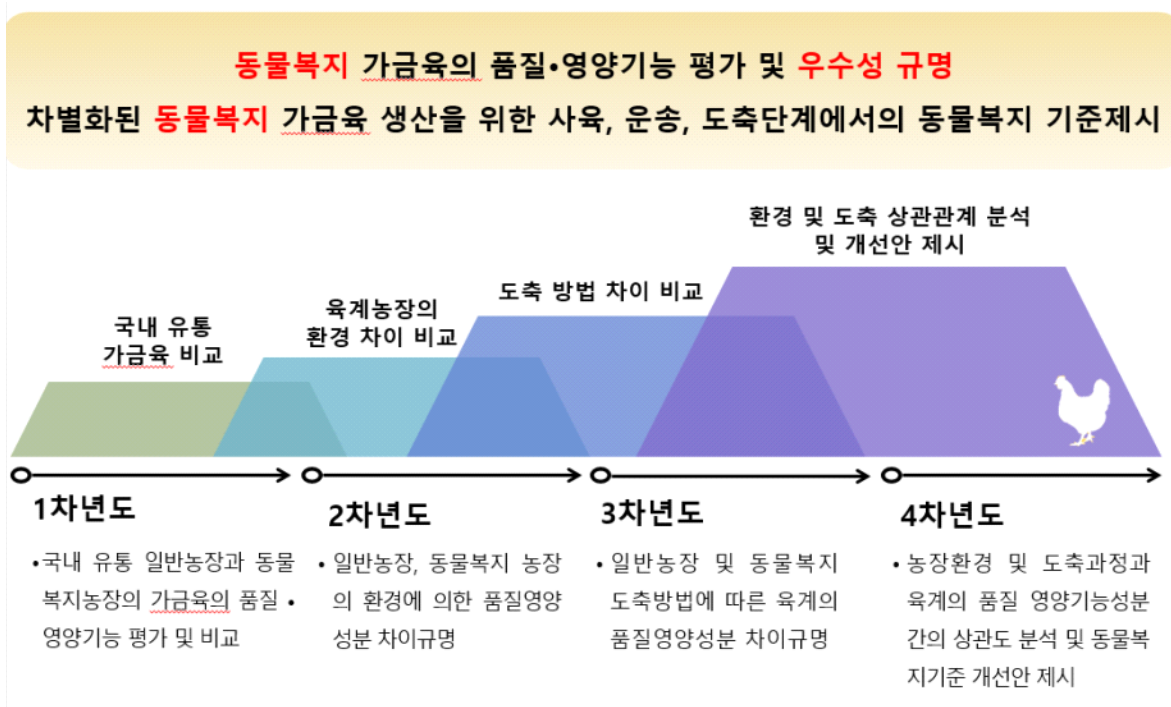
- 단맛: Ala, Cys 2, Glu, Gly, Lys, Met, Pro, Ser, Thr
- 신맛: Asp, Glu, His
- 짠맛: Glu
- 쓴맛: Arg, Glu, His, Ile, Lys, Met, Phe, Trp, Tyr, Val
- 감칠맛: Asp, Glu, oleic acid 등

□ 제 2협동과제: 국내 유통 일반농장과 동물복지농장의 가금육의 품질·영양 기능 평가 및 비교

○ 국내 유통 일반농장과 동물복지농장 육계(브로일러)의 품질과 영양 기능물질 비교 및 기초 데이터 확립

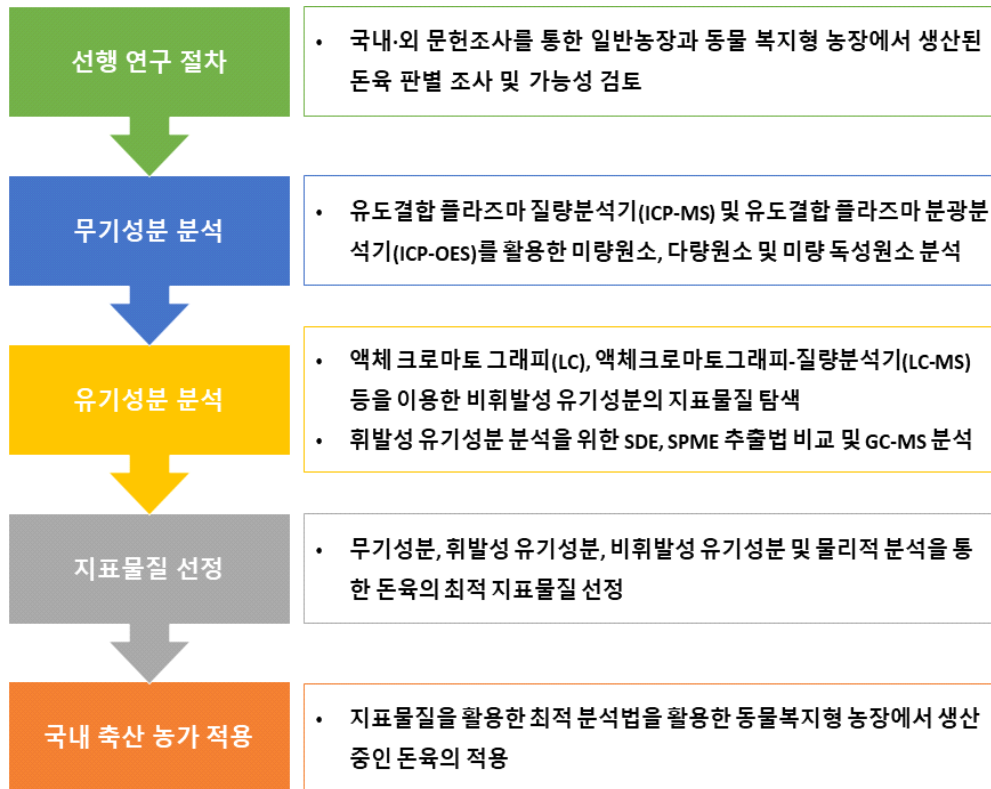
- 도체특성, 육질 특성분석(pH, 육색, 보수력)
- VBN, TBARS,
- 총균수, 대장균(군)수, 등
- 육계 내 영양 기능물질 분석(일반성분, 미네랄, dipeptide, creatine과 creatinine 등)

○ 국내 유통 일반농장과 동물복지농장 육계의 저장 기간의 품질과 영양 기능물질 확인



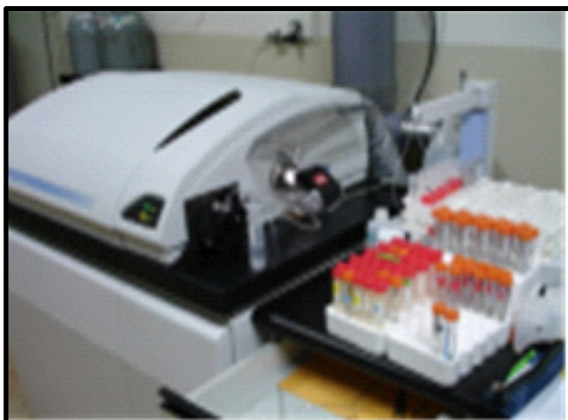
[그림 1-5] 동물복지 가금육 연도별 목표

□ 제 3협동과제 : 돼지를 사육하고 있는 동물 복지형 농장의 축산물을 판별할 수 있는 이화학적 지표물질 탐색

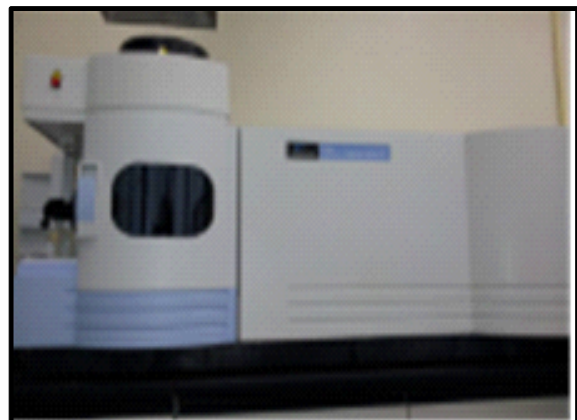


[그림 1-6] 지표물질 탐색 과정

- 진위 판별에 많이 사용되는 분석 장비인 가스 크로마토그래피 질량분석기(GC-MS), 액체 크로마토그래피(LC), 액체 크로마토그래피-질량분석기(LC-MS), 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS) 및 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES) 등의 기기를 활용하여 시료의 휘발성 유기성분, 비휘발성 유기성분, 무기성분 등의 화학적 분석을 하고자 함
- 분석대상 시료 : 일반농장과 동물 복지형 농장에서 생산된 축산물의 판별을 위하여 분석대상 시료(돼지고기와 닭고기)를 단백질, 지방 및 뼈로 나누어 각 실험의 시료로 이용하고자 함
- 무기성분 분석: ICP-MS 및 ICP-OES를 이용한 미량 및 다량 무기성분 분석을 통한 지표 성분 확인



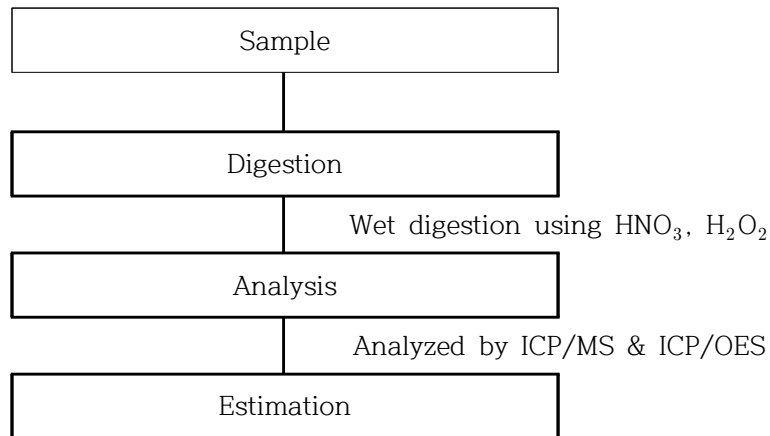
ICP-MS (PerkinElmer ELAN DRC II)



ICP-OES (PerkinElmer Optima 5300 DV)

[그림 1-7] ICP-MS 및 ICP-OES 분석기기

- 분석방법 : 시료 (0.5 g)을 Teflon Vessel에 취한 후, 70% HNO₃ 7 mL, 30% H₂O₂ 1 mL를 첨가하여 top wave microwave system (Analytik jena, Jena, Germany)으로 산분해 전처리한 후 ICP-MS 또는 ICP-OES를 통하여 미량 및 다량 무기성분 분석을 진행할 예정

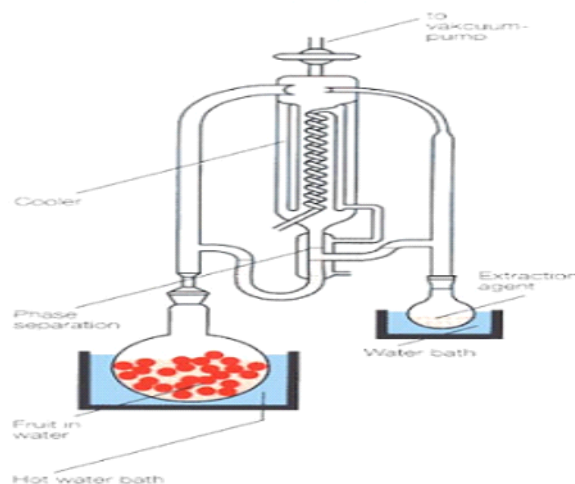


[그림 1-8] ICP-MS 및 ICP-OES의 분석방법 모식도

□ 유기성분 분석

(가) 휘발성 유기성분 분석

- GC-MS를 이용한 휘발성 유기성분 분석을 통한 지표 성분 확인
 - 휘발성 유기성분 분석을 통하여 일반농장과 동물복지 농장에서 생산된 축산물의 판별을 가능토록 연구
 - 추출방법에 따른 향기 관련 물질의 수율 및 특성 비교
 - 휘발성 향기 성분을 추출하기 위하여 다음과 같은 추출방법으로 향기 성분을 추출하여 수율 및 각 방법의 특성을 비교함



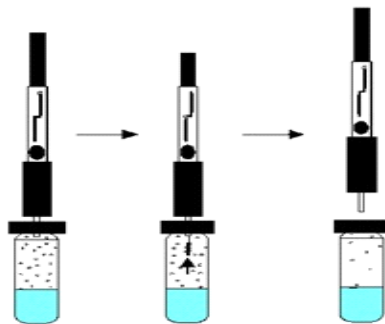
[그림 1-9] SDE 장치를 이용한 휘발성 유기성분 추출 모식도

○ 휘발성 유기성분 추출방법

- 연속수증기 증류추출법(SDE, simultaneous steam distillation and extraction) : 시료 추출을 위하여 분쇄 시료와 Milli Q water 1 L를 혼합하여 waring blender로 1분간 분쇄한 후 1 N NaOH 용액을 첨가하여 pH 6.5로 조정하고 이를 휘발성 향기 성분의 추출용 시료로

사용함. 휘발성 향기 성분의 추출은 개량된 연속수증기 증류추출장치(SDE)에서 추출용 시료에 spiral로 충전된 double distilling apparatus로 재증류한 n-pentane:diethyl ether 혼합용매(1:1, v/v) 100 mL를 사용하여 상압 하에서 3시간 동안 추출

- 시료 추출을 위하여 분쇄 시료와 Milli Q water 1 L를 혼합하여 waring blender로 1분간 분쇄한 후 1 N NaOH 용액을 첨가하여 pH 6.5로 조정하고 이를 휘발성 향기 성분의 추출용 시료로 사용함. 휘발성 향기 성분의 추출은 개량된 연속수증기 증류추출장치(SDE)에서 추출용 시료에 spiral로 충전된 double distilling apparatus로 재증류한 n-pentane:diethyl ether 혼합용매(1:1, v/v) 100 mL를 사용하여 상압 하에서 3시간 동안 추출
- SPME 분석방법은 fiber에 polydimethyl siloxane을 입힌 고정상을 사용하여 수용액상의 headspace 부분에서 시료와 fiber사이에 분배에 의해 휘발성 유기화합물을 흡착하고 유기화합물이 흡착된 fiber를 gas chromatography(GC)의 injector에 주입하여 열 탈착시키는 방법으로 각각의 시료를 취하여 $80 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지한 후 SPME를 수직으로 세운 다음 30분 동안 시료 내의 휘발성 성분을 fiber에 흡착시킨 후 흡착된 향기 성분을 GC-MS injector에서 탈착시켜 분석



[그림 1-10] SPME를 이용한 휘발성 유기성분 추출

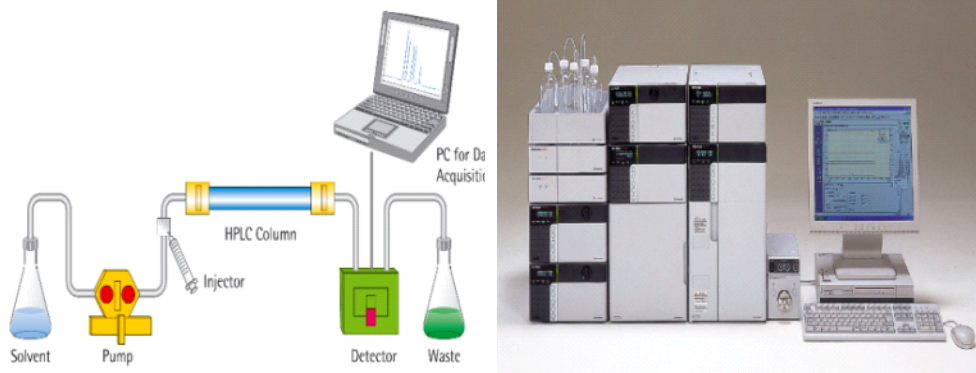
- GC/MS의 최적의 기기분석 조건 수립 : GC/MS에 의해 total ionization chromatogram(TIC)에 분리된 각 peak의 성분분석은 mass spectrum library(FFNSC2, NIST 62, WILEY 139)와 mass spectral data book의 spectrum과의 일치 및 GC-FID 분석에 의한 retention index와 문헌상의 retention index와의 일치 및 본 연구실에서 축적한 표준물질의 분석 데이터를 비교하여 확인함

(나) 비휘발성유기성분

○ UV-VIS/spectrophotometer를 이용한 유기성분 분석을 통한 지표성분 확인

- 시료 분자가 어느 파장의 빛을 흡수하며, 그 흡광도(Abs)는 얼마나 되는지 측정하는 기기 장치로 측정하고자 하는 분자 구조의 작용기가 발색단과 조색단을 가져야하며 극성도별 용매를 이용한 추출물을 이용하여 UV-VIS/spectrophotometer로 screening 후 지표성분 확인

- HPLC 및 LC-MS/MS를 이용한 유기성분 분석을 통한 지표성분 확인
 - 용매추출(soxhlet 추출, 환류추출 및 초음파추출 등)방법 중 회수율이 높은 추출법을 이용하여 정성·정량분석에 사용하고자 함
 - 액체크로마토그래피법(LC)의 종류로는 액체-액체 크로마토그래피법, 이온-교환 크로마토그래피법 등 다양한 종류가 있으며, 본 연구에서는 HPLC 및 LC-MS/MS 등을 이용하고자 함
 - 가능한 전처리방법이 간단하고 분석시간이 짧으며 범용적 사용이 가능한 조건 수립



[그림 1-11] HPLC 원리 및 기기

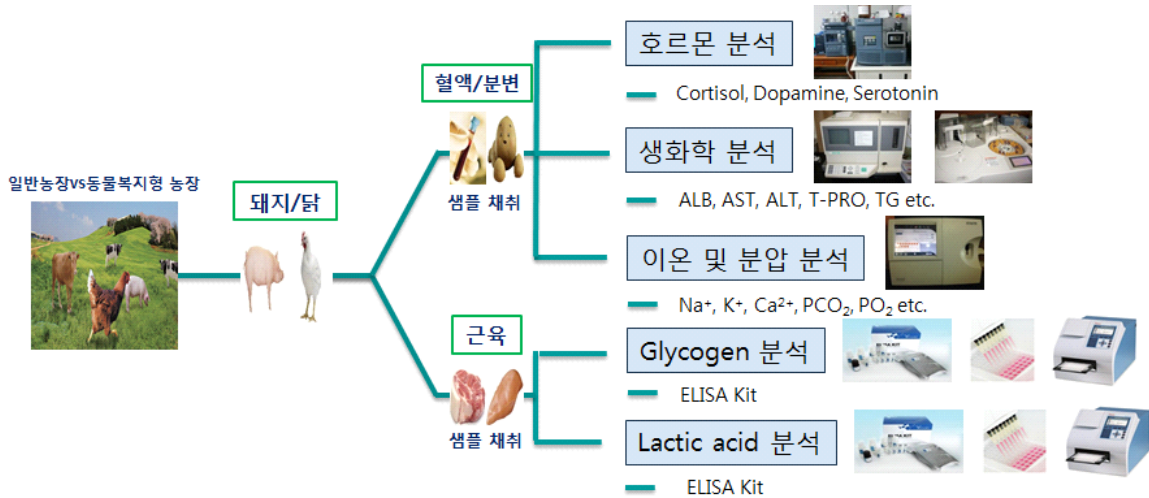
□ 동물복지 축산물의 지표물질 선정

- 동물 복지 축산물에 대한 지표물질을 선정하는 데 있어 크게 두 가지 기준을 정하였으며, 다음과 같음. 첫째 동물 복지 축산물의 성분 중 일반 축산물에 비교해 높은 함량으로 분석되는 물질, 둘째 동물 복지 축산물이 함유한 고유의 독창적인 물질로 이 분류들을 기초로 하여 선행되었던 연구 문헌을 검색해 보고 지표물질을 정리하여 선정할 예정임
- 본 연구에서는 선행된 문헌 조사를 바탕으로 각 식품원료에 대한 지표물질의 자료를 수집, 검토하여 지표물질을 선정 후 이를 바탕으로 일반농장과 동물복지 농장에서 생산된 축산물을 구별할 수 있는 판별법을 개발하고자 함

□ 연구결과에 대한 과학적 근거 마련

- 소비자들이 안심하고 식용할 수 있는 지표물 들을 발굴하기 위한 다양한 분석 결과를 바탕으로 과학적임을 인정받을 수 있도록 논문 등 결과 도출할 예정
- 과학적 근거 마련을 통해 대국민 홍보 등 향후 정책에 반영될 수 있는 다양한 근거가 될 수 있을 것으로 사료됨

□ 제 4협동과제 : 일반농장과 동물복지 농장 돼지의 스트레스 지표확립



[그림 1-12] 전북대 연구개발 내용 및 범위

□ 분석 시료 및 채취 방법


- 일반농장과 동물복지 농장에서 생산된 축산물(돼지(LYD), 닭(Ross 또는 Cobb))의 혈액, 분변 및 근육을 각 실험의 시료로 이용.
- 혈액은 Heparin-Li (6 IU pro 1 mL of blood)이 처리된 두 개의 진공 채혈병에 채취하며, 하나의 진공 채혈병은 전혈로 사용하고, 또 다른 하나는 15,000 rpm 에서 40초간 원심 분리한 상등액(혈장)을 -70°C 이하로 유지되는 deep freezer(Model ULT-1490, REVCO, Asheville, NC, USA)에 보관. Syringe 및 eppendorf tube는 5-10 IU의 heparin lithium을 처리하여 응고를 방지하고 이온변동을 최소화하기 위해 공기와의 접촉을 최대한 피할 것. Collection tube는 BD ltd의 heparin lithium bottle을 사용.
 - 분변은 닭을 도계한 후, 개복하여 총배설강에 남아있는 분변을 채취하여 액체질소로 급속 냉동 후, 분석 전까지 deep freezer에 보관.
 - 근육 샘플은 돼지에서는 도축 후 등심 부위를, 닭에서는 도계 후 가슴육을 채취하여 진공 포장 후 실험실로 이동하며, 시료는 액체질소로 분쇄 후 deep freezer에 분석 전까지 보관.

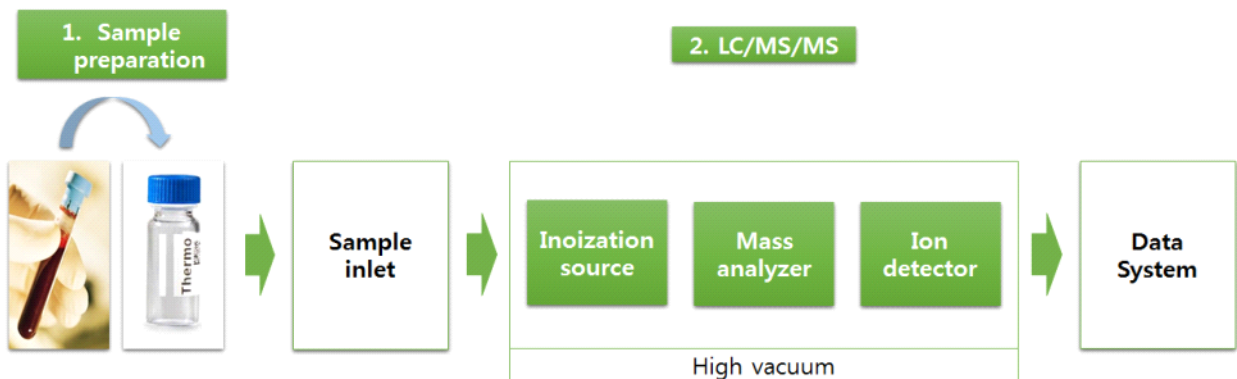
□ 혈액 내 스트레스 지표 분석

- 혈액 내 호르몬 분석
 - LC-MS/MS를 이용한 혈액 내 Cortisol, Dopamine, Serotonin 분석 : 일반적으로 알려진 스트레스 호르몬인 Cortisol(Gutiérrez 등, 2017)과 최근 동물 복지와 관련하여 부정적인 지표에 대한 연구를 보완하기 위해 긍정적인 지표로 측정되는 행복감과 관련된 Dopamine과 Serotonin(Yeates, J. W et al. 2008)을 기준으로 하여 혈액 내 스트레스 지표를 분석.
- 채취한 혈액을 원심분리(15,000rpm, 4°C , 15min)한 후 상등액(혈장) 100ul에 MeOH 900ul를 첨가하여 잘 섞고, 다시 원심분리하여 상등액을 분주. Vial에 상등액을 분주하여 LC-MS/MS(Waters Xevo TQ-S)에 injection하여 분석.

- 분변 내 호르몬 분석 : LC-MS/MS를 이용한 분변 내 Cortisol, Dopamine, Serotonin 분석 : 채취한 분변에 DW를 넣고 Sonication(25°C, 10min)하고 원심분리(15,000rpm, 4°C, 15min)한 후 상등액 100ul에 MeOH 900ul를 첨가하여 잘 섞고, 다시 원심분리 하여 상등액을 분주. Vial에 상등액을 분주하여 LC-MS/MS(Waters Xevo TQ-S)에 injection하여 분석.

[표 1-1] LC-MS/MS 분석 조건

Consist	Conditions	
Mobile phase	A : 0.1% FA in DW B : 0.1% FA in MeOH	
Column	Synergi Hydro-RP 4um, 150 x 2mm	
Flow rate	0.2mL/min,	
Injection volume	5 uL	
MRM	ESI positive	
Gradient program	Time	B%
	0.0	0%
	1.0	0%
	4.0	100%
	4.5	100%
	5.0	0%
10.0	0%	
LC-MS/MS (Waters Xevo TQ-S)		



[그림 1-13] LC-MS/MS를 이용한 혈액 내 호르몬 분석 방법 모식도

- 혈액 내 생화학 인자 분석 : 전혈 내 pH, glucose, lactate, hematocrit, hemoglobin과 osmolality 분석(채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Stat Profile CRT (NOVA Biomedical Corp, Waltham, MA, USA)로 pH, glucose, lactate, osmolality, hematocrit, hemoglobin의 항목을 측정. Osmolality는 다음과 같은 수식(the formula: $[1.86Na^{++}(Glucose/18) + (BUN/2.8)+9]$)으로 계산)



[그림 1-14] Nova Stat Profile CRT (NOVA Biomedical Corp, USA)

- 혈장 내 biometabolite 분석 : Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)으로 total protein(T-PRO), albumin(ALB), triglyceride(TG), total cholesterol(T-CHO), high density lipoprotein(HDL), low density lipoprotein(LDL), creatinine (CRE), blood urea nitrogen(BUN), uric acid(UA)의 항목을 측정.
- 혈장 내 에너지대사 관련 효소 분석 : Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)으로 total magnesium concentration (tMg²⁺), alanine aminotransferase(ALT), aspartate amino- transferase(AST), alkaline phosphatase(ALP), lactate dehydrogenase(LDH), creatinine kinase(CK)의 항목을 측정.



[그림 1-15] Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)

○ 혈액 내 이온 및 분압 분석

- 전혈 내 ion 분석 : 측정은 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp, Waltham, MA, USA)로 Na⁺, K⁺, Ca²⁺, ionized Mg²⁺ concentration(iMg²⁺), ratio of Ca²⁺ per iMg²⁺(Ca²⁺/iMg²⁺), Cl⁻, HCO₃⁻, standard bicarbonate concentration(SBC), base excess of extracellular fluid(BE-ECF), base excess of blood (BE-B)과 anionic gap[Na⁺-(Cl⁻+HCO₃⁻)]의 항목을 측정.
- 전혈 내 Gas composition 분석 : 측정은 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Profile

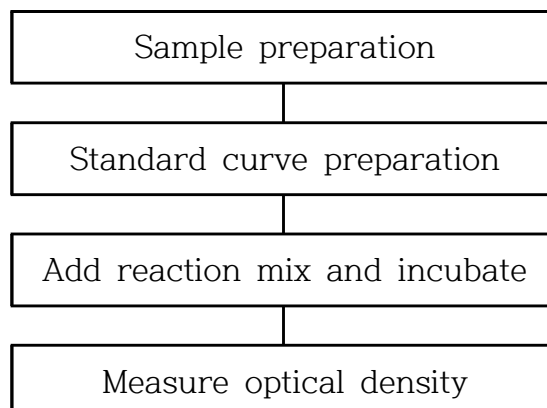
pHOx Ultra (NOVA Biomedical Corp, Waltham, MA, USA)로 partial carbon dioxide tension(PCO₂), total carbondioxide(TCO₂), partial oxygen tension(PO₂), oxygen content(o₂ct), oxygen saturation(o₂sat), alveolar oxygen(APO₂), arterial alveolar oxygen tension ratio(a/APO₂), arterial oxygen tension gradient(AaDO₂), partial oxygen tension/fraction of inspired oxygen(PO₂/FI)의 항목을 측정.



[그림 1-16] Nova Profile pHOx Ultra (NOVA Biomedical Corp, USA)

□ 근육 내 스트레스 지표 분석

- 근육의 Glycogen 함량 분석 : Glycogen은 ELISA kit을 이용하여 분석을 시행. 샘플 10mg을 DW에 넣고 homogenizer로 균질화한 후, 100°C Water Bath에서 10분간 반응시키고, 원심분리하여 상층 액을 분석에 이용함. 준비된 샘플과 표준시료에 Hydrolysis Buffer를 첨가하여 각 well에 50uL씩 넣고, Hydrolysis Enzyme Mix 2uL를 각 표준시료와 샘플이 들어있는 well에 넣고 상온에서 30분 반응시킨 후, Reaction Mix 50uL를 표준시료와 샘플, Blank가 들어있는 모든 well에 넣고 빛을 차단한 채 상온에서 30분 반응 시키고 570nm의 파장으로 흡광도를 측정.
- 근육의 Lactic acid 함량 분석 : Lactic acid는 ELISA kit을 이용하여 분석을 실시. 샘플 10mg을 Lactate Assay Buffer에 넣고 homogenizer로 균질화한 후, 원심분리하여 상층액을 분석에 이용함. 준비된 샘플과 시료에 Lactate Assay Buffer를 첨가하여 각 well에 50uL씩 넣고, Reaction Mix 50uL를 각 표준시료와 샘플이 들어있는 well에 넣으며, Blank에는 Background Reaction Mix 50uL를 넣고 상온에서 30분 반응시킨 후 450nm의 파장으로 흡광도를 측정.



[그림 1-17] 근육 내 Glycogen 과 Lactic acid의 ELISA assay 모식도]

나. 2차년도

(1) 연구개발 목표

- 제 1세부과제 : 일반/ 동물복지 축산물의 생산 및 유통단계별 경제성 분석
- 제 1협동과제 : 사육환경 변이(스트레스 지수)에 따른 돼지고기의 도체특성, 육질 특성, 미량성분 분석비교
- 제 2협동과제 : 일반농장과 동물 복지 육계농장의 환경에 의한 품질·영양 기능 성분의 차이규명
- 제 3협동과제 : 선정된 동물 복지 돼지고기의 지표물질 분석법 개발 및 국내 동물복지 농장 적용 가능성 확인
- 제 4협동과제 : 일반농장과 동물복지 농장 돼지(LYD)의 스트레스 지표 확립
- 제 1위탁과제 : 사육환경 변이(스트레스 지수)에 따른 돼지고기의 맛 성분 분석 및 관능평가

(2) 개발내용 및 범위



[그림 1-18] 2차년도 과제 간 연구 추진체계

□ 제 1세부과제 : 일반/ 동물복지 축산물의 생산 및 유통단계별 경제성 분석

- 일반 / 동물복지 축산물의 경제성 분석 비교분석
 - 일반 / 동물복지 축산물의 사육단계 경제성 비교분석
 - 일반 / 동물복지 축산물의 유통단계 경제성 비교분석
 - 일반 / 동물복지 축산물의 판매단계 경제성 비교분석
 - 경제성 분석결과에 따른 소비자 가치 평가
- 동물복지 축산물의 경제성 평가
- 일반농장 / 동물복지 축산물의 우수성 및 판별시스템 구축을 위한 혈액(농장 및 도축장), 지방, 근육 샘플채취(도축장) - 협동 및 위탁과제와 연계하여 추진
- 목표달성을 위한 과제 간 네트워킹 및 연구결과 종합 : 동물 복지 축산물 품질 차별화 및 판별시스템 구축을 위한 탐색

□ 제 1협동과제 : 일반농장과 동물복지 농장에서 생산된 돼지고기의 도체특성, 육질 특성, 미량성분 분석비교

- 돼지(LYD) 사육밀도에 의한 스트레스 지수 다변화에 따른 돈육의 품질특성
 - 실험 돼지농장 선정을 통한 사육밀도 및 실내/실외사육 조건 차별화를 통해 생산된 돈육 시료 확보 및 품질특성 분석비교
 - 도축 직후 스트레스 지표 분석(stress hormones, pH, glycogen, lactate, ATP, glycolysis enzymes, 사후강직, impedance)
- 품질판정 도체 자료(등지방 두께) 확보 분석비교
- 돼지고기의 성분 및 육질 특성 분석비교
 - 일반성분, 지방산 조성
 - pH, 보수력, 육색, 전단력 등 육질특성 항목, 비타민, 미네랄
- 돼지고기의 맛 성분 분석 및 관능평가
 - 유리 아미노산, 핵산, 전자 코 분석
 - 표준화된 프로토콜에 의한 관능평가(충북대)
- 돼지고기의 기능성 분석비교
 - 항산화 활성 분석(TBARS, radical 소거능 등), 항산화성 peptides

□ 제 1위탁과제 : 사육환경변이(스트레스 지수)에 따른 축산물의 맛성분 분석 및 관능 평가

○ 축산물의 주관적 관능평가

- 관능적 관정의 시료의 크기는 25×700×4(높이×가로×세로)mm로 정형하여 사용하며 5인의 관능검사요원이 다즙성, 연도, 풍미, 전체기호도의 4개 항목을 평가하고 각각의 배점은 1점(매우 다즙하지 않음, 매우 질감, 풍미가 매우 나쁨, 매우 나쁨)에서 7점(매우 다즙함, 매우 연함, 풍미가 매우 좋음, 매우 좋음)으로 평가 할 예정
- 연도, 다즙성, 풍미, 전체기호도(7점 척도법), 단맛(설탕/물), 짠맛(소금/물), 신맛(구연산/물), 쓴맛(카페인/물), 떫은맛(명반)

○ 축산물의 기계적 평가 : 육색(L*,a*,b*), 전단력, 조직 특성 등

○ 축산물의 맛 성분 분석

- 지방산 및 아미노산

※ 맛 관여 인자(아미노산)

- 단맛: Ala, Cys, Glu, Gly, Lys, Met, Pro, Ser, Thr
- 신맛: Asp, Glu, His
- 짠맛: Glu
- 쓴맛: Arg, Glu, His, Ile, Lys, Met, Phe, Trp, Tyr, Val
- 감칠맛: Asp, Glu, oleic acid 등

□ 제 2협동과제 : 국내 유통 일반농장과 동물복지농장의 환경에 의한 육계(브로일러)의 품질·영양 기능 평가 및 비교

○ 일반 및 동물복지농장 선정

○ 국내 일반농장 및 동물 복지 육계(브로일러)농장의 환경 조건 조사

○ 관행적인 사육 환경과 동물 복지 수준의 사육환경에 따른 육계(브로일러)의 품질· 영양기능물질 차이 규명

- 사육밀도, 행동육구해소를 위한 방법과 효과조사
- 육계(브로일러) 품질평가(도체특성, 육질 특성, pH, 육색, 보수력, VBN, TBARS, 총균수, 대장균(균)수, 지방산 조성 등)
- 육계(브로일러) 내 영양기능 물질 분석(일반성분, 미네랄, dipeptide, creatine과 creatinine 등)

□ 제 3협동과제 : 선정된 동물 복지 돼지고기의 지표물질 분석법 개발 및 국내 동물복지 농장 적용 가능성 확인

1차년도에서 확인된 지표물질을 바탕으로 보편적 분석기기를 이용한 분석법 개발 및 국내 동물복지형 농장 축산물 중 돼지고기의 모니터링을 통한 적용 가능성 확인

- 분석법 개발 및 유효성 검증
 - 확인된 최적 지표물질을 바탕으로 이를 분석할 수 있는 분석법 개발
 - 개발한 분석법의 신뢰성을 확보하기 위하여 직선성, 정확성, 정성 한계, 정량한계 등의 유효성 검증을 시행하고자 함
- 유통 중인 동물 복지 축산물 분석 및 실태조사
 - 확립된 분석법을 활용하여 시중 유통되고 있는 일반 축산물이 동물 복지 축산물로 표기된 위반 식품을 적발하는 데 도움이 되고자 함

□ 제 4협동과제 : 일반농장과 동물복지 농장 돼지의 스트레스 지표 확립

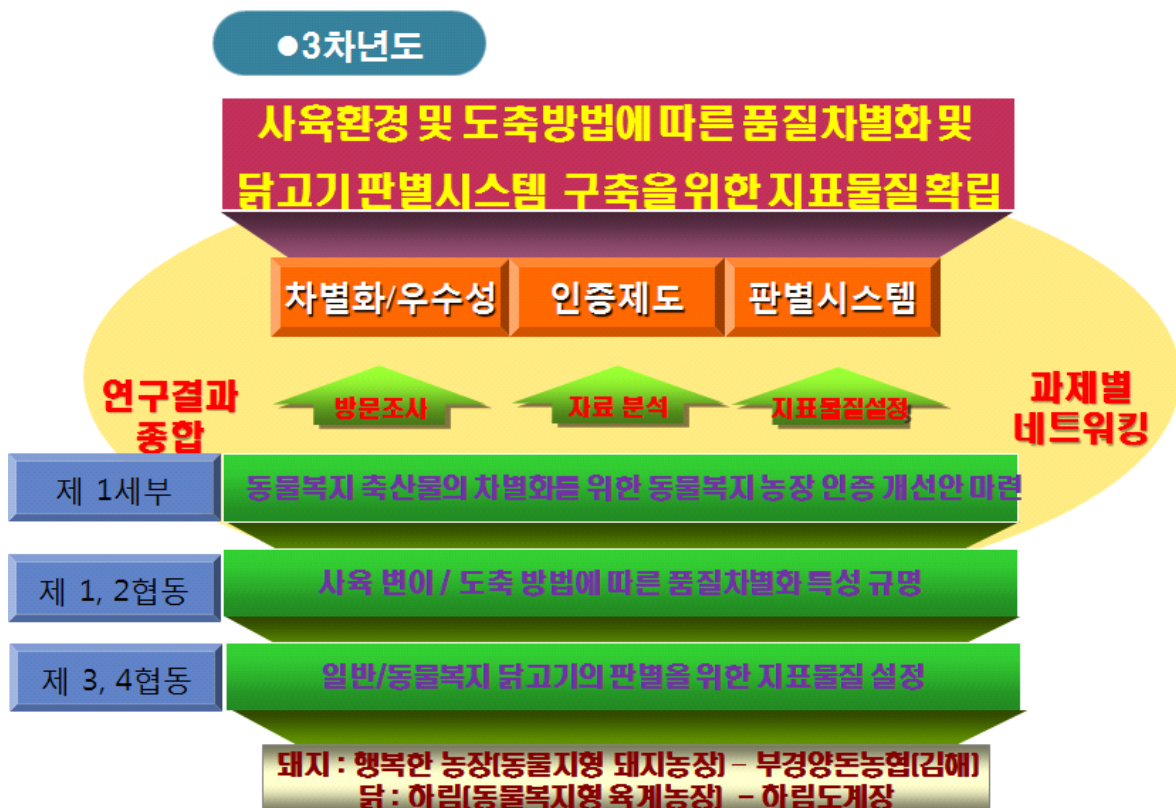
- 돼지 혈액 내 스트레스 지표 분석
 - 돼지 혈액 내 호르몬 분석
 - 돼지 혈액 내 생화학 인자 분석
 - 돼지 혈액 내 이온 및 분압 분석
- 돼지 근육 내 스트레스 지표 분석
 - 돼지 근육의 Glycogen 함량 분석
 - 돼지 근육의 Lactic acid 함량 분석

다. 3차년도

(1) 연구개발 목표

- 제 1세부과제 : 동물 복지 축산물의 품질 차별화를 위한 동물 복지 농장 인증 개선안 마련
- 제 1협동과제 : 사육환경 변이(스트레스 지수)에 따른 돼지고기의 도체특성, 육질 특성, 미량성분 분석비교
- 제 2협동과제 : 일반과 동물 복지 도축방법에 따른 육계의 품질·영양 기능 성분 차이규명
- 제 3협동과제 : 닭 사육 농가 중 동물복지 농가를 판별할 수 있는 지표물질 탐색 및 규명
- 제 4협동과제 : 일반농장과 동물복지 농장 닭(Ross 또는 Cobb)의 혈액과 분변 내 스트레스 지표 비교

(2) 개발내용 및 범위



[그림 1-19] 3차년도 과제 간 연구 추진체계

□ 제 1세부과제 : 동물 복지 축산물의 품질 차별화를 위한 동물 복지 농장 인증 개선안 마련

- 1, 2차년도 연구결과와 연계한 동물 복지 축산물의 품질 차별화를 위한 인증 개선안 마련
 - 사육단계 개선안 제시
 - 도축단계 개선안 제시
 - 유통단계 개선안 제시
- 일반농장 / 동물복지 축산물의 우수성 및 판별시스템 구축을 위한 혈액(농장 및 도축장), 지방, 근육 샘플 채취(도축장) - 협동과제와 연계하여 추진
- 목표달성을 위한 과제 간 네트워킹 및 연구결과 종합 : 동물 복지 축산물 품질 차별화 및 판별시스템 구축을 위한 탐색

□ 제 1협동과제 : 일반농장과 동물복지 농장에서 생산된 돼지고기의 도체특성, 육질 특성, 미량성분 분석비교

- 돼지(LYD) 사육환경(실내/실외사육 등)에 의한 스트레스 지수 다변화에 따른 돼지고기의 품질특성
 - 실험 돼지농장 선정을 통한 실내/실외사육, 온습도 조건 차별화를 통해 생산된 돼지고기 시료 확보 및 품질특성 분석비교
 - 도축 직후 스트레스 지표 분석(stress hormones, pH, glycogen, lactate, ATP, glycolysis enzymes, 사후강직, impedance)
- 품질관정 도체 자료(등 지방 두께) 확보 분석비교
- 돼지고기의 성분 및 육질 특성 분석비교
 - 일반성분, 지방산 조성
 - pH, 보수력, 육색, 전단력 등 육질 특성 항목, 비타민, 미네랄
- 돼지고기의 맛 성분 분석 및 관능평가
 - 유리 아미노산, 핵산, 전자 코 분석
 - 표준화된 프로토콜에 의한 관능평가(충북대)
- 돼지고기의 기능성 분석비교
 - 항산화 활성 분석(TBARS, radical 소거능 등), 항산화성 peptides

□ 제 2협동연구기관(강원대학교) : 일반 관행적 및 동물 복지형 운송과 도축방법에 따른 육계의 품질특성차이 규명

- 일반 및 동물복지농장 선정
- 일반적인 도축방법과 동물 복지 수준의 도축방법에 의한 육계(브로일러)의 품질특성차이 규명
 - 운송시간, 온도, 밀도, 핸들러의 처치, 계류시간 등에 의한 차이 규명
 - 육계(브로일러) 품질평가(도체특성, 육질 특성, pH, 육색, 보수력, VBN, TBARS, 총균수, 대장균(균)수, 지방산 등)
- 일반적인 도축방법과 동물 복지 수준의 도축방법에 의한 육계(브로일러)의 영양기능물질분석
 - 일반성분, 미네랄, dipeptide, creatine과 creatinine 등

□ 제 3협동과제 : 닭 사육 농가 중 동물복지 농가를 판별할 수 있는 지표물질 탐색 및 규명

- 첨단 분석기기를 활용하여 동물 복지형 농장 중 닭을 키우는 농장을 판별하기 위한 이화학적 지표 물질 탐색 및 다양한 data 확보

□ 제 4협동과제 : 일반농장과 동물복지 농장 닭의 혈액과 분변 내 스트레스 지표 비교

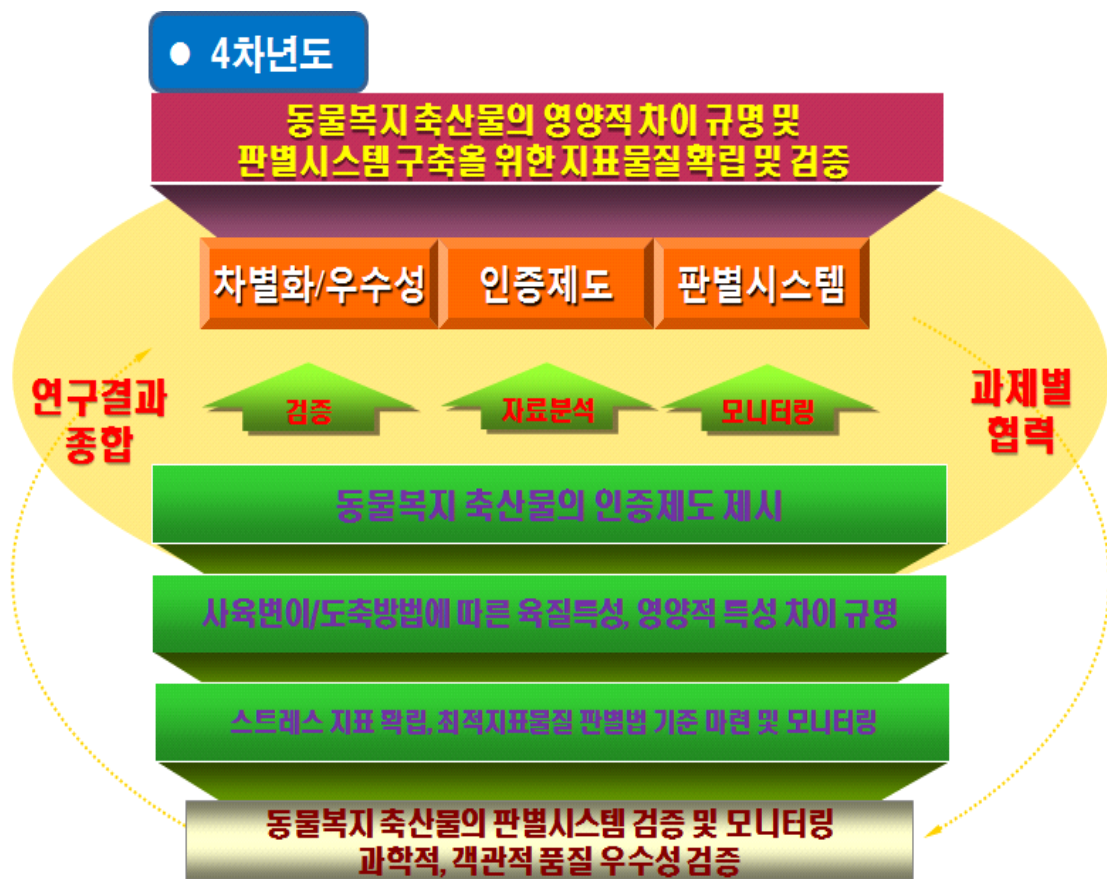
- 닭 혈액 및 분변 내 스트레스 지표 분석
 - 닭 혈액 및 분변 내 호르몬 분석
 - 닭 혈액 및 분변 내 생화학 인자 분석
 - 닭 혈액 및 분변 내 이온 및 분압 분석
- 닭 근육 내 스트레스 지표 분석
 - 닭 근육의 Glycogen 함량 분석
 - 닭 근육의 Lactic acid 함량 분석

라. 4차년도

(1) 연구개발 목표

- 제 1세부과제 : 동물 복지 축산물의 품질특성 및 경제성을 고려한 동물 복지 축산물의 인증제도 제시
- 제 1협동과제 : 사육환경 변이(스트레스 지수)에 따른 돼지고기의 도체특성, 육질 특성, 미량성분 분석비교
- 제 2협동과제 : 일반과 동물 복지 도축방법에 따른 육계의 품질·영양 기능 성분 차이규명
- 제 3협동과제 : 국내 동물복지 농장 생산 닭고기의 최적 지표물질의 판별법 기준 마련 및 모니터링
- 제 4협동과제 : 일반농장과 동물복지 농장 닭(Ross 또는 Cobb)의 스트레스 지표 확립

(2) 개발내용 및 범위



[그림 1-20] 4차년도 과제 간 연구 추진체계

□ 제 1세부과제 : 동물 복지 축산물의 품질특성 및 경제성을 고려한 동물 복지 축산물의 인증제도 개선 및 향후 전망

- 1차년도 연구결과와 연계하여 해외사례 분석
- 2차년도 연구결과와 연계하여 경제성 분석
- 연구결과를 종합 및 분석
- 일반농장 / 동물복지 축산물의 우수성 및 판별시스템 구축을 위한 혈액(농장 및 도축장), 지방, 근육 샘플 채취(도축장) - 협동과제와 연계하여 추진

□ 제 1협동과제 : 일반농장과 동물복지 농장에서 생산된 돈육의 도체특성, 육질 특성, 미량성분 분석비교

- 도축변이에 의한 스트레스 지수 다변화에 따른 돼지고기의 품질특성
 - 실험 돼지농장 및 도축장 선정을 통한 도축변이(운송거리, 적재밀도, 온습도)조건 차별화를 통해 생산된 돈육 시료 확보 및 품질특성 분석비교
 - 도축 직후 스트레스 지표 분석(stress hormones, pH, glycogen, lactate, ATP, glycolysis enzymes, 사후강직, impedance)
- 품질판정 도체 자료(등 지방 두께) 확보 분석비교
- 돼지고기의 성분 및 육질 특성 분석비교
 - 일반성분, 지방산 조성
 - pH, 보수력, 육색, 전단력 등 육질 특성 항목, 비타민, 미네랄
- 돼지고기의 맛 성분 분석 및 관능평가
 - 유리 아미노산, 핵산, 전자 코 분석
 - 표준화된 프로토콜에 의한 관능평가(충북대)
- 돼지고기의 기능성 분석비교
 - 항산화 활성 분석(TBARS, radical 소거능 등), 항산화성 peptides

□ 제 2협동과제 : 국내 육계 농장환경 및 도축과정과 육계의 품질·영양 기능 성분 간의 상관도 분석 및 동물 복지 기준 개선안 제시

- 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계(브로일러)의 품질·영양기능물질 비교
 - 육계 품질평가(도체특성, 육질 특성, pH, 육색, 보수력, VBN, TBARS, 총균수, 대장균(균)수, 지방산 등)
 - 육계 내 영양기능물질 분석(일반성분, 미네랄, dipeptide, creatine과 creatinine 등)
- 일반 및 동물복지 환경요인과 육계(브로일러)의 품질·영양기능성분 간의 상관관계 비교
- 일반 및 동물복지형 도축요인과 육계(브로일러)의 품질·영양기능성분 간의 상관관계 비교
- 육계(브로일러) 동물복지 기준 개선안 제시

□ 제 3협동과제 : 국내 동물복지 농장 생산 닭고기의 최적 지표물질의 판별법 기준 마련 및 모니터링

- 선정된 지표물질의 간편하게 분석하기 위한 최적 분석조건 설립 및 신뢰성 확보를 위한 유효성 검증과 국내 동물 복지형 농장 닭고기의 모니터링

□ 제 4협동과제 : 일반농장과 동물복지 농장 닭의 스트레스 지표 확립

- 3차년도에서 선정된 샘플을 활용하여 분석
- 선정된 샘플 내 스트레스 지표 분석
 - 선정된 샘플 내 호르몬 분석
 - 선정된 샘플 내 생화학 인자 분석
 - 선정된 샘플 내 이온 및 분압 분석
- 닭 근육 내 스트레스 지표 분석
 - 닭 근육 내 Glycogen 함량 분석
 - 닭 근육 내 Lactic acid 함량 분석

제 2 장 연구개발 결과

제 1 절 동물복지 축산물의 품질 차별화를 위한 동물복지 농장 인증 개선안 마련

1. 1차년도 연구결과

가. 연구결과

- 동물복지(animal welfare)란 인간이 동물을 이용하면서 윤리적인 책임을 지고 동물이 필요로 하는 기본조건을 보장하는 것을 의미하는 것으로, 국제수역사무국(OIE)의 정의에 따르면 동물 복지는 동물이 건강하고 안락하며, 좋은 영양 및 안전한 상황에서 본래의 습성을 표현할 수 있으며, 고통, 두려움, 괴롭힘 등의 나쁜 상태를 겪지 않는 것으로 정의하고 있다.

※ 동물복지의 개념

- 동물복지는 동물들을 인간의 필요에 따라 이용하지만 최소한의 배려를 해주는 것
- 농장동물 복지에서는 숨어있는 경제적 가치를 이해하는 것이 매우 중요함
 - 동물권리 : 과학적 배경보다는 철학적 개념
 - 동물복지 : 철학적 관점보다는 과학적 개념
- Farm animal welfare advisory committee-1965
 - Brambell 교수의 보고서를 기초로 영국정부에서 구성
- Farm Animal Council-1979
 - 동물에게 필요한 5개의 자유를 제안함
 - ◆ 일어서고(stand up)
 - ◆ 눕고(lie down),
 - ◆ 돌아서고(turn around),
 - ◆ 털손질을 할 수 있고(groom themselves),
 - ◆ 수족을 펼 수 있는(stretch their limbs)
- FAWC(Farm Animal Welfare Council)-1993
 - 과학적인 연구를 수반한 동물복지 접근

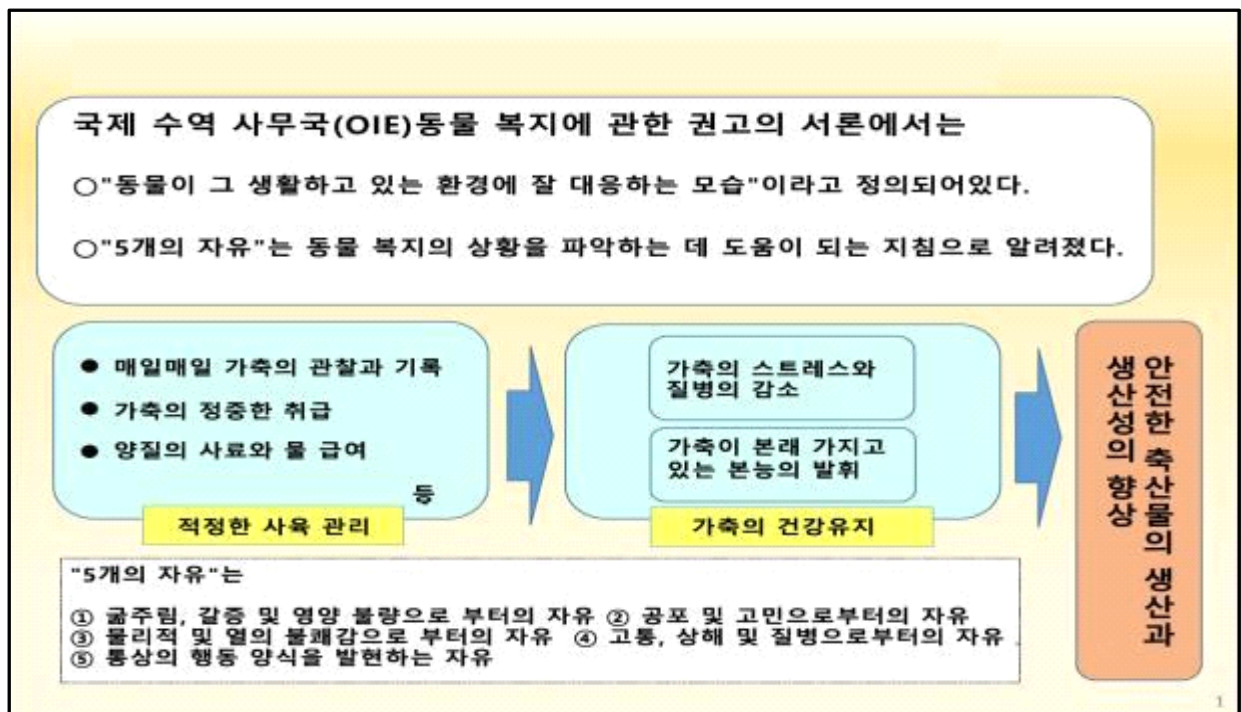
- 미국 수의학협회(American Veterinary Medical Association)는 동물 복지를 동물에게 적절한 주거환경을 제공·관리, 영양 제공, 질병 예방 및 치료, 책임 있는 보살핌, 인도적인 취급, 필요한 경우의 인도적인 안락사 등 동물 복지와 관련된 모든 것을 제공해야 하는 인간의 의무를 의미하는 것으로 정의하고 있다. 국가별로 경제적 조건이나 자연환경, 소비자와 사회 구성원들의 인식 정도에 따라 동물 복지의 개념이나 동물 복지 적용수준에 차이가 존재하지만, 동물복지 개념에 내포된 윤리적 책임은 '동물의 이용범위와 동물들이

받는 고통의 범위를 최소화해야 한다'는 기본원칙을 전제로 한다는 것은 일반적으로 통용되는 개념이다. 동물복지가 적용되는 범주를 살펴보면 경제동물, 애완동물, 실험동물, 야생동물 등 대상별로 구분될 수 있으며, 주요하게 농장 동물과 반려동물이 포함된다. 국제적으로 유럽연합 및 영국, 호주 등 축산 선진국을 중심으로 동물 복지 농장의 적용이 활발하게 이루어지고 있음. 세계동물보건기구(World Organization for Animal Health), 국제연합(United Nations), 국제연합식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations) 등도 동물 복지 축산업의 향상을 위한 노력에 참여하고 있다.

[표 2-1-1] 동물복지를 위한 5가지 자유(Five freedoms)

항 목	주 요 내 용
배고픔과 갈증으로부터의 자유	○ 건강과 활력을 유지할 수 있도록 신선한 물과 먹이에 쉽게 접근하고 충분한 영양을 유지
불편함으로부터의 자유	○ 피난처와 안락한 휴식장소를 포함한 적절한 환경유지
통증, 부상, 질병으로부터의 자유	○ 질병 예방 및 신속한 진단과 치료
정상적인 행동 표현의 자유	○ 충분한 공간, 적절한 시설, 동료들과 어울림유지
공포와 고통으로부터의 자유	○ 정신적 고통을 피할 수 있는 환경 유지

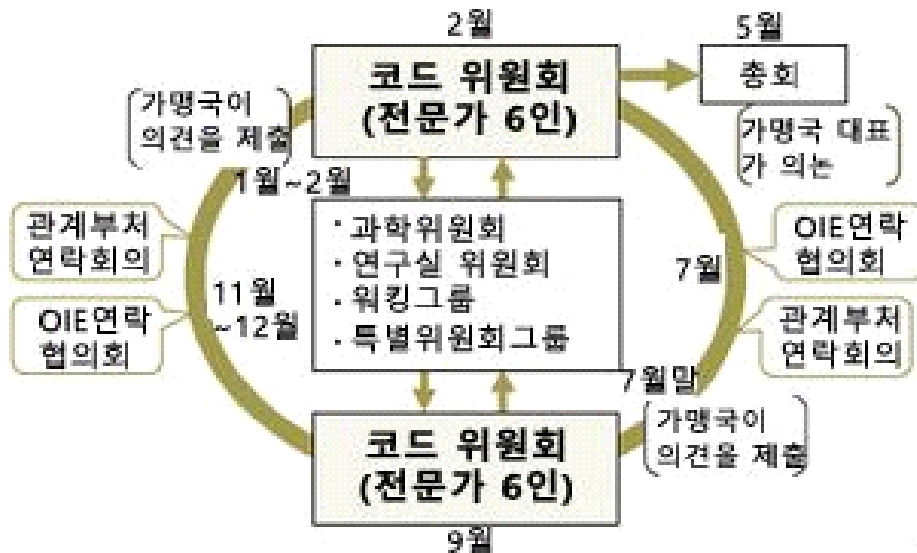
[자료 : FAWC, 1993]



[그림 2-1-1] 동물복지(animal welfare)의 정의

○ 동물복지(animal welfare)의 내용은 세계 동물 위생의 향상을 목적으로 하는 국제기구인 국제수역 사무국 (OIE)의 코드 (약관)에서 "동물이 생활 및 사망하는 환경에 관련된 신체적 및 심리적 상태"(가칭)로 정의되어 있다. 가축이 그런 상황에 있기 위해서는 가축의 쾌적성을 배려 한 사양 관리

를 실시하는 것으로, 스트레스와 질병을 줄이는 것이 중요하지만, 이는 축산물의 생산성과 안전 향상에도 이어질 것이기 때문이다(그림 1). 국제수역사무국(OIE) 코드 방안은 특별 그룹에 의해 코드 초안이 작성된 코드위원회에서 검토 후, 회원국 코드위원회의 보고서 형태로 표시된다. OIE 회원국들은 OIE가 정하는 기일까지 코드 방안에 대한 수정 의견 등을 제출할 수 있다. 일본에서는 학계, 생산자 단체, 소비자 단체 등이 멤버가 된 OIE 연락 협의회에서 코드 방안에 대해 논의해 의견을 청취하고, 지식인에서 데이터 등을 제공 받아 검토 하고 수정 의견을 제출한다. 회원국에서 제출 된 수정 주석은 코드위원회 등에서 검토 후, OIE보다 수정안이 나타나는 것이다 (그림 2). 이러한 코드 안 작성의 절차를 거쳐 총회에서 회원국의 채택에 첨부 할 수 있다.



[그림 2-1-2] 세계동물보건기구(OIE) 코드 제정 개폐의 순서(1년간 사이클)

※ 세계동물보건기구(Office International des Epizooties;OIE) 동물복지 개념

- 동물들이 건강하고 안정감 및 좋은 영양상태에서 동물의 본능을 표현 있게 해주고, 공포나 아픔, 스트레스를 받지 않는 사육 환경을 마련 해 주어야 함
- ‘동물을 이용하는 것은 사람의 복지를 위한 가장 주요한 공헌’,
‘동물의 사육과 이용은 동물 복지를 최대한 보장해야 할 윤리적 책임이 있음’

● Five freedom

- Freedom from hunger, thirst and malnutrition
- Freedom from fear and distress
- Freedom from physical and thermal discomfort
- Freedom from pain, injury and *disease*
- Freedom to express normal patterns of behaviour

● Three Rs

- Reduction in numbers of animals
- Refinement of experimental methods
- Replacement of animals with-animal techniques

- 동물복지의 기초적인 개념으로 가축에 있어 “Five freedoms”의 의미가 포함되어 있다. “5개의 자유 (Five Freedoms)”은 ① 굶주림과 갈증으로부터 자유(건강과 활력을 유지하기 위해 신선한 물과 사료제공) ② 불편함으로부터 자유(그늘이나 편안한 휴식장소 등의 제공을 포함한 적절한 사육환경 확보) ③ 고통, 손상, 질병으로부터 자유(예방 및 정확한 진단과 빠른 치료) ④ 정상행동 표현 자유(충분한 공간, 적절한 자극, 동료와의 동거) ⑤

공포, 고통으로부터 자유(심리적 고통을 피하는 상황 및 취급 확보)의 5 가지이다. 또한 2009년에 유럽연합의 기본 조약 인 리스본 조약 제13조에서는 동물에 대해 “감정이 있는 생명체(sentient beings)”로 인식하도록 규정하고 있다. 따라서 EU정책실시 등에는 동물복지 규칙에 따르는 것이 요구된다. 또한 동물복지(Animal Welfare)는 그동안 ‘동물복지’로 번역되고 있지만 영어의 “웰 페어” 즉 ‘복지’는 유럽의 종교와 문화·역사배경에서 우리와 같을 수는 없지만 최근 전문서적 등에서는 “애니멀 웰 페어”로 번역 표기된다. 즉, 생명을 지키는 것이 아니라 신체적·정신적 고통을 제거하는데 중점을 두고 있다고 할 수 있다.

- 유럽에서는 1960년대 고밀도 사육 등의 현대적인 축산 방향에 대해 문제가 제기 된 영국에서 제창 된 ‘5가지 자유’를 중심으로 동물복지(Animal Welfare, 이하 “AW”이라한다) 개념이 보급되어 현재는 유럽연합(EU)지침으로 동물복지에 따른 사양 관리 방법이 규정되어 각국은 유럽연합(EU) 지침에 따라 법률·규칙 등을 각각 규정하고 있다. 또한 미국, 캐나다, 호주 등 일부 국가에서 법률로 규정 한 대처를 실시하고 있고, 생산자 단체 및 관계자가 독자적으로 가이드라인을 설정하는 등 각 동물복지 향상에 노력하고 있다. 이와 같이, 동물복지를 둘러싼 국제 정세는 국가에 따라 다양하다. 축산을 안정적으로 발전시키기 위해서는 이러한 국제 정세의 변화에 입각하여 대응을 해 나가는 것이 중요하다.

(1) 세계 주요국의 동물복지 제도 현황

(가) 유럽연합(EU)의 동물복지 농장 제도

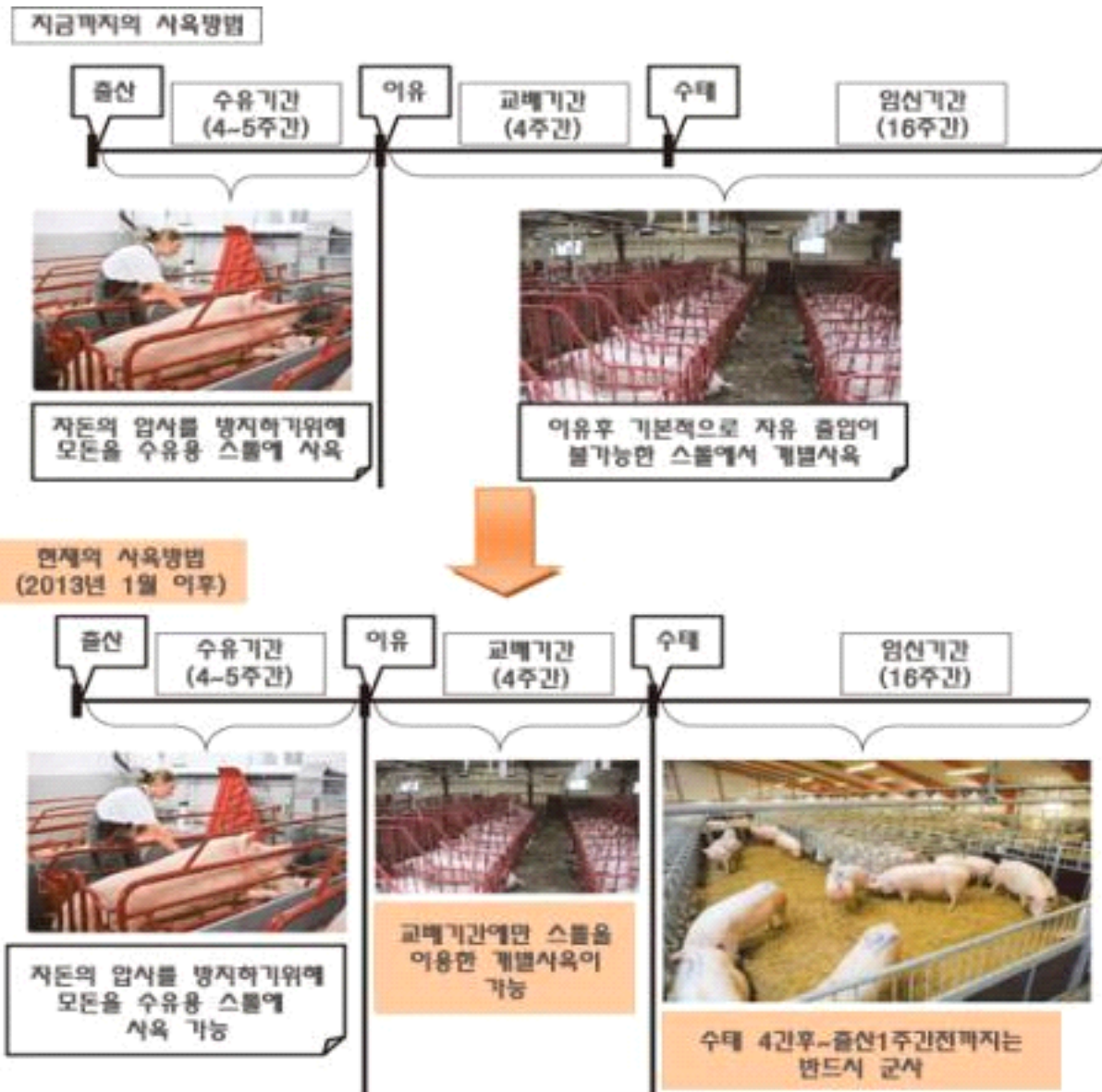
- EU의 동물 복지 도입 계기는 1964년 영국에서 출판 된 ‘애니멀 머신’을 예로 들 수 있다. 여기에 기술된 가축의 밀사(密飼) 등 학대, 약물투여에 의한 식품 오염 등의 문제가 소비자의 관심을 높이며 사회 문제가 되었다. 이 때문에 영국 정부는 “집약적인 가축사육에서 가축의 복지에 관한 전문위원회”를 설치하여 가축의 취급에 대해 논의를 진행했다. 위원회가 작성한 보고서(통칭 “블랑벨 보고서”)에서 처음 가축 사육방법기준 등이 표시되게 되었다. 그 후 1979년에 설치된 영국 애니멀 웰 페어 협의회(FAWC)는 “5개의 자유”가 정의 된 이후, 이것이 EU의 동물복지의 기본 개념이 되었다. 현재 EU는 광범위하게 애니멀 웰 페어 관련 규제가 정비되어있다. 그 기본이 되는것이 1978년 이사회 결정에 제정되고 1998년에 개정 된 “농업 목적으로 유지되는 동물보호에 관한 EU 이사회 지침(98/58/EC)”이다(표 1). 이 지침문을 기본으로 EU에서는 유럽위원회 보건·소비자보호총국(DG SANCO)이 중심이 되어 유럽 식품안전청(EFSA)이 정리한 과학적 판단에 따라 축종별(산란계, 육계, 돼지, 송아지)의 사육 방법에 대해 규정이 정해져있다. 또한 생산단계 뿐만 아니라 운송·도축 단계의 준수 사항이 설치되어있다. 또한 유럽위원회는 2012년 1월에 “2015년까지 새로운 애니멀 웰 페어 정책 추진 계획”을 발표하였다. 이 계획의 내용으로 포괄적인 애니멀 웰 페어 관한 법률제안이나 기존의 행동계획의 강화 등이 지침이 되고있다. 또한 향후 강화해야 할 사항으로 회원국 지원, 애니멀 웰 페어 규칙을 위한 컴플라이언스(법 준수)개선, 국제협력, 일반시민에게 적절한 정보 제공, CAP와의 시너지 추진 등이 들 수 있다.

[표 2-1-2] 유럽연합(EU)의 동물복지 관련 지침 및 규정

지침 74 / 577 / EEC	도축 전의 기절
지침 78 / 1027 / EEC	수의학 교육
지침 79 / 409 / EEC, 97 / 49 / EC 및 2009/147	야생 조류의 보호
규정 3626/82, 92/43 338/97	야생동물
지침 83 / 129 / EEC 및 규정 1007/2009	물개 제품 무역
지침 86 / 113 / EEC 및 88 / 166 / EEC	배터리 케이지에 있는 산란계 보호를 위한 최소 기준 마련
지침 99 / 74 / EC	산란계 보호의 최소 기준 마련
지침 86 / 609 / EEC 및 2010 / 63 / EU	과학적 목적으로 사용되는 동물 보호
지침 76 / 768 / EC 및 규정 1223/2009	화장품
지침 88 / 320 / EEC 및 99 / 12 / EC	우수한 실험실 관리 기준 점검 및 검증
규정 1906/90, 1907/90, 1538/91 및 지침 1999 / 74 / EC	계란 마케팅 표준
90/425, 91/496, 91/628, 95/29, 규정 411/98, 1/2005	수송 중 동물 보호
규정 (EEC) 3254/91	축쇄 털 사용 금지(수입 : 인도적 표준)
지침 91 / 629 / EEC, 97 / 2 / EC, 2008 / 119 / EC	송아지 보호를 위한 최소 기준 마련
지침 91 / 630 / EEC 2001 / 93 / EC 및 2001 / 2008 / 120 / EC	돼지 보호를 위한 최소 기준 마련
93/119 규정 1099/2009	도축 시 동물 보호
규정 338/97	무역 규제를 통한 야생 동식물 종 보호
지침 98 / 58 / EC	농업 목적의 동물 보호
지침 99 / 22 / EC	동물원의 야생 동물 보존
지침 2007 / 43 / EC	육류 생산을 위한 닭의 복지를 위한 최소한의 규정 마련
규제 (EC) 1523/2007	고양이 및 개 모피의 공동체 및 그러한 모피를 함유한 제품에 대한 시장 진출 및 수입 금지
318/2007	야생 조류 수입 금지
지침 2009 / 156 / EC,위원회 규제 (EC) 504/2008, 유럽 집행위원회 (EC) 2015/262,위원회 결정 2000 / 68 / EC,위원회 규정 (EC) 529/2007, 규정 / 2004,위원회 결정 2006 / 968 / EC	말, 다른 동물, 소, 양 및 염소 같은 동물의 표시 및 추적(질병을 감소시키고 다른 복지 문제를 가진 동물에 검사할 수 있는 가능성을 열어주기 때문에 동물 복지에 가치가 있음)
규정 (EU) 2016/429	동물보건분야의 특정행위(동물보건법) 및 동물질병 최소화 및 동물복지 개선을 위한 법률의 개정 및 폐지

■ 유럽연합의 동물복지 내용 - 양돈

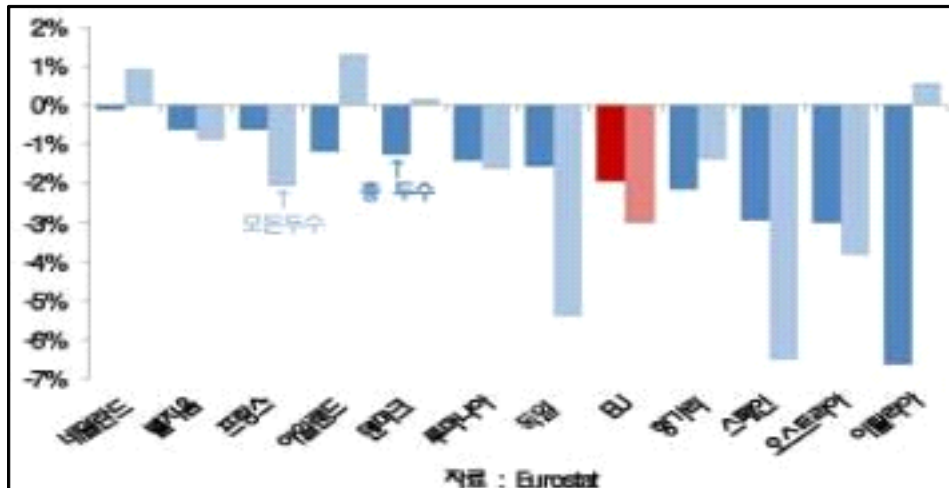
○ 돼지에 관한 동물복지는 1991년에 제정(EU 지침 91/630/EEC)되고 2008년에 개정(EU 지령 2008/120/EC)된 “돼지의 보호를위한 최소한의 기준을 정하는 이사회 지령”에 근거하는 것이다. 이 지침의 주요 내용은 ① 돼지 1두당 충분한 사육 면적(체중별 설정) 확보 ② 돈방 슬라트바닥 이용 면적 제한 ③ 10두 이상 돼지시설에서 임신돈을 함께 사육하기 ④ 군사에 대한 충분한 급이량 확보 ⑤ 공복과 저작요구를 충족시키기 위한 조사료 급여 ⑥ 습관성 단미·절치 금지 등이다. 이 중 ②와 ③은 2001년에 해당 지령이 개정되었을 때, 2013년 1월 1일부터 준수하도록 결정되었다.(기타는 2003년 1월부터 적용 ②, ③에 대해서도 신축, 개축 시 적용) 특히 문제가 된 것은 ③의 임신돈에 대한 군사사육시이다. 이는 즉, 종전의 “스톨”을 이용한 사육방법을 금지하는 것으로 양돈 관계자는 “모든의 스톨 사육 금지”라는 해석이 이루어졌다(그림 2-1-3).



[그림 2-1-3] 유럽연합의 동물복지 규제에 대응한 사육방법 변경

■ 유럽연합의 모든 스톨 사육 금지, 2001년 합의 후 2013년 1월부터 시행

○ 2013년 2월에도 모든의 25%는 스톨 사육되었다. 독일과 프랑스, 스페인 등 유럽연합(EU) 회원국의 양돈농가들이 2013년 1월1일자로 발효된 EU의 동물 복지 규정을 준수하지 못하는 것으로 밝혀지고 있다. EU지역에서 사육중인 1천200만두의 모든중 4분의 1이 아직도 ‘스톨(stall)’에서 사육되고 있다. EU는 스톨사육을 금지하기로 2001년 처음 합의하였다. 스웨덴과 룩셈부르크 같은 국가들은 EU의 금지조치 발효에 앞서 이를 금지하였다. 영국 역시 1999년부터 스톨의 사용을 금지했다. EU 회원국 중 오스트리아와 불가리아, 에스토니아, 라트비아, 룩셈부르크, 루마니아, 슬로바키아, 스웨덴, 영국 등 총 10개국 이 금지조치의 이행 마감시한을 준수하였다. 몰타와 헝가리 역시 이후 이 금지조치를 이행했다고 밝혔다. 그러나 EU집행위원회에 제출한 자료에 따르면 프랑스와 같은 대규모 양돈 국가에서 불이행 비율이 높았다. EU집행위원회 관리들은 이 조치로 인해 2014년이면 EU의 돼지고기 생산이 5% 감소할 것으로 예상된다고 밝혔다. 유럽위원회 통계청(Eurostat)은 2013년 9월 6일, 주요 양돈 생산국 14개국의 돼지 사육두수(2013년 5,6월 현재)를 발표했다. 유럽연합(EU)에서는 돼지에 대한 복지 (Animal Welfare ;AW) 규제가 강화되고 2001년 8월에 결의된 이사회 지침(2001/88/EC)에 따라 2013년 1월부터 임신모돈의 스톨 사육이 금지된 규제 강화로 번식 모돈이 감소 경향이 통계로 나타난 것이다. 2013년 6월 기준 EU의 총 사육두수는 전년 대비 1.4% 감소했다. 특히 번식 모돈은 2.7% 감소하면서 돈가는 급등하였다.



[그림 2-1-4] 유럽연합 주요국의 돼지 사육두수 및 모돈두수 전년대비 증감율('13년 5/6월 기준)

[표 2-1-3] 양돈 동물복지에 관한 주요 규제내용(EU, 덴마크)

덴마크	EU 지령 규제	①	돼지 1두당 충분한 사육면적(체중별 설정)의 확보
		②	돈방의 슬라트 돈방바닥의 이용면적 제한
		③	10두이상 양돈시설에서 임신돈 군사 실시
		④	군사에대한 충분한 급이량 확보
		⑤	공복과 저작요구를 만족하기위한 조사료 급여
		⑥	습관성 단미, 절치 금지
국내 규제		⑦	미스트 살포 등 무더위 대책 시설 설치
		⑧	슬라트 돈방바닥의 완전금지(2020년까지)
		⑨	절치의 금지와 단미에대해 엄격한 운영(보고의 의무)
		⑩	환돈전용 돈방 설치

※ 동물복지에 대한 유럽소비자들의 의식변화

- 유럽 소비자들 중 약 70%는 자신이 섭취하는 축산물에 대한 동물복지수준에 대해 더 많은 정보를 제공해주기를 바라고 있음 : 사육환경 표시제
- 약 74% 유럽 소비자들은 동물 축산물 구입이 농장동물의 복지 환경 개선 및 동물보호에 기여할 것이라고 판단하고 있음
- EU의 농민단체들은 EU가 주도하는 높은 수준의 농장동물 복지를 적극적으로 수용할 것을 밝히고 있음 : 동유럽 및 남유럽 국가는 동물복지 축산이 어려움

■ 유럽의 동물복지에 대한 법률, 정책과 정의를 확실히 정립

- 법률조항 : Annex 2B채택(사육/생산을 목적으로 사육되는 동물)
- 2006년에 2006~2010년까지 동물보호/동물복지를 위한 ‘The 2006 action plan’수립

※ The 2006 action plan

- 정의와 목적
 - 동물이 보호와 복지에 대해 미래를 위해 사회정책방향을 뚜렷하게 제시
 - EU는 높은 동물복지의 수준을 지속적으로 발전시켜 나감
 - 동물복지 연구에서 미래의 추세를 지지하며 OIE의 Three Rs정책을 지지
 - 동물 보호에 대한 일관되고 조율된 접근을 보정하고 정책적으로 사회적인 대책 수립
- 주요분야
 - 현행 가축 보호 및 복지 기준 강화
 - 가축 보호 및 복지에 관한 정책 관련 연구 장려
 - 표준화된 가축 복지 지표 개발
 - 가축 생산자-가공업자 및 소비자의 인지도 향상과 참여증대 유도
 - 국제적인 협약 제정 촉구 및 지원

[표 2-1-4] 국가별 동물복지 축산농장 법령

국가	법규정
오스트리아	Tierhaltungsverordnung BGBl. II Nr. 485/2004 idF BGBl. II Nr. 530/2006
벨기에	Koninklijk Besluit betreffende de bescherming van varkens in varkenshouderijen datum
불가리아	Directive N21/14.12.2005 (en volgens mij (MM) gewijzigd op 1-5-2006)
체코	Council directive 2008/120/EC; 208/2004 Coll. Decree (14 april 2004) Amended by 425/2005 Coll. Decree (11 Oct 2005) Act No.246/1992 Coll. on the protection of animals against cruelty. § 7
덴마크	Act on protection of Animals (Dyregaernsloven) 1991. Act no. 404 (1998), Act no. 104 (2000), Act no. 173 (2001), Order no. 323 (2003), Order no. 324 (2003)
에스토니아	Animal Protection Act
핀란드	Eläinsuojeluasetus 396/1996 (changed November 7, 2002, 910/2002. Maa- ja metsätalousministeriön asetus sikojen pidolle asetettavista eläinsuojeluvaatimuksista 14/EEO/2002.
프랑스	Arrêté du 16 janvier 2003 établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs (JORF du 22/01/2003)
독일	Dritten Verordnung Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung abschnitt 4 (22-8-2006)
아일랜드	Statutory Instrument No. 71 (2009)
이탈리아	Decreto Legislativo 20 febbraio 2004, n. 53
라트비아	Republic of Latvia Cabinet Regulation No. 743 Adopted 7 July 2009 "Pig Welfare Requirements"
리투아니아	The requirements of pig housing (confirmed by order of the director of The State Food and Veterinary Service 22-12-2000; edit 14-01-2003) The requirements of welfare of Household animals (confirmed by order of the director of The State Food and Veterinary Service 16-05-2002)
네덜란드	VarkensbesluitenIngrepbesluit
폴란드	Regulation of Minister of Agriculture and Rural Development from 24.IV.2009
슬로바키아	Ordinance of the Government of the Slovak Republic No 735/2002 Coll.
스페인	Real Decreto 1135/2002, de 31 de octubre, relativo a las normas mínimas para protección de cerdos.
스웨덴	Swedish Animal Welfare Act 1988:534 amended SFS 2007:362 (18 juni 2007)
영국	The Welfare of Farmed Animals (England) Regulations 2007 No. 2078 The Mutilations (Permitted Procedures) (England) Regulations 2007

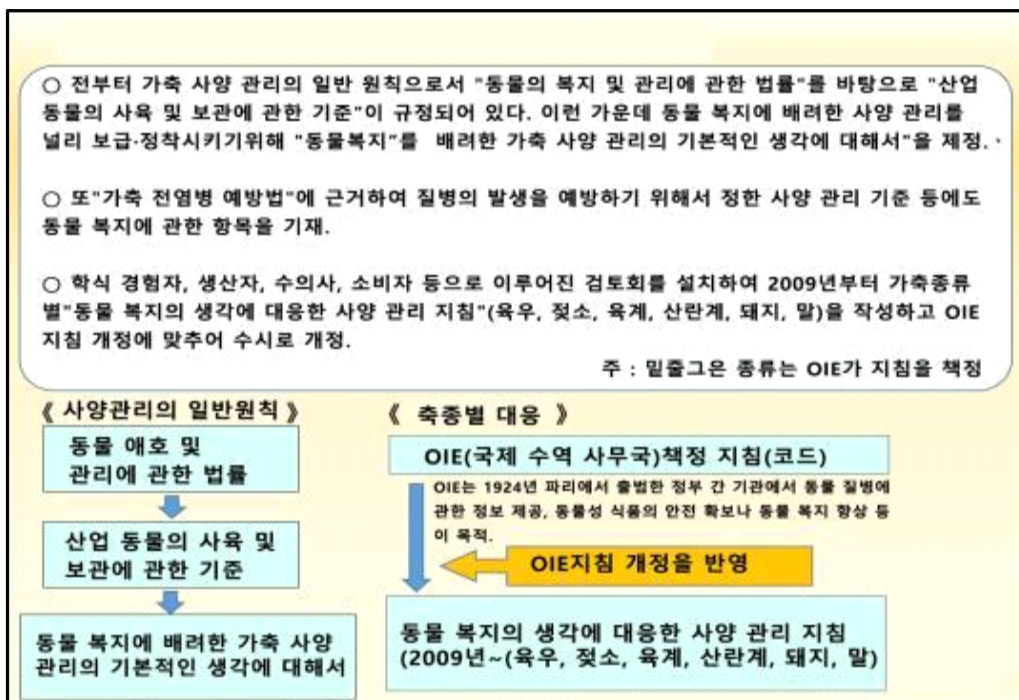
(나) 미국의 모든 스톨 사육금지 조치 진행 현황

- 미국은 2015년 현재 51개주 중 9개 주가 모든 스톨 사육을 금지를 결정했다. 그러나 9개 주는 모두 축산업이 중요하지 않은 미 대륙서부, 동부, 남부해안 지역의 주로서 양돈 산업에 큰 영향을 주지 못했다. 2017년 말 현재 미국 양돈 산업은 약 76% 모두가 스톨 사육되고 있고 24% 모두가 그룹 사육 방식으로 사육되고 있는 것으로 추정되고 있다. 미국의 플로리다주는 2002년 11월 선거에서 임신용 스톨사육을 금지하였다. 플로리다는 다음 6년 동안 유예한 후 2008년 이후 발효되었고, 애리조나주는 2006년에 애리조나 유권자의 61%는 모든 스톨 사육 금지 조치에 찬성하여 플로리다 주에 이어 두 번째 주가 되었고 이 금지령은 2012년에 발효되었다. 캘리포니아 주는 2008년에 송아지 케이지, 암탉 사육 케이지와 모든 스톨 사육금지를 가결한 후 7년 뒤 2015년부터 시행되었다. 콜로라도주는 2008년에는 콜로라도에서 법으로 금지되었으나 주 정부는 10년 동안 단계적으로 스톨을

폐기하였다. 메인(Maine)주는 2009년 메인 주(Maine)는 임신 모돈 스톨 사육금지 조치를 가결했으나 2011년에 발효되었다. 미시간주는 제니퍼 그랜 홀름(Jennifer Granholm) 전 총재의 서명으로 2009년에 임신 모돈스톨 사용을 금지하였다. 현재 주 정부는 스톨을 단계적으로 폐지하고 있다. 2010년에 오하이오 주에서는 동물 복지 협약(Oxio Animal Welfare Agreement)에서 암탉을 위한 배터리 케이지와 함께 모돈스톨과 송아지 케이지를 단계적으로 폐지하기로 결정하였다. 오레곤주에서는 2007년에 모돈 스톨 사육을 금지하기로 결정했고, 2013년에 금지조치가 발효되었다. 로드 아일랜드주는 2012년 모돈 스톨 사육을 결정한 이후 단계적으로 폐지 중이다.

(다) 일본의 동물복지 농장 제도

- 일본의 동물 복지의 노력은 공익 사단 법인 축산 기술 협회 (이하 "축산 기술 협회"라고 한다)에서 학계, 생산자, 수의사, 소비자 등으로 구성된 검토회를 설치하여 2009년부터 축종 별 「동물 복지의 개념에 대응한 사양 관리 지침」(육우, 젖소, 육계, 산란 닭, 돼지, 말)을 만들고 보급을 도모하고 있다.



[그림 2-1-5] 일본의 동물복지의 현황

- 또한 동물복지에 대한 대응은 반드시 최신 시설과 설비를 도입하는 것을 생산자에게 요구하는 것은 아니라 가축의 쾌적성을 배려한 사양 관리를 각각의 생산자가 고려하고 실행하는 것이다. 이 중 가장 중시되어야 할 것은 가축의 관찰과 기록, 가축의 정중한 취급 양질의 사료와 물의 급여 등의 적절한 사양 관리를 통해 가축이 건강한 상태인 것으로 되어 있다. 이러한 생각은 OIE 코드에서도 자원 및 시스템 기반이 아닌 동물 기반의 AW이 중시되고 있는 것이 공통된다. 농림수산성에서는 이러한 각 축종의 "동물 복지의 개념에 대응한 사양 관리 지침" (사양 관리 지침) 수립, OIE 코드의 책정·개정에 입각한 사양 관리 지침의 검토, 사양 관리 지침의 주지를 위한 생산자와 유통업계, 소비자 등의 보급을 위한 세미나 개최 등의 지원을 하고 있는 곳이다.

동물 복지 사고에 대응한 사양 관리 지침		
((공사)축산 기술 협회 책정 등))		
○ "동물 복지의 생각에 대응한 사양 관리 지침"은 OIE(국제 수역 사무국)에서 채택된 지침에 입각하고 OIE지침 개정에 맞추어 수시로 개정.		
○ 현장의 생산자로의 보급을 도모하기 때문에, 지침의 내용에 관한 체크 리스트를 작 성·배포하고 대응을 한층 더 추진		
종류	사양 관리 지침	(참고)OIE지침
산란닭	2009년 3월 (2018년 3월 개정)	(미책정)
돼지	2009년 3월 (2018년 3월 개정)	(미책정)
육계	2010년 3월 (2018년 3월 개정)	2013년 5월 완성
젖소	2010년 3월 (2018년 3월 개정)	2015년 5월 완성
육우	2011년 3월 (2018년 3월 개정)	2013년 5월 완성
말	2011년 3월	2016년 5월 완성*
* 「사역마」에 대해서 작성		

[그림 2-1-6] 일본의 동물복지사고에 대응한 사양 관리 지침

- 일본의 농가 단계 AW의 실시 상황은 2014 년도 축산 기술 협회를 통해 각 축종의 사육 실태 조사를 실시했다. 그 결과는 실제 먹이와 물 공급, 매일 관찰 등의 기본적인 항목은 거의 모든 생산자 대체로 적절하게 이루어지고 있었다. 그러나 사양 관리 지침 자체를 모르는 생산자 분들도 있고, 사양 관리 지침에서 권장하는 방법과는 다른 사양 관리를 실시하고 있는 것도 여기저기 보이고 있는 상황이었다. 따라서 생산 현장에 대한 사양 관리 지침의 주지를 철저히 하고 적절한 사양 관리가 이루어지도록 재작년 9월에 사양 관리 지침 체크리스트를 작성하여 배포했다. 올해도 생산자에게 AW의 이해 양성을 촉진하기 위해 관계자들과 연계하여 AW에 관한 올바른 지식 정보 발신을 추진하기로 하고 축산 관계 단체와 도도부현을 통한 해당 체크리스트를 활용 한 생산자에 의한 자기 점검의 실시를 추진하고 있다.

[표 2-1-5] 산란계의 사양관리 지침 체크리스트

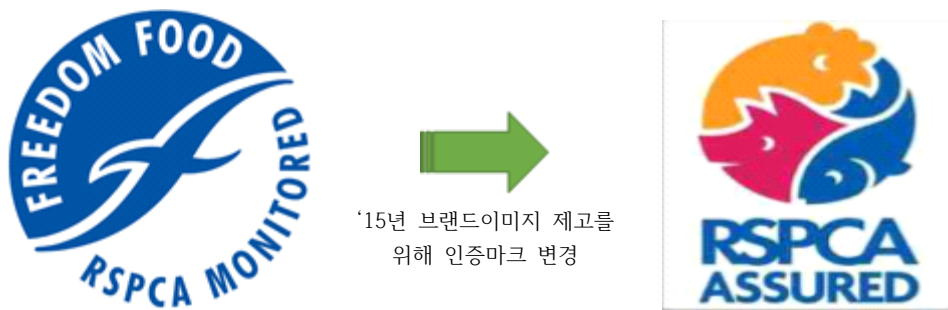
체크항목	네	아니오
1. 관리자 및 사육자는, 사육방식(케이지방식, 바닥사육 등),의 특징과 설비 등의 사용방법 등을 이해하고 있습니까	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 마루의 형태와 마루면의 경사는, 닭의 발의 상처와 변형 등을 일으키는 원인이 되지 않을 구조로 되어있습니까	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 닭의 행동 등을 잘 관찰하며, 필요한 사양 공간을 확보를 하고 있습니까.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 케이지를 사용하는 경우, 닭이 정상적으로 설 수 있는 높이가 되어있습니까.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 케이지를 사용하는 경우, 케이지의 폐구부는 닭이 다치지 않고 꺼낼 수 있는 크기로, 용이하게 닭을 꺼낼 수 있는 배치입니까.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 케이지를 사용하는 경우, 상단의 닭의 배설물이 하단의 닭의 위에 떨어지지 않는 구조입니까	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(2) 세계 주요국의 동물복지 축산물 인증 및 표시 제도

(가) EU의 동물복지 축산물의 표시 제도의 비교

■ 영국

- 영국에는 단일 방법의 동물 복지 표시제도는 없다. [Red Tractor 인증 제도],[영국 동물 애호 협회(RSPCA) 인증],[토양 협회(오가닉)] 등 복지 표시 제도를 갖고 있다. 종래형의 옥내 사육, 옥외 번식, 옥외 비육 사육방식과 유기농(Organic) 등 다양한 영국의 생산 시스템 또한 차별화 근거가 되고 있다.
- 연방정부단계 : 동물수송 24시간법, 동물복지법, 인도적 도축법
- 주정부 단계 : 캘리포니아에서 가금의 ‘인도적 도축법’을 가금에 적용
- 식품유통업체가 자체 단계 : 맥도날드, 버거킹 등 식품유통업체도 자체 가이드라인을 설정
- 동물복지 축산물 인증제도 : Free Farmed Program



[그림 2-1-7] 영국의 동물복지형 축산물 인증마크

■ 덴마크

- 덴마크 생산 표준은 "DANISH"(덴마크산)로고 아래의 돼지 생산조건을 설명하고 있다. 그 주요 초점은 동물 복지, 돼지 고기의 안전성과 생산이력추적이다. 금년에 시행된 "Bedre Dyrevelfærd"(더 나은 동물 복지)는 업계와 공동으로 개발한 자발적인 덴마크 정부의 인증형 복지 라벨링 제도이다. 1개, 2개 또는 3개의 하트 마크(♥)로 구분되는 3개의 레벨이 있다. 정부보조금 없이 이 제도는 시장 주도형 자발적 제도이다.



[그림 2-1-8] 덴마크의 동물복지형 축산물 인증마크

■ 네덜란드

○ 정부의 역할

- 네덜란드 의회에는 동물당(의원수 5명)이 있어 동물복지에 관한 정책이 중요한 부분임
- 산란계 사육방식은 배터리 케이지 금지 및 유럽형케이지(enriched cage)는 EU보다 강화된 규정에서만 허용(0.075 -> 0.08) 되며 aviary 및 평사와 방사 사육 법규
- 2003년까지 농가의 변화는 거의 없었으나 2003년 AI로 인해 3천만수 살처분 이후 동물복지 축산으로 급격히 전환
- 돼지의 사육밀도 및 모돈의 스톨사육금지와 같은 EU의 동물복지 규정을 따라가고 있으나 관리방법과 같은 일부 항목에서는 EU보다 엄격한 규정을 가지고 있음.
- 마켓과 비즈니스 모델 창출

○ 민간의 역할

- 동물보호협회의 역할 : 일반 대중에 정보를 제공함(특히 농장동물산업에 대한 정보 제공이 활발함), 산업체 및 정부기관과 대화 및 로비활동, 연구과제의 참여 등
- 민간단체가 바라보는 네덜란드 축산업은 경제적으로 성공한 산업이지만 동물복지를 고려하지 않은 산업이었음.
- 농장동물의 동물복지 개선에 장애물은 가격에 따라 시장이 움직인다는 것, 산업의 혁신을 위한 노력이 적다는 점 그리고 소비자 선택의 폭이 좁다는 점임
- 이를 해결하기 위한 방법 : 법적 규정의 강화, 혁신의 노력 필요, 새로운 개념의 시장창출

○ 동물복지 축산농장 인증제도 : Beter Leven

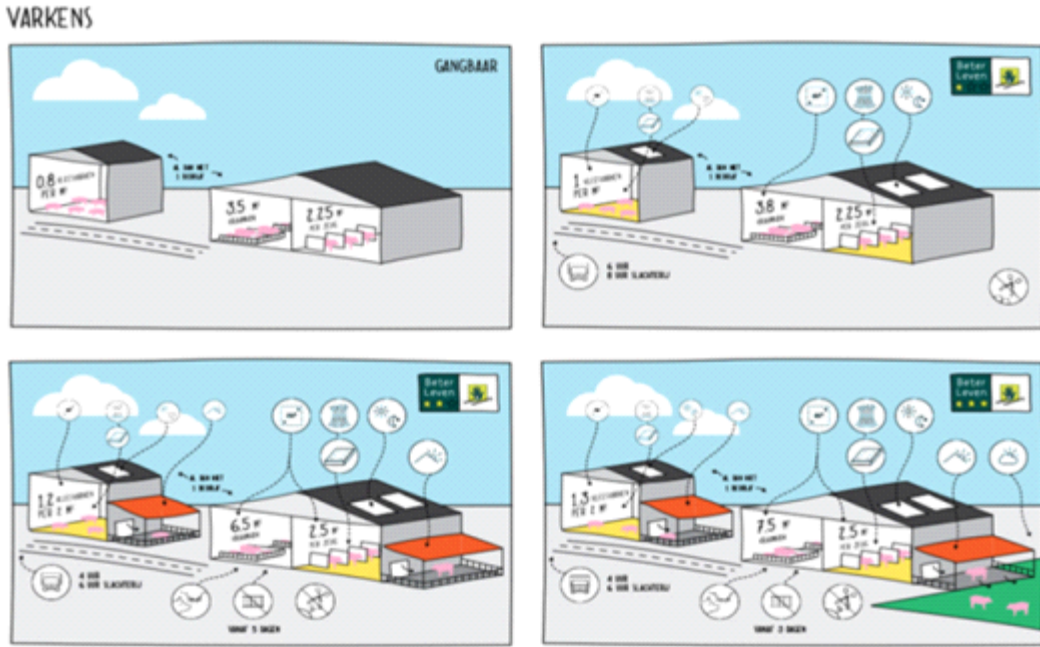
- [Beter Leven"(Better Life)는 특정 동물 복지 기준을 충족하고 있는 농장, 정육점, 정육가공업자에게 동물 보호. 네덜란드 협회에서 수여된 라벨이다. 마찬가지로, 이 제도에는 3개의 레벨이 있다, 1개, 2개 또는 3개의 별(★)로 구분된다. 도축장은 소매업체에 프리미엄가격을 받을 수 있어서 별 숫자에 따라 농가에게 비육돈가격을 차별 지급한다.
- 3단계 축산물 시장을 설정 : 스타(star)로고 시스템
 - * 별 1개 : 중요한 동물복지 문제를 해결한 농장
 - * 별 2개 : 축사외부 접근가능, 사육면적 추가제공 등 높은 수준의 동물복지
 - * 별 3개 : 유기축산 및 이와 유사한 수준의 축산형태



[그림 2-1-9] 네덜란드의 동물복지형 축산물 인증마크

- 2016년에 Beter Leven의 결과는 26백만마리가 별 1개 이상의 인증을 받은 농가에서 사육되고 있음. 참여농가는 1,600농가, 300여개 식품가공업체 참여, 18 슈퍼마켓 참여, 8억 유로 이상의 매출액 달성
 - * 네덜란드내 시장 점유율 : 돈육 29%, 계육 14%, 우육 7%, 계란 36%

- 인증과 감사는 별도로 이루어지며 특히 감사는 전문 감사기관에 의해 관리되고 있음.
- 인증은 농가 뿐만 아니라 도축장, 계란유통, 식품가공업체도 포함됨
- 환경문제 연계하여 Beter Leven의 영역을 확장하고 있음



[그림 2-1-10] 네델란드의 동물복지 양돈장 인증제도

[표 2-1-6] 네델란드의 동물복지 양돈장 인증기준

	EU directive	네델란드				국내인증 기준
		정부규정	민간규정* (Beter Leven)			
			☆	☆☆	☆☆☆	
자돈(15~30kg)	0.2~0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.2~0.3
후보돈 6~40두	1.64	2.25	2.25	2.5	2.5	2.3
모돈 6~40두	2.25	2.25	2.25	2.5	2.5	3.0**
분만돈	3.5	3.5	3.8	6.5	7.5	
천공성 바닥	가능	가능(5%미만)				불가능
모돈 관리	모돈과후보돈에 대한 결박금지	결박금지	결박금지			결박금지
	교배후4주부터 분만전1주까지 그룹관리	배후 4일부터 분만전1주까지 그룹관리	교배후4일부터 분만전1주까지 그룹관리			교배후4주부터 분만전1주까지 그룹관리
치아연삭 거세 꼬리자르기 코결이	7일령미만 허용 마취하에 허용 부분적 가능 방사시 허용	7일령미만 허용 마취하에 허용 부분적 가능 방사시 허용	허용 거세금지 허용 방사시 허용			허용 허용 금지 허용
환경부가물	제공해야함	제공해야함	제공해야함			제공해야함

* 2021년부터는 자유출입 급이스트를 이용한 그룹사양도 금지함

** 돈방당 사육규모가 100두 이상인 경우 최대 10%까지 소요면적 절감가능



[교배스틀]



[임신돈그룹관리]

[그림 2-1-11] 동물복지 양돈장의 모돈사



[그림 2-1-12] 네델란드의 동물복지 양계장 인증제도

[표 2-1-7] 네델란드의 동물복지 양계장 인증 기준

사육방식	사육면적 및 특징	허용여부	
		EU 규정	EU 선진국
Battery cage	사육면적 : 20수/m ² (한국)	X	X
Enriched cage	사육면적 : 13수/m ² (그룹당 10마리 내외)	O	△
Colony cage	사육면적 : 13수/m ² (그룹당 60-80마리)	O	△
Barn	사육면적 : 9수/m ²	O	O
Free-range	사육면적 : 9수/m ² (1수 당 4m ² 방사장 필요)	O	O
Organic	사육면적 : 6수/m ² (1수 당 4m ² 방사장 필요)	O	O

[표 2-1-8] 영국, 덴마크, 네덜란드의 동물복지 인증 제도의 비교

	영국		덴마크			네덜란드		
	Red Tractor	동물애호 협회인증	표준	♥	♥♥♥	종래	★	★★★
단미	가능	예외적 가능	가능	불가	불가	가능	가능	불가
외과적 거세	불가	불가	가능	가능	가능	가능	불가	가능
모든스톨 사육	불가	불가	불가, 교배후 4주가능	불가	불가	불가, 교배후 4일가능	불가, 교배후 4일가능	불가, 교배후 4일가능
분만틀	가능	불가	가능	분만후 4일까지 가능	불가	가능	가능	분만후 3일까지 가능
비육돈 사육면적	최소면적규제	+10~20%	최소면적규제	최소면적이상	+100%	+20%	+50%	+100%
이유일령	최소21일	최소21일	최소21일	최소21일	28일 이상	최소21일	최소23일 이상	최소42일 이상
돈방갈집 갈아주기	불필요	필요	불필요	불필요	필요	불필요	불필요	불필요

[자료 : Pig World, 2017년]

[표 2-1-9] 동물복지 인증 주체에 따른 비교

구 분	민간주도	국가주도
장점/단점	가격차별화 정책에 유리/복지수준난립/신뢰약화	소비자신뢰(조기)정착에 유리 국가 책임론 개연성증가
국내특성	민간의 자체수립 능력취약	이미 유기축산등에 국가지침 확립
동물복지 기준 및 지침	RSPCA(영국) Beter Leven(네덜란드)	세계동물보건기구(OIE) EU(회원국)

■ 독일

- 독일의 주요 동물복지 관련 법령과 규정에는 동물보호법, 가축사육법, 농장동물보호법, 동물건강법(동물질병 예방법), 동물 운송에 관한 규정이 있음.
- 동물복지 인증제도 : 독일동물복지협회에서 시행하는 동물복지 라벨(Tierschutzlabel)이 있으며, 동물복지라벨은 Entry (별 1개)와 Premium (별 2개) 단계로 구분
- 참여하는 식품 소매업자로부터 자금을 제공 받고 있는 Initiative Tierwohl(주도적 동물 복지)은 매년 도축되는 전 돈육의 27%를 커버하고 있다. 돼지고기 1kg당 0.04유로(53원)가 생산자에게 지급된다. 이것은 항생제 사용 및 동물 복지 기록, 연간 환기 및 공기 질, 수질 검사 등의 기본 요건을 충족시키는 생산자의 추가비용을 감안한 것이다. 비육돈 사육시 10~40%이상의 비육 추가 면적, 교배 후 6일부터 모든 군사, 분만틀 무사용 및 이유 최소 일령 28일 등이 지켜지면 추가로 비육돈가격이 지불된다.



[Entry]



[Premium]

[그림 2-1-13] 독일의 동물복지 축산물 인증마크

■ 미국

- 연방정부 단계 : 동물 수송 28시간법, 동물복지법, 인도적 도축법
- 주정부 단계 : 캘리포니아에서 가금의 ‘인도적 도축법’을 가금에 적용
- 식품유통업체가 자체 단계 : 맥도날드, 버거킹 등 식품유통업체도 자체 가이드라인을 설정
- 미국의 농장동물복지 도입의 특징은 생산자 단체를 중심으로 자체적인 농장동물복지 가이드라인을 정하거나 동물복지단체와 소비자단체의 압력에 따라 대기업 슈퍼마켓 또는 레스토랑 체인 등이 독자적으로 동물복지 기준을 설정하고 이를 만족하는 제품을 도입하는 방향으로 전개되고 있음
- 동물복지 축산물 인증제도 : Free Farmed Program
 - 전국 규모의 아동·동물보호 자선단체인 ‘미국 인도주의단체(American Humane Association, AHA)’에서 2000년부터 수립하여 추진하고 있는 동물복지제도임. ‘Freedom Food’를 벤치마킹한 제도로, 영국의 동물복지의 5대 기본 원칙을 따르고 있으며 자발적으로 생산자 및 가공업자가 비용을 지불하는 형태의 제도임. 대상가축은 소(육우, 유우), 닭(산란계, 육계), 돼지로 AHA에서 정한 동물복지 기준을 준수 할 경우 인증마크를 부여



[그림 2-1-14] 미국의 동물복지 축산물 인증마크

■ 일본

- 동물복지와 가장 밀접한 관련이 있는 규정은 ‘산업동물의 사육 및 보관에 관한 기준’과 ‘동물의 도살 처분 방법에 관한 지침’ 등이 있음.
- 일본은 동물 복지 축산물 인증제도가 따로 있지 않으며, 유기 축산 인증 기준에 동물복지와 관련된 내용들이 대부분 포함되어 있고, 주로 유기 축산 인증인 JAS로 대체하고 있음.



[그림 2-1-15] 일본의 유기축산 인증마크

(4) 선진국의 동물 복지 축산물 유통 및 시장 조사

■ 유럽

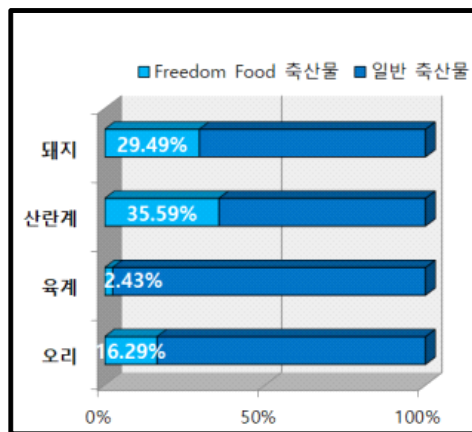
- 유럽은 산란계나 젖소농장 인증 중심으로 동물복지 축산물시장이 형성되었으며, 영국 등은 Freedom Food사와 같은 특정업체나 프로그램을 통해 시장에 공급하는 것이 특징임

[표 2-1-10] 유럽의 동물 복지 축산물의 시장점유율 현황

국가	시장점유율
스웨덴	닭고기:90%, 우유 : 80%, 쇠고기 : 5%
프랑스	닭고기:33%, 달걀:7%
덴마크	쇠고기:30%, 닭고기:12%
오스트리아	우유:13%, 쇠고기:9%, 달걀:8%
핀란드	쇠고기:10%, 달걀:8%

(자료 : 농림축산식품부, 해외 동물 복지 축산정책 현황 조사, 2014)

- 영국의 동물복지 축산물의 시장점유율은 돼지의 경우 29.49%를 차지하고 있고, 산란계는 35.59%, 육계는 2.43%를 차지하고 있음



[그림 2-1-16] 영국의 Freedom Food의 시장점유율

[자료 : Freedom Food Impact Report, 2013]

[표 2-1-11] 영국에서 동물복지 닭고기의 소비자 가격

분류	\$/kg(%)
일반제품	3.28(100)
Freedom Foods	4.60(140)
Free-range chicken	4.61(141)
Organic Chicken	9.05(276)

[자료 : 동물복지형 축산물의 경제적 가치추정에 관한 연구 동향, 2010]

- 프랑스는 정부에서 'Label Rouge'라는 국가에서 인증하는 제도를 통해 동물복지 축산물을 관리하고 있고, 육계시장의 33%(가정식)과 닭같은 7%시장을 점유하고 있음
- 네덜란드의 농장 동물 복지 관련 인증제도로 Beter Leven 인증제도가 있으며, 별의 개수가 증가할수록 동물 복지 환경의 수준이 높아짐. Beter Leven 마크가 붙은 축산물 및 유제품의 소비자 가격은 일반 축산물 및 유제품 가격보다 비싼 가격을 형성하고, 특히 별의 수가 많을수록 더 높은 가격을 나타내었음[표 2-1-21]
 - 3단계 축산물 시장을 설정 : 스타(star)로고 시스템
 - * 별 1개 : 중요한 동물복지 문제를 해결한 농장
 - * 별 2개 : 축사외부 접근가능, 사육면적 추가제공 등 높은 수준의 동물복지
 - * 별 3개 : 유기축산 및 이와 유사한 수준의 축산형태
 - 2016년 현재 Beter Leven의 결과는 26백만마리가 별 1개 이상의 인증을 받은 농가에서 사육되고 있음. 참여농가는 1,600농가, 300여개 식품가공업체 참여, 18 슈퍼마켓 참여, 8억 유로 이상의 매출액 달성
 - * 네덜란드내 시장 점유율 : 돈육 29%, 계육 14%, 우육 7%, 계란 36%
 - 인증과 감사는 별도로 이루어지며 특히 감사는 전문 감사기관에 의해 관리되고 있음
 - 인증은 농가 뿐만 아니라 도축장, 계란유통, 식품가공업체도 포함됨
 - 환경문제 연계하여 Beter Leven의 영역을 확장하고 있음



[그림 2-1-17] 네덜란드 동물복지 축산물 인증

[표 2-1-12] 네덜란드 일반 및 동물복지 축산물 소비자 가격 비교 (단위 : 유로)

가격	유형			
	일반제품	별1(★)	별2(★★)	별3(★★★)
우유(리터 당)	1.15(유기농)	-	-	1.28
닭 가슴(kg 당)	7.98	11.88	13.98	24.90
다진 소고기(kg/당)	6.98	-	-	9.48
달걀(6개)	-	-	1.39	1.85

(자료 : 농림축산식품부, 해외 동물 복지 축산정책 현황 조사, 2014)

■ 미국

- 미국 현지 축산물 시장조사 : 미국 서부 캘리포니아주를 중심으로 축산물 시장 조사 결과 , 동물복지 축산물의 현지 유통현황을 조사하였다. 대표적인 건강·친환경·유기 농산물과 식품을 판매하는 대형매장인 ‘WHOLE FOODS 365’는 미국 서부를 중심 근거지로 하는 대표적인 건강식품 판매장이다. 이곳에서는 다양한 종류와 형태의 친환경 식품, 유기농 식품, 건강(보조)식품 중심으로 진열 판매되고 있으며 일반적인 월마트와 비슷한 규모의 대형매장 형태로 구성되어 있다.



마트 전경



마트 내부

[그림 2-1-18] WHOLE FOODS 365 마트

- 축산물 및 식육가공품 판매대에서는 다양한 형태의 친환경 무항생제 제품들이 전시되어 판매되고 있으며, 특히 눈에 띄는 것은 동물복지 개념으로 표시된 축산물(소고기, 돼지고기, 닭고기) 진열 매장 규모가 상당히 커서 현재 미국 현지에서의 동물복지에 대한 소비자 관심이 매우 높다는 것을 인식할 수 있었다.



동물복지 축산물 진열대



진열대 위 5단계 설명

[그림 2-1-19] 마트 내 동물복지 축산물

- 5단계 동물복지 표준 : 미국 현지 축산물 시장조사 이곳 ‘WHOLE FOODS 365’ 축산물 진열대에서는 5단계로 구분한 동물복지 축산물을 판매하고 있었는데, 이는 “5-Step Animal Welfare Standard”에 따라 동물복지 개념을 단계별로 나누어 생산한 동물복지 등급별 축산물을 판매하고 있다. 이는 정부 기관 주도가 아닌 “Global Animal Partnership(GAP)”이라는 비영리 인증단체에서 제정한 사양 표준에 따라 단계별 동물복지 생산 기준을 따르고 있다. 현재 진열대에서는 닭고기의 경우 1단계 및 2단계 포장육이 있으며, 돼지고기는 주로 1단계 동물복지 등급의 포장육 중심으로 전시되어 있다.



비영리단체인 GAP은 동물복지 농장을 개선하기 위해 동물복지 1단계를 인증받기 위해서는 100가지 이상의 조건을 충족하도록 요구함

<https://globalanimalpartnership.org/>

[그림 2-1-24] Global Animal Partnership

STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4	STEP 5
<ul style="list-style-type: none"> No Cages No Grates No Crowding 	<ul style="list-style-type: none"> Enriched environment 	<ul style="list-style-type: none"> Enhanced outdoor access 	<ul style="list-style-type: none"> Animal centered - no physical alterations 	<ul style="list-style-type: none"> Animal centered - entire life on same farm

[그림 2-1-20] GAP의 동물복지 5단계 주요 조건



동물복지 1단계 돼지고기



동물복지 2단계 닭고기

[그림 2-1-21] 동물복지 포장육

- GAP 5단계 동물복지 사양 기준 : GAP에서 설정한 단계별 동물복지 등급 설정 조건을 살펴보면, 돼지의 경우 동물복지 1단계에서는 돈사 바닥 깔개(bedding), 사육밀도(more space), 발치(de-tusking) 및 꼬리 자르기(tail docking) 금지, 25% 이하의 slatted 바닥 면적(75% 이상 휴식공간 면적) 등을 주요 조건으로 되어있다. 동물복지 단계가 상승하면서 외부 출입 가능, 스프링클러(사위) 설치, 목초지 제공, 초지 단계, 거세 금지, 한 농장에서만 사육하고 도축 등으로 더욱 엄격한 동물복지 사양 조건을 설정하고 있다. 이는 닭에서 마찬가지로 1단계에 경우 자연조명 설치, 암흑 시간 설정, 이동시간 제한 등이 돼지와 달리 추가로 설정되어 있고, 단계가 높을수록 방사, 초지 제공, 한 농장에서 계속해서 키우는 조건 등이 포함되어 있다.

Access a detailed version of our comprehensive standards in the documents below or reference this quick, at-a-glance overview of the key standards being met at each certification level to understand which level could be achievable for your farm or ranch.



[그림 2-1-22] 돼지의 단계별 동물복지 GAP 인증 내용

Access a detailed version of our comprehensive standards in the documents below or reference this quick, at-a-glance overview of the key standards being met at each certification level to understand which level could be achievable for your farm or ranch.



[그림 2-1-23] 닭의 단계별 동물복지 GAP 인증 내용

(5) 국내 동물 복지 축산물 유통 및 시장 조사

- 국내 동물복지형 돈육을 유통하고 있는 D유통회사의 경우 자체 동물복지형 양돈장 2곳과 경남 거제소재 동물복지형 양돈장에서 공급을 받아 유통을 하고 있음. 그런데 자체 동물복지형 양돈장의 경우 농장을 2-site로 운영을 하고 있는데, 번식농장의 경우 동물복지형 양돈장 인증을 받았지만, 육성·비육농장의 동물복지형 양돈장인증을 받지 못해, 동물복지형 축산물로 유통을 하고 있지 못함. D유통회사에서 일반농장과 동물복지형 양돈장에 정산을 하는 방법은 비육돈 두당 30,000원/두를 추가로 지급하는 방식으로 정산으로 하고 있음

[표 2-1-13] 국내 D유통회사 농장 정산가격 비교

구분	일반돼지	동물복지형 양돈농장
정산방법	115kg(출하체중) × 70%(지급율) × 4,500원/kg(전국도매시장평균가격)	115kg(출하체중) × 70%(지급율) × 4,500원/kg(전국도매시장평균가격)
동물복지 프리미엄	-	30,000원/두
비육돈 두당 정산가격	362,250원	392,250원

단, 정산기준에서 돼지두당 패널티부분은 정산에 반영하지 않았음

- 경남 거창소재 동물복지형 양돈장의 모든 400두를 일괄사육할 수 있는 돈사시설이지만 세계 축산의 흐름으로 동물복지형 양돈장을 유지하기 위한 시행착오 끝에 모든 200두로 일괄 사육하고 있음(세계적인 동물복지 양돈장 표준화 모델로 발전할 수 있음).



[그림 2-1-24] 동물복지형 양돈장(경남 거창)

- 국내 온라인 마트에서 판매되고 있는 축산물의 일반제품과 동물 복지 제품의 가격은 에 나타내었음. 달걀에서 일반제품과 동물 복지 제품의 가격 차이가 2배 이상 차이가 났으며, 육계 및 돼지고기에서도 동물 복지 제품의 가격이 일반제품보다 비싼 값을 보였음. 그러나 돼지고기의 경우 선호부위(삼겹살, 목살, 특수부위)를 제외한 비선호부위(전·후지)는 일반 돼지고기와 동일한 가격에 판매가 되므로 현재 동물복지형 돼지고기의 경우 유통회사의 브랜드적인 측면에서 프리미엄 브랜드로 가치가 있지만 수익측면에서 장점이 없음

[표 2-1-14] 국내 축산물의 일반제품 및 동물 복지 제품의 가격 비교

품목	일반제품	동물복지형 축산물 제품
산란계 (계란)	 5,290원/30구	 11,970원/30구
육계 (볶음탕용)	 5,500원/1kg	 6,900원/1kg
돼지고기 (삼겹살)	 12,900원/500g	 16,900원/500g

[자료 : E-mart 물, 롯데마트 물, 2018]

2. 2차년도 연구결과

가. 일반/동물복지축산물 사육·유통 및 판매단계 경제성분석

- 동물복지(animal welfare)의 5대 자유인 배고픔에 대한 갈증, 불편함, 고통 및 상처, 정상적인 활동 및 공포와 스트레스측면에서만 본다면 동물복지를 위한 다양한 연구등이 진행되어 왔다고 볼 수 있지만 상호 관련성에 대한 종합적인 고려는 아주 적었다. ‘동물복지(animal welfare)에 대한 정의는 동물에 대한 복지, 스트레스, 필요성, 인도적, 안락사라는 용어로 정의되어 있으며 다른 정의로는 유럽연합의 여러 분야에서 불명확하게 몇몇 방법으로 설명하고 있다. 질병에 걸린 동물은 대개 환경에 대처하는 데 어려움이 있거나 대처하지 못하는 경우가 많기 때문에 건강한 동물에 비해 복지가 떨어진다. 질병으로 인한 통증이나 다른 환경조건에 의한 불편이나 고통을 일으키는 요인에 관계없이 질병에 대한 영향을 감소시키는 치료는 분명히 동물 복지를 개선한다고 할 수 있다.
- 과거 유럽연합에서는 다양한 연구자들의 보고서를 받아들여 동물복지에 관한 지침이나 규정을 제정하였다. 1970년대와 1980년대에 유럽연합의 동물복지에 대한 개념으로 송아지에서 심각한 동물복지 문제에 대한 증거를 제시하는 연구를 발표하였다. 1988년 유럽상업위원회(European Council of the Animation)에서의 권장 사항으로 소의 동물복지에 있어 소에 대한 사양, 운동 및 기타 행동을 위한 모든 정상적인 활동을 할 수 있어야한다고 명시하였다. 또한 유럽위원회가 다시 제정한 지침 ‘91/629/EEC’에는 송아지 보호를 위한 최소 기준을 제시하여 1991년부터 시행되었다. 1994~1995년에 사료, 물, 사육을 위한 공간에서 송아지에 대한 동물복지에 대한 효과에 대해 연구가 진행되었다. 그 결과 1997년에 송아지에 대한 사육 시설(우사면적) 및 부적절한 사료 사용을 단계적으로 금지하는 지침인 ‘97/2/EC’가 제정되었다. 유럽연합에서 동물 복지 법령에 대한 대상은 회원국 또는 제 3국과의 무역에서 직접적으로 관련성 있다.
- 세계 무역기구(WTO)의 규칙과 관련하여 제3국에서는 동물의 열악한 복지를 피하거나 최소
- 2012~2015년에 유럽 집행위원회는 동물복지에 대해 입법체계 개선, 네트워크 구축, 동물 복지의 결과를 기반으로 한 지표개발, 국제협력, 소비자에게 보다 나은 서비스제공 및 어류의 복지와 같은 특정 주제를 포함한 전략을 수립하였다.
- 세계보건기구(WHO)는 이러한 개념에 대한 정의가 구체화되기 전에 ‘단순히 질병유무가 아니라 육체적, 정신적, 사회적 복지의 완전한 상태’라고 정의하였다. 동물복지라는 단어는 과학적으로 쓰이지는 않았지만 복지는 본질적으로 건강한 삶(wellbeing)과 동일한 개념이므로 세계보건기구(WHO)는 동물복지에 대한 다양한 면을 정의하였다.
- 동물 건강과 특히 인간 질병과 축산업과의 경제성과 관련하여 동물복지에 대한 개념상의 혼란이 야기되었다. 동물의 건강이 사람에게 미치는 결과는 아주 미비하고 동물 자체에 미치는 영향들이 중요하기 때문이다.
- 국내에서는 ‘동물보호법(전부개정 2011.8.4. 법률 제10995호 시행일 2012.2.5.) 시행예정인 법을 보면 제 1조(목적)에서 동물에 대한 학대행위의 방지 등 동물을 적정하게 보호 관리하기 위하여 필요한 사항을 규정함으로써 동물의 생명보호, 안전 보장 및 복지 증진을 꾀하고, 동물의 생명 존중 등 국민의 정서를 함양하는 데에 이바지함을 목적으로 한다. 제 3조(동물보호의 기본원칙)에서 누구든지 동물을 사육 · 관리 또는 보호할 때에는 다음 각 호의 원칙이 준수되도록 노력하여야 한다.
 - 동물이 본래의 습성과 신체의 원형을 유지하면서 정상적으로 살 수 있도록 할 것

- 동물이 갈증 및 굶주림을 겪거나 영양이 결핍되지 아니하도록 할 것
 - 동물이 정상적인 행동을 표현할 수 있고 불편함을 겪지 아니하도록 할 것
 - 동물이 고통·상해 및 질병으로부터 자유롭도록 할 것
 - 동물이 공포와 스트레스를 받지 아니하도록 할 것으로 현재 시행하고 있는 동물보호법보다 제3조에서 구체적으로 동물보호 기본원칙을 명시하고 있다. 위의 법적인 동물복지 축산농장 인증 관련 주요 고려 요소로는 가) 관리자의 의무 준수 여부 (기록, 교육, 지식, 축종별 준수사항 등), 나) 동물의 건강상태, 인도적 도태 등 점검, 다) 사육 시설 및 기계 설비 등 축사 시설 마련·점검, 라) 사료와 물, 의약품 등의 공급 관리, 마) 축사 환경점검(조명, 공기오염도, 온도, 소음, 청소 및 소독 등)이 있다.
- 동물복지의 경제성 분석은 일단 동물복지를 어떻게 정의하고 어떻게 평가하는 가를 명확히 해야 한다. 즉, 동물복지가 좋다는 것이 무엇을 의미하는 것인지 기준이 필요합니다. 예를 들면, 자돈이 외과적 거세를 안하고 꼬리자르기도 안 했다고 한다면, 이것은 동물복지면에서 좋다고 해야한다. 그런데 이 자돈이 육성/비육돈 시기에 밀사 사육환경에서 길러지고 있다면 이 것은 또 좋지 않은 동물복지입니다. 그렇다면 이 자돈의 동물복지를 어떻게 평가할 수 있을까? 물론 동물복지형 인증제도에서 이용하는 평가지표를 따라서 평균점수를 이용할 수도 있겠지만 그렇다 하더라도 좋다/나쁘다의 기준점이 필요하다.
- 또 다른 예로, 방목사육은 더 넓고 다양한 환경을 제공하기에 동물 복지면에서는 좋다고 할 수 있다. 그러나 사료(먹이)를 찾는 데 많은 에너지를 소모하고, 기온변화, 서열다툼, 기생충 감염 등으로 질병, 상해, 스트레스가 증가할 수 있어 복지와 생산성을 모두 떨어뜨린다고 밝혀지기도 했다. 이 경우 동물복지와 경제성의 연관성을 분석하는 것이 의미가 있을까? 따라서 동물복지의 정의와 평가기준이 먼저 확립되어야 하고, 경제성을 분석하기 위해서는 특히 사양단계에서는 동물복지에 영향을 미치는 요소들을 구분하고, 그 요소들이 각각 생산성과 어떻게 연관되어 있는지를 분석해야 한다.
- 축산농가의 경우, 일정수준 이상의 사육환경(동물복지)이 보장되지 않으면 가축의 생산성이 저하되어 수익이 떨어지게 되는데, 현재 국내 축산 농가들의 낮은 생산성은 밀사와 같은 동물 복지측면에서 볼 때 적합하지 않은 사육시스템의 결과로 볼 수 있다. 산란계의 경우 케이지 금지와 부리 자르기, 수평아리 도태가 집약적 축산의 사양방식과 동물복지형 축산의 사양방식의 쟁점이 되는 부분이다. 양돈의 경우에는 밀집사육으로 대표되는 마리당 최소 사육면적 제공, 임신모돈의 스톨사육과 견치, 단미, 거세의 금지 등이 기존의 집약형 사양방식과 동물복지형 사양방식이 대비되는 쟁점들이다. 양돈의 경우 생산성이 양돈선진국들에 비해 매우 낮으며, 이러한 현상의 사양기술 뿐만아니라 사육환경도 한 요인으로 작용했을 것이라고 추정되고 있다. 이에 대한 해결책으로 동물복지형 사양방식의 적용을 통해 개선할 여지가 있으며 사육환경 및 물리적 처치방법의 개선을 통해 생산성을 높일 수가 있다. 예를 들면, 양계의 부리자르기와 양돈의 견치 및 단미 등의 근본적인 생산성 저하의 원인이 되는 스트레스 요인들을 물리적 처치방법의 개선을 통해 해소할 수 있기 때문이다. 기존의 축산 농가들은 친환경축산 또는 유기축산과 동물복지를 완전히 다른 개념으로 인식하고 있기 때문에 아직은 동물복지에 대해 부정적인 인식을 가지고 있다. 양계 및 양돈을 통해서 이익을 추구하는 농가의 입장에서는 재정 및 노동력의 소요를 감수하면서까지 동물들에게 도의적인 편의 및 복지를 제공할 필요성에 대하여의문점을 가지고 있기 때문이다. 이러한 동물복지에 대한 축산 농가들의 부정적인 인식과 생산성을 개선하기 위해서는 새로운 수익모델로서의 동물복지를 장려하고 이에 대한 의식을 확산시킬 수 있는 대책마련이 필요하다.

(1) 일반양돈장/동물복지형 양돈장의 경제성 분석

- 동물복지 법령의 강화에 따른 돼지 생산비에 미치는 영향에 대해 Burnett 등 (2003)은 동물복지가 돼지 생산비에 미치는 영향을 연구하였다. 돼지를 집중적으로 사육하는 유럽연합(EU)의 복지 기준은 지난 몇 년간 꾸준히 강화했으며 앞으로도 계속 유지될 전망이다. 이러한 복지 기준의 강화에 따른 비용의 증가를 평가하는 것이 중요하다. 본 연구의 목적은 동물 복지에 대한 기준이 다른 다양한 사양 시스템에서 돼지를 기르는 것의 수익성을 추정하는 것이다. 사양 시스템의 모델은 전체 슬러리 방식(EU 장소 요구 조건의 최소화를 충족, Directive 91630/EEC), 부분 슬러리 방식, 높은 복지의 짚 기반 시스템(UK-based Royal Society의 Prevention of Cruelty to Animals, Freedom Food standards 준수) 그리고 자유 방목 체계에서 돼지의 사육(6-95kg)에 대한 비용을 계산하여 구성하였다. 또한 모델들은 허용된 공간의 잠재적 증가에 대한 결과를 평가하고, 유기적 기준에 따라 돼지 사육비용을 계산하는데 사용되었다. 동물복지 양돈 생산비는 돈방 바닥의 부분 슬러리 방식과 전체 슬러리 방식에서 지육 kg 당 92.6파운드(13만 9천원)과 94.6파운드(14만 2천원)으로 추정되었고, 사료 무제한 공급 방식과 자유 방목 방식의 생산비는 각각 98.8파운드(14만 8천원)와 99.3파운드(14만 9천원)까지 상승했다. 최근 돼지 복지 지침(91/630/EEC) 개정 제안에서 공간 허용량을 60%까지 증가했을 때, 자유방목 체계에서는 비용변화가 없었지만, 완전 슬러리 방식의 경우 kg당 4.6파운드(7천원) 정도 상승되었다. 자유방목 체계에서 유기적 기준에 따라 사육할 경우 31% 더 높았다. 현재, 영국의 높은 복지 제도 하에서 생산된 육류에 대한 가격 프리미엄은 이러한 동물 복지 시스템의 높은 생산비용을 상쇄한다. 장기적으로 수익성을 확보하기 위해서는 이러한 보험료를 유지하는 것이 중요하다.
- 덴마크의 연구자 D'Eath 등 (2016)은 자돈 단미 방식에 따른 동물 복지 농장의 경제성과 윤리적 요인을 분석했다. 꼬리 물기의 발생을 제한하기 위해서 대부분의 유럽 돼지 생산자들은 '단미'를 실시한다. EU의회 규정(Directive 2008/120/EC)에서 원칙적으로 자돈의 단미를 금지하고 최후의 수단으로만 허용하고 있음에도 불구하고 아직은 농장에서의 단미가 시행되고 있다. 이 논문은 4가지 사양 및 관리 시스템의 경제적 결과를 검토하고 법적, 윤리적 측면을 고려하여 동물 복지의 결과를 논의함으로써 지침(Directive)의 의도를 충족시키기 위해 필요한 것을 이해하는 것을 목표로 한다. 4가지 시스템은 ①표준 단미: 덴마크 생산(Danish production) 권장사항(0.7 m²/pig)을 만족시키면서 1/3 바닥 면적은 슬라트, 1/2는 단단한 바닥의 돈방으로 설계된 관습적인 사양 시스템, ②표준 비-단미: '표준 단미'와 동일하지만 단미를 하지 않는 시스템, ③효율적인 비-단미: 두당 바닥 면적이 0.9 m²이고 하루에 깔집 100g 씩 제공해주고 단미를 하지 않는 시스템, ④강화된 비-단미: 두당 바닥 면적이 1.0m²이고 하루에 깔집 200g 씩 제공해주고 단미를 하지 않는 시스템으로 설정하고 비교했다. 덴마크와 핀란드 돼지 생산 자료에 기초한 의사결정 제안 모델은 지금까지의 일반 단미 시스템인 ①표준 단미가 가장 높은 경제적 마진을 제공했다. ③효율적인 비-단미 시스템이 ①표준 단미 시스템보다 덜 경제적이고 자돈의 꼬리 물기 사고가 많이 발생되었지만 ②표준 비-단미 시스템 보다 효과가 좋았고, ④강화된 비-단미 시스템이 가장 경제적이지 않았다. 돼지의 단미보다 단미를 하지 않은 경우 꼬리 물기 사고가 많이 발생하는 것이 복지에 더 좋지 않지만(고통이 반복되고, 감염 위험이 있기 때문), 농장에 따라서 적절한 조치로 자돈 단미 방식을 중단하는 것이 권장된다. 단미 방식에 따른 추가비용은 주로 두당 면적이 늘어나기 때문에 추가되는 고정 비용과 ③효율적 비단미와 ④강화된 비단미 방식의 매일 투입되는 추가 인건비 때문이었다.

[표 2-1-15] 유럽에서 2012년에 4가지 단미 방식에 따른 비용과 수익성 분석

금전적인 가치	표준 단미 (€/pig)	표준 비-단미 (€/pig)	효율적인 비-단미(€/pig)	강화된 비-단미 (€/pig)
전체 수익	123.93	123.93	123.93	123.93
전체 가변 비용 ^{1,3}	124.86	124.86	126.36	128.87
전체 고정 비용 ^{2,3}	12.71	12.57	13.39	14.46
총 이윤	-0.93	-0.93	-2.43	-4.94
순 이익	-13.64	-13.50	-15.82	-19.40

¹가변비용: 이유 비용, 사료, 수의사 및 치료비용, 운송 및 홍보, 짚 등 부가물품, 물과 전기, 사체처리, 동물과 다양한 지원요소에 대한 비용; ²고정비용: 고정자본의 이자 및 감가상각, 보험 및 유지보수 및 노동(단미 노동력 포함); ³변동비용과 고정비용에 대한 상세한 수치는 표 2-1-27 과 같다.

[표 2-1-16] 꼬리물기로 인한 잠재적 차이의 유무를 고려하여 계산된 수익을 포함한 변동비용과 고정비용의 세부 항목.

세부 묘사	표준 단미 (€/pig)	표준 비-단미 (€/pig)	효율적인 비-단미(€/pig)	강화된 비-단미 (€/pig)
변동 비용				
이유 비용	58.41	58.41	58.41	58.41
사료	57.36	57.36	57.36	57.36
수의사 및 약품	0.74	0.74	0.74	0.74
운송 및 시장	1.70	1.70	1.70	1.70
짚 등 부가물품	0.17	0.17	0.50 ²	1.00 ¹
전기	1.50	1.50	1.50	1.50
물	0.37	0.37	0.37	0.37
사체 처리	0.27	0.27	0.27	0.27
기타	3.46	3.46	3.46	3.46
동물에 대한 비용	0.29	0.29	0.29	0.29
지원 요소에 대한 비용	0.59	0.59	0.59	0.59
전체 변동 비용	124.86	124.86	125.19	125.69
고정비용				
이자 및 감가상각	8.82	8.82	9.64 ³	10.71 ³
노동비	3.88	3.75 ⁴	4.92 ²	6.92 ¹³
전체 고정 비용	12.71	12.57	14.56	17.43

Sinisalo et al.(2012)와 Udesen(2013)을 기반; ¹짚의 가격은 6 cents/kg (썰린 짚은 돼지마다 200 g/day 만큼 지급되었 다.)이고 슬러리 청소용 노동력은 Maki-Mattila (1998)을 바탕으로 계산하였다. 노동력에는 낚은 짚을 버리고 새 로운 짚을 분배하는 것까지 포함됨; ²강화된 비-단미와 교했을 때, 단순히 돼지마다 100 g/day 만큼의 짚을 주고, 더러 운 짚을 청소할 필요가 없기 때문에 더 저렴할 것이라고 추정했다. 짚 분배에 대한 노동력은 Mattson et al (2004)를 바 탕으로 추정함. ³강화된 비-단미와 두 표준 시스템 사이에 가격 차이는 돈사의 크기가 더 크기 때문이고, 효율적인 비- 단미의 돈사 크기도 중간 사이즈여서 차이가 났다. 돈사의 m² 당 가격은 MAFF (2000)을 참조; ⁴표준 단미와의 가격 차 이는 주어진 노동 임금(Parviainen, 2001)만큼 단미에 발생하는 노동력 차이이다.

- 국내 양돈산업은 1960~1970년대에 부업형으로 10두 내외를 사육하는 농가가 대부분이었으며, 1980년대 초반에는 사육규모가 증가하면서 기존의 재래식 돈사에서 벽돌조 슬레이트 돈사로 변경되고, 급수니플, 자동급이기, 보온등 환경장치 등의 기본적인 양돈 기자재가 일반화 되었다.

[표 2-1-17] 양돈사육시설의 변화

1980년대	1990년대	2000년대
<ul style="list-style-type: none"> ○ 파이프-보온덮개 돈사가 철재 파이프 및 트러스형태의 슬레이트 지붕 돈사로 변화 ○ 자연배기돈사 또는 ON / OFF제어식 환기 ○ 급이는 인력급이→사료급이 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 90년대 중반 유럽형 무창돈사시설 도입 ○ ON / OFF 제어식 환기, 멀티-환기팬(속도조절형) 도입 ○ 파이프라인 자동급이기, 급수기 설치 ○ 스크래퍼 및 슬러리 돈사 보급 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무창돈사의 국산모델 보급 ○ 멀티-팬 국내생산 ○ 한국실정에 적합한 사양시설 개발 ○ 동물복지형 임신모돈 군사 사양장치 개발 및 보급

[자료 : 동물복지 축산농장 시설표준화 및 시설단가설정, 농림축산식품부(2015)]

- 식품의 위생·안전성이 부각되면서 소비자 중심의 생산 및 유통체계로 바뀌고 있고 이 중 사양 관리시설의 경우 동물복지를 고려한 시설 및 사양관리를 소비자들이 소망하고 있다. 양돈산업에 있어 사육형태에서 가장 논란이 되는 동물복지 문제는 모돈 스톨에서의 행동 제한으로 공장형 생산방식에 거부감을 느끼는 소비자들이 많아지면서 이를 개선할 방안을 요구하고 있다. 동물복지형 축산은 환경조건(축사 시설, 사육형태 등)으로 보면 동물의 행동과 습성에 맞추어 동물에게 가해지는 스트레스를 감소시켜, 축산의 생산성을 높이고 안전하고 우수한 축산물의 생산하는 것으로 적절한 환경 설계(행동자유 등)의 적절한 구성에 있다. 물론, 개별 농가 입장에서는 추가적인 시설 투자비와 그로 인한 생산성의 차이 등을 고려한 생산비가 요구된다. 근래에 들어 농림축산식품부에서 추진하고 있는 정책 사업으로 ‘시설현대화’사업으로 ICT 융복합기자재가 많이 설치되고 있다. 국내에서는 임신돈을 사육하는 임신사의 스톨과 분만사의 분만틀이다. 이것을 동물복지시설로 교체하고자 동물복지형 사육시스템으로 임신모돈을 군사 할 수 있는 사양시스템 개발과 분만틀 대체 분만돈 사육시설개발 현장 보급하였다. 또한 사계절에 적합한 육성돈사의 쾌적한 환경을 제공하기 위하여 원치개방 돈사를 무창식 돈사로 환기시스템 방법을 개선하여 생산성 향상, 폐사율 저하 등을 목적으로 추진하였다.



[그림 2-1-25] 임신돈의 군사급이 시스템

[자료 : 동물복지 축산농장 시설표준화 및 시설단가설정, 농림축산식품부(2015)]

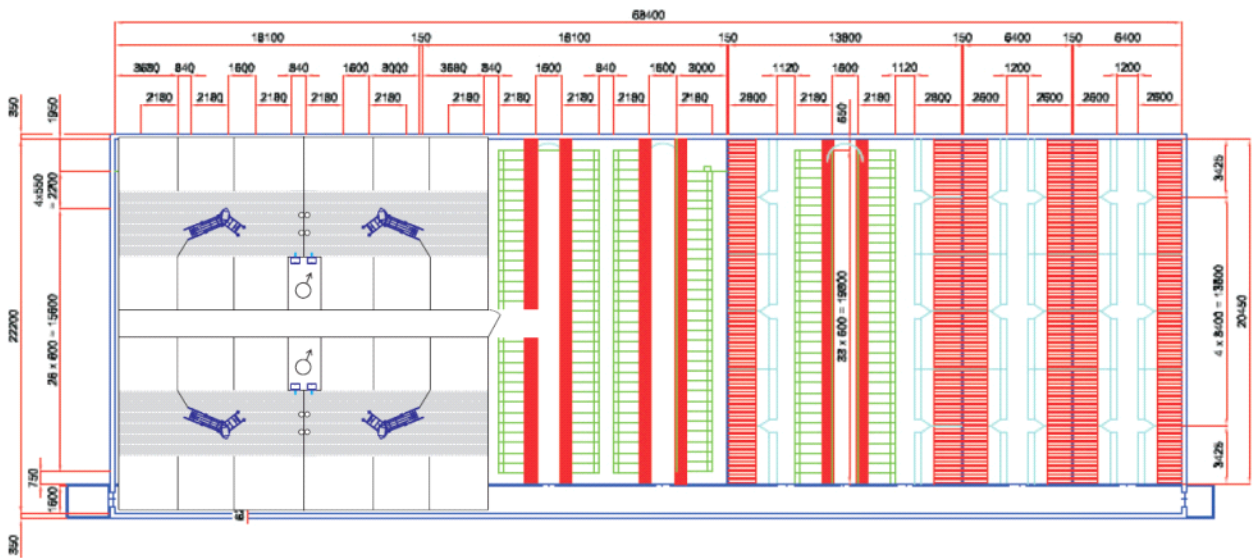
- 동물복지형 모돈급이장치로는 군사형 전자제어식 모돈 사양관리 시스템은 평균 모돈 40~45두 정도의 관리를 할 수 있는 규모로 구성되어 있다. 따라서 모돈 돈방은 동물복지형에 준하는 1.3배 정도의 공간을 마련하여 주는 것이 필요하며 사육 기간은 군사형 돈방으로 이동하는 임신돈은 임신진단(인공수정후 4주)후부터 분만 1~2주전까지 사육하게 된다. 일반적으로 현재 RFID(Radio-Frequency Identification)를 이용한 기술은 생활 주변에서 많이 볼 수 있는 기술로 대부분 전자식으로 관리를 하고 있는데 주로 개체번호, 급이량 조절 등으로 이루어진다. 이때 초산돈과 경산돈 모두 이 시스템에 적용시키는데 3~5일정도면 충분히 적용이 가능하다. 현재 양돈분야에서 국내에 도입되어 있는 임신 군사 사양장치는 외국 시스템은 7개 전후 시스템을 수입업체가 도입하여 국내에 보급하고 있으며, 국내에서는 1~2업체에서 개발한 시스템을 개발, 보급하고 있는 상황이다. 그런데 중요한 것은 군사 사양장치는 농가에 설치할 때 최소 설치 대수 및 사육 두수를 먼저 정해 줄 필요가 있다. 여러 가지 실험이나 연구 결과를 종합해 보면 임신 군사 사양장치 1대가 관리할 수 있는 임신두수는 40~50두 가장 적합한 것으로 알려져있다. 그러나 최대 사육두수보다는 최적의 사육두수가 적합하므로 40두가 적합하다고 하겠다. 따라서 우리나라 전업규모를 최소 1,000두 이상으로 볼 경우 농가에 필요한 임신 군사 사양장치 설치대수는 2대가 최소 기준이 되어야 한다. 따라서 임신 군사 사양장치는 농가에서 설치할 때 최소 2대 이상 설치하는 것을 기준으로 보조금을 산정하여야 한다. 국내에서 전업규모의 생산성을 고려하여 사육규모를 기초로 컴퓨터 설치 및 프로그램 구입 등을 고려하여 사육두수 2,000두(모돈 200두)의 농장을 기초로 하여 설치 단가는 사양장치 및 제어프로그램, 컴퓨터와 설치훈련비를 포함하여 4대 설치시 1대당 1,200만원으로 산정하였으며, 산정한 시설 재료는 스테인레스 스틸 제품을 제시하였다[자료 : 동물복지 축산농장 시설표준화 및 시설단가설정, 농림축산식품부(2015)].

[표 2-1-18] 임신모돈 사육시설의 단가

구분	설치대수[단위:천 원]		비고
	1대	4대	
군사사양장치	10,000	8,000	일반자재일 경우 아연, 용융도금시 1,000천원 두가
제어판	2,000	1,500	
프로그램, 컴퓨터 등	2,000	1,500	
설치 및 훈련비	2,000	1,000	
계	16,000	12,000	

[자료 : 동물복지 축산농장 시설표준화 및 시설단가설정, 농림축산식품부(2015)]

- 현재 국내에 보급되어 있는 분만돈방의 크기는 평균적으로 가로 150~210 cm, 세로 205~270cm전후, 분만틀의 크기는 평균적으로 가로 65~70cm, 세로 205~210cm 전후의 규격제품이 대부분 차지하고 있다.



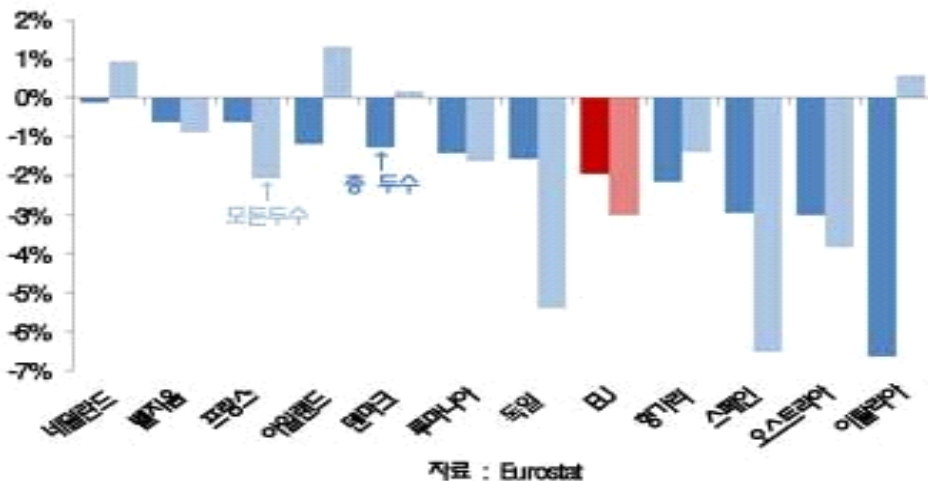
[그림 2-1-26] 임신돈의 군사돈방 설계서(예시)

- 우리 정부의 첫 번째 복지형 축산지향 규제내용은 축사 내 암모니아 농도와 양돈장의 모돈스톨 사육시설로 2019년 6월부터 시행하는 것을 기본안으로 제시하였다.

[표 2-1-19] 동물복지형 사육기준 및 적용시기(안)

구분		2018년	2019년	2025년
공통	축사내 암모니아 농도(기준없음→25ppm이하)		25	20
돼지	임신돈 고정틀 사육제한(기준없음→수정후 4주)		신규	기존
	임신돈 사육밀도(1.4m ² →2.25)		신규	기존

- 동물 복지형 기준을 축산농가에 적용하기 위해 2018년 2월에 기준을 확정하고 2019년 6월 시행을 목표로 축산업 하위 법령 개정 추진중이다(추진일정) 동물복지 기준 확정(18.2월) → 입안 및 관계기관 협의(18.5월) → 공포(18.12월) → 시행(공포 후 6개월 19.6월).
- EU- 모든 스톨 사육 금지, 2001년 합의 후 2013년 1월부터 시행
- 유럽연합은 2001년 모든 스톨사육 금지를 합의후 2013년 1월부터 시행하는 것으로 제정하였다. 2013년 2월에는 25% 모든은 스톨에서 사육되었다. 독일과 프랑스, 스페인 등 유럽연합(EU)회원국 많은 양돈 농가들이 2013년 1월 1일자로 발효된 유럽연합의 동물 복지 규정을 준수하지 못하는 것으로 밝혀지고 있다. EU지역에서 사육중인 1천 200만두의 모든 중 4분의 1이 아직도 ‘스톨(stall)’에서 사육되고 있다. 스웨덴과 룩셈부르크 같은 국가들은 유럽연합의 금지조치 발효에 앞서 이를 금지하였다. 영국 역시 1999년부터 스톨의 사용을 금지하였다. 유럽연합 회원국 중 오스트리아와 불가리아, 에스토니아, 라트비아, 룩셈부르크, 루마니아, 슬로바키아, 스웨덴, 영국 등 총 10개국 이 금지조치의 이행 마 감시함을 준수하였다. 몰타와 헝가리 역시 이후 이 금지조치를 이행했다고 밝혔다. 그러나 EU집행위에 제출한 자료에 따르면 프랑스와 같은 대규모 양돈 국가에서 불이행 비율 이 높았다.
- 유럽위원회 통계청(Eurostat)은 2013년 9월 6일, 주요 양돈 생산국 14개국의 돼지 사육두수를 발표하였다. 유럽연합 집행위원회에서 이 조치로 인해 2014년이면 EU의 돼지고기 생산이 5% 감소할 것으로 예상된다고 밝혔다. 2013년 9월 모든의 스톨 사육 금지후 유럽연합 전체 모든두수는 전년대비 2.7% 감소하였다. 유럽연합(EU)에서는 돼지에 대한 복지(Animal Welfare ;AW) 규제가 강화되고 2001년 8월에 결의된 이사회 지침(2001/88/EC)에 따라 2013년 1월부터 임신모돈의 스톨 사육이 금지된 규제강화로 번식 모돈이 감소 경향이 통계로 나타난 것이다. 2013년 6월 기준 EU의 총 사육두수는 전년 대비 1.4% 감소했다. 특히 번식 모돈은 동 2.7% 감소하면서 돈가는 급등하였다.



[그림 2-1-20] EU 주요 국가의 돼지 사육두수와 모돈두수 전년대비 증감율

(자료 : Eurostat, 2013년 5/6월 기준)

- 미국은 2015년 현재 51개주 중 9개 주가 모든 스톨 사육을 금지를 결정하였다. 그러나 9개주는 모두 축산업이 중요하지 않은 미대륙 서부, 동부, 남부해안 지역의 주로서 양돈 산업에 큰 영향을 주지 못했다. 2017년 말 현재 미국 양돈 산업은 약 76% 모돈이 스톨 사육되고 있고 24% 모돈이 그룹 사육 방식으로 사육되고 있는 것으로 추정되고 있다. 지

방정부별로는 플로리다 주는 거의 250만명의 유권자들이 2002년 11월 선거에서 임신용 스톨사육을 금지하였다. 플로리다는 다음 6년 동안 유예한 후 2008년 이후 발효되었다. 2006년에 애리조나 유권자의 61%는 모든 스톨 사육 금지 조치에 찬성하여 플로리다 주에 이어 두 번째 주가 되었고 이 금지령은 2012년에 발효되었다. 2008년 캘리포니아 주는 송아지 케이지, 암탉 사육케이지와 모든 스톨 사육금지를 가결한 후 7년 뒤 2015년부터 시행되었다. 2008년에는 콜로라도에서 법으로 금지되었으나 주 정부는 10년 동안 단계적으로 스톨을 폐기하였다. 2009년 메인 주(Maine)는 임신 모든 스톨 사육금지 조치를 가결했으나 2011년에 발효되었다. 미시간 유권자들은 제니퍼 그랜 홀름(Jennifer Granholm) 전 총재의 서명으로 2009년에 임신 모든스톨 사용을 금지하였다. 현재 주 정부는 스톨을 단계적으로 폐지하고 있다. 2010년에 오하이오 주에서는 동물 복지 협약(Oxio Animal Welfare Agreement)에서 암탉을 위한 배터리 케이지와 함께 모든스톨과 송아지 케이지를 단계적으로 폐지하기로 결정하였다. 오레곤주는 2007년에 모든 스톨 사육을 금지하기로 결정했고, 2013년에 금지조치가 발효되었다. 2012년 모든 스톨 사육을 결정한 이후 단계적으로 폐지 중이다. 그 이유미국의 동물복지 운동가들이 제안한 오레곤주의 11월 선거 공약에 모든에 대한 스톨과 목걸이 사용 금지조항을 넣을 것에 대한 요청이 거부되었다. 이 요청을 받아들이기 위해서는 66,786명의 서명이 필요하였으나 이 숫자를 채우지 못했던 것이다. 미국의 돈육 생산자 단체의 포럼이 열린 2012년 3월 둘째주, 생산자들은 동물복지단체가 주장하는 모든의 복지를 위해 개별로 사육하는 스톨 철폐 강요에 대해 그 결정은 생산자들이 사육하는 돼지의 특성과 자기 농장의 시설 특성에 따라 사육방식을 결정할 것이라고 증론을 모았다. 미국의 맥도날드 등 대형 프랜차이즈 식당들이 2020년 이후는 모든 스톨 사육 농장의 돼지고기는 구매하지 않겠다고 선언한 2012년 5월 현재, 미주리대학이 미국의 70대 대형 양돈 업체를 조사한 결과 전체 모든의 83%는 스톨에서, 17% 모든은 그룹으로 사육되고 있었다. 70대 대형 양돈장은 미국 전체 모든두수의 62.6%인 모든 360만두를 사육하고 있다. 미국 스미스필드 푸드사는 현재 미국의 자사농장의 모든 스톨 70%이상을 그룹관리시스템으로 바꾸었고 2013보다 20% 증가했다고 발표했다. 스미스필드푸드사의 양돈 생산자회사인 머피브라운사는 2014년도 말까지 71.4%라는 큰 비율로 늘었다고 발표했다. 스미스필드사는 해외의 양돈장도 2022년까지 모든 시설을 모두 군사시스템으로 바꾸는 것을 목표로 하고 있다. 폴란드(아그리플러스사)와 루마니아(스마스필드 페룸사)는 이미 군사시스템을 도입하고 있다. 또한 스미스필드사가 주도하는 멕시코에 있는 글래양스 카를 디 멕시코사(GCM)와의 합작 사업에서도 2022년까지 단계적으로 임신스톨을 폐지할 계획이다. 스미스필드사는 스톨을 그룹 사육으로 전환시키는데 약 3억5천만달러의 비용이 소요된 것으로 추정했다.

- 세계 양돈산업의 대규모 생산체제를 갖추면서 보다 안전하고 소비자 친화적인 식품을 요구하는 소비자들의 요구가 높아지고 있다. 따라서 유럽을 중심으로 돼지 사육단계에서부터 친 소비자 적이고 안전한 돼지고기 생산을 위한 각종 기준이 설정되고 법제화가 되었다. 유럽과 미국을 중심으로 한 각종 기준과 미국의 GAP(Good Agricultural Practices)와 유기 돈육 인증기준도 함께 비교하였다(표 2-1-31).

[표 2-1-21] 돈육 생상품의 특색 : 음식의 안전성, 시설, 관리, 법령준수

특징		EU	영국표준	동물복지인증	미국GAP (안전식품기준)	미국 유기농인증
식품의 안전성	항생물질 FREE	치료한정	치료한정	치료한정	O	O
	락토파민 FREE	O	O	O	O	O
	동물성사료원료 FREE	X	X	O		O
	베지테리언 사료 (어류X, 우유O)	X	X	X	O	X
사육 시설	스톨 FREE	교배 후 일정시기	O	O	O	O
	분만틀 FREE	X	X	O	O	O
	짚	X	X	O	O	O
	돈사 외 나갈 수 있는 공간	X	X	X	O / X	O
	바닥 슬라트 %제한	O	O	X	O	X
	바닥 슬라트 타입제한	O	O	X	X	X
사육 관리	사육밀도	O	O	O	X	X
	이유일령	O	O	O	O	X
	절치, 꼬리 자르기	X	O	O	O	X
법령	사육과정 보증	X	X	O	O	O

※ 주 : O는 적용, X는 비적용

○ 한편, 돼지 사육단계에서 임신사 스톨과 분만틀 없이 사육하기 위한 시설비 투자는 비육돈 1두당 13.46달러, 동물복지 인증을 위한 사육비용은 17.01달러, 미국 GAP인증은 두당 25.64달러 더 생산비가 높아진다고 미국 돈육생산자단체(NPPC)는 분석하였다.

[표 2-1-22] 부가가치생산 비용증가(1두당)

스톨 FREE	동물복지인증	미국GAP
한화 15,773원 (미화 \$13.46)	한화 19,934원 (미화 \$17.01)	한화 30,047원 (미화 \$25.64)

○ 모돈을 임신기간 중에 한칸에 1두씩 수용하는 스톨 사육방식과 임신기간 중 모돈을 20~60두씩 한 돈방에 수용해 동시에 사료를 바닥에 급여하거나 사료를 개체별로 양을 조절해 급여하는 전자식 급여방식을 사용하는 그룹 사육방식이 세계 양돈 산업의 논쟁거리이다. 미국 미네소타 대학에서 스톨과 전자식 그룹 사육방식을 비교한 시험(Gestation Sow Housing System : Which is best?)은 모돈 800두 사육규모 농장에서 3년간 비교 시험을 실시하였. 임신모돈 수용시설의 절반은 스톨방식, 나머지 절반은 한돈방당 수용두수가 많은 대그룹(25두)과 적은 소그룹(6두)의 그룹 사육방식이었다. 모돈 품종은 단일 종돈 업체에서 계속 후보돈을 공급 받았다. 스톨, 그룹 사육 2개방식 간에 복당산자수, 이유두수, 발정 재귀일령 등 번식성적 차이는 없었다.

[표 2-1-23] 모돈의 스톨과 그룹 사육방식 비교

항목	스톨사육	그룹사육	
		대그룹(25두)	소그룹(6두)
사육 모돈두수	326	338	156
돈방당 수용두수	1	25	6
평균 산차	3.82	3.89	3.05
번식 성적			
복당 총 산차수	13.1	13.2	13.1
복당 실 산차수	12.1	12.5	12.2
생시 사산두수	0.85	0.69	0.88
복당 이유두수	10.3	10.2	10.1
모돈 발정 재귀일	5.2	5.6	5.4

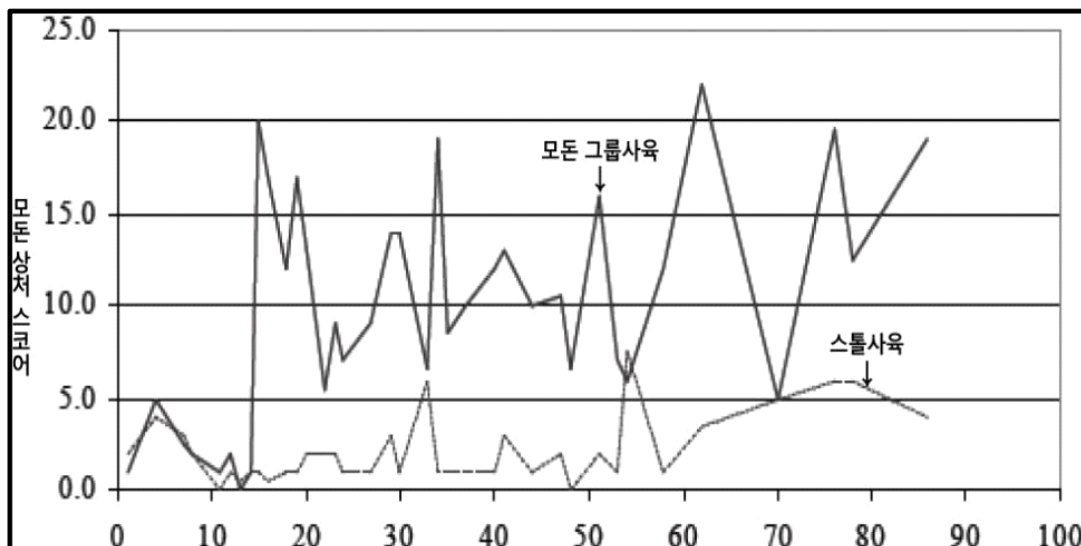
(자료 : Johnston and Li, 2013 JAS)

- 그룹 사육방식의 모돈 공격성을 보이는 투쟁은 처음 입식시와 사료 섭취 시간이었다. 덩치가 큰 모돈의 공격이 심했다. 특히 서로 물리는 상처와 외음부를 물어뜯기는 상처가 대표적이었다. 그러나 발과 다리의 상처 두수가 많아서 제대로 걸지 못하는 모돈 두수가 스톨사보다 많았다. 특히 그룹사육 모돈의 도태비율이 스톨사보다 높았다. 스톨사육 모돈 도태율은 9.2%인데 비해 대그룹사육모돈은 15.8%, 소그룹사육 모돈은 11.7%였다.

[표 2-1-24] 모돈의 스톨과 그룹 사육방식의 시험기간 중 도태두수

항목	스톨사육	그룹사육	
		대그룹(25두)	소그룹(6두)
시험 시작두수	326	335	154
시험 종료두수	296(90.8%)	282(84.2%)	136(88.3%)
모돈 도태두수	30(9.2%)	53(15.8%)	15(11.7%)
도태두수	27	48	13
폐사두수	3	5	5

- 두가지 임신모돈 사육시설 비교시험 결과는 그룹 사육시설 모돈의 상처스코어, 스트레스 홀몬, 모돈의 공격성 등이 스톨사 사육모돈보다 높았다.



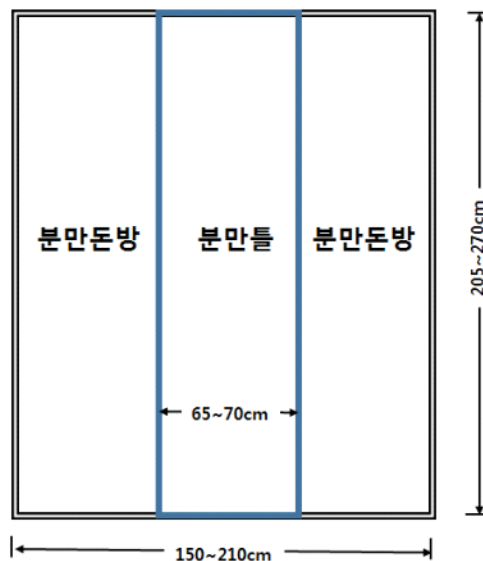
[그림 2-1-28] 스톨사와 그룹 사육사의 임신기간 중 90일간의 모돈 상처스코어 비교

- 임신기간 중 등지방두께와 체중의 변화는 두 가지 시스템 간 차이는 없다. 그룹 사육방식으로 사육된 모돈이 분만사로 입식 시 체형이 스톨사 모돈보다 더 이상적인 체평점을 보였다. 그러나 두 시스템의 분만율, 산자수, 생시사산율은 차이가 없었다. 그러나 그룹 사육은 모돈은 분만틀 입식시와 초기 포유기간 중에 불안정한 행동을 보였다. 분만틀에 익숙하지 않기 때문이었다. 스톨사 모돈의 어깨상처 빈도가 그룹사육 모돈보다 많았으나 모돈 도태 비율은 그룹사육 방식이 스톨보다 더 높았다. 주요 도태원인은 다리부상 때문이었다.

[표 2-1-25] 모돈의 스톨과 그룹사육방식의 도태사유

항목	스톨사육	그룹사육	
		대그룹(25두)	소그룹(6두)
유산	5(16.7%)	4(7.5%)	2(11.1%)
비유불량	9(30.0%)	9(17.0%)	1(5.5%)
번식성적 불량	10(33.0%)	13(24.5%)	3(16.7%)
체평점 불량	-	2(3.8%)	3(16.7%)
보행 불량	-	3(5.7%)	
투쟁으로 상처	-	10(18.9%)	
기타사유	4(13.3%)	6(11.3%)	
폐사	2(6.7%)	4(7.5%)	
안락사	-	2(3.8%)	
합계	30(100%)	53(100%)	18(100%)

- 연구결과에서 어느 시스템이 더 우수 하다고 판정하기는 어려웠다. 스톨사는 다른 모돈과의 투쟁을 방지하는 장점은 있으나 모돈 행동을 과도히 제한하고 임신말기 사고 유발 가능성이 높다. 보다 크기가 큰 스톨시설 디자인이 필요해 보인다. 그룹 사육방식은 모돈이 자유롭게 행동할 수 있는 공간을 제공하지만 특히 초기 입식 시, 투쟁이 심하고 스트레스 홀몬 농도도 스톨사보다 높았다. 그룹 사육시설을 보다 소그룹 단위로 디자인 하는 등의 개선이 필요하다. 유럽과 미국의 모돈 스톨의 그룹사육 전환 과정 조사 결론은 생산자보다는 소비자를 위한 조치로 생산자의 입장에서는 생산성의 향상 없이 생산비를 높이는 부담이 크다. 또한 스톨사육보다 그룹사육 모돈이 더 스트레스를 받는 것으로 보인다. 그룹사육으로의 전환은 선행 각국이 최소한 10년간의 유예기간을 주고 있다.



[그림 2-1-29] 분만돈방과 분만틀의 크기

[자료 : 동물복지 축산농장 시설표준화 및 시설단가설정, 농림축산식품부(2015)]

○ 분만기간 동안의 모든의 행동자유를 위한 대체 사양시설로 기존의 돼지새끼를 위한 분만틀을 적게 하였으나, 동물복지형 분만틀은 자돈보다는 분만모돈의 행동자유에 비중을 높게 둔 것이 특징이다. 일반적으로 분만모돈의 행동이 자유로우면 새끼자돈이 압사되는 비율이 상당히 늘어날 것이 염려되나 실제 사육결과를 보면 12두 사육시 1두 이내의 압사율 정도(10%) 차이밖에 나지 않아 동물복지형 시설로 설치가 되고 있다. 현재 대체형 분만틀은 한 가지 방향으로 돌아가는 시설과 분만틀 자체를 크게 한 시설로 나눌 수 있다. 분만틀 대체시설은 현재 국내에 도입되어 있는 외국의 시스템은 없으며, 국내에서는 농촌진흥청 국립축산과학원에서 개발 보급하고 있는 분만틀 대체 사양시설이 있다. 현재 양돈농장 동물복지 인증기준을 받은 농장도 자체적으로 제작 설치한 분만틀 재료로 분만틀 대체 사양시설 기준은 정부에서 농가에 혼란이 오지 않게 기준시설을 설정하여 보급할 필요가 있다. 따라서 단가 제시는 현재 양돈농장의 분만틀의 외형을 변경하지 않고 설치할 경우를 기준으로 하였다. 분만틀 대체 사양시설은 분만 외형틀 및 분만틀과 설치비를 포함하여 농가에서 설치할 때 축사표준설계도 및 농장에 설치되어 있는 분만모돈의 경우 한돈방에 사육되고 있는 분만모돈은 거의 대부분 10두이므로 최소 기준 10대를 기준으로 산정하였다. 따라서 농가의 분만틀 대체시설 설치시 지원단가는 10대 설치를 기준으로 지원해 줄 필요가 있으며 분만틀 대체 사양시설 지원단가는 10대 설치 기준으로 110만 원으로 산정되었다.



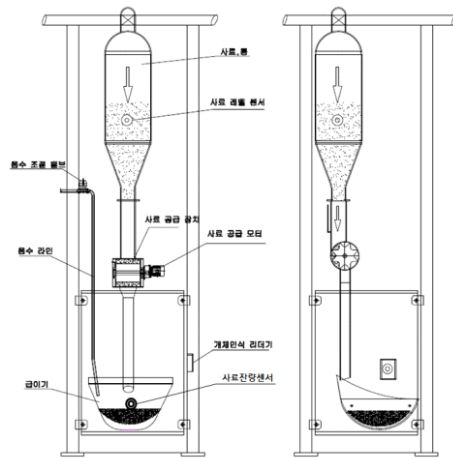
[그림 2-1-30] 일반 및 대체분만틀 시설

[자료 : 동물복지 축산농장 시설표준화 및 시설단가설정, 농림축산식품부(2015)]

[표 2-1-26] 분만틀 대체사육시설

구분	설치대수(10대)[단위:천원]	비고
분만 외형틀	700	분만틀의 규모에 따라 약간 상이
분만스톨	150	
기차(설치비)	50	
계	900	

[자료 : 동물복지 축산농장 시설표준화 및 시설단가설정, 농림축산식품부(2015)]



[그림 2-1-31] 포유모돈의 자동 급이기

[자료 : 동물복지 축산농장 시설표준화 및 시설단가설정, 농림축산식품부(2015)]

○ 돼지의 귀에 부착된 RFID 센서를 이용하여 포유모돈 자동 급이기를 활용하면 되며 군사장치 없는 농가에서는 접근센서를 이용하여 자동급이기를 활용하도록 하였다. 또한 사료급여량 뿐만 아니라 음수량도 제어가 가능하도록 설계하여 자돈에 모유를 공급하는 포유기에 증가하는 물 요구량을 제어할 수가 있다. 임신사에서 임신돈 군사 장치에 활용되는 관리 프로그램에 포유모돈 자동 급이기를 포함하도록 하여 임신돈 군사장치 프로그램 하나만으로 모돈의 급이기를 모두 제어할 수 있으며, 급여량 설정은 급이기 1회전 시 약 100g 정도(문제점 : 50g단위로 변환시도) 투입되도록 하며 일일 급여횟수는 농가현장의 의견에 따라 최대 10회까지 가능하며, time interval feeding 기능을 삽입하여 시간대별로 급여량을 설정할 수 있다. 즉 하루 24시간을 최대 10회로 나누어 사료를 급여하도록 하게 하여 포유돈이 사료를 최대한 섭취할 수 있다. 포유돈 자동급이 장치는 외국에서는 3~5가지 시스템으로 개발되어 있으며, 국내의 3~5개 수입업체가 도입하여 국내에 보급하고 있지만 보급 실적은 미미한 편이다. 또한 국내에서는 2~3업체에서 자체적으로 포유돈 자동급이 시스템을 개발, 보급하고 있는 실정이다. 포유돈 자동급이 시설설치 기준은 전업규모를 기준으로 포유돈 30두를 기준으로 정하였다. 포유돈 자동 급이시설은 사료공급 모터 및 공급장치, 급이기 외에 특히 중요한 RFID 칩 및 제어기를 포함하여 대당 45만 원으로 산정하였다.

[표 2-1-27] 포유돈 사육시설의 단가

구분	설치대수[단위:천 원]		비고
	30대	50대	
사료공급모터	60	50	일반자재일 경우 아연, 용융도금시 1,000천원 두가
사료공급장치	100	100	
급이기	70	50	
사료통	60	50	
RFID, 센서	80	80	
제어판	60	50	
기타(설치비)	20	20	
계	450	400	

[자료 : 동물복지 축산농장 시설표준화 및 시설단가설정, 농림축산식품부(2015)]

[표 2-1-28] 동물복지형 양돈장의 인증기준

구분	인증기준																											
① 관리자 의무 및 준수사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 문서화 및 기록유지 <ul style="list-style-type: none"> - 동물의 입식·출하 현황 - 사료 섭취량 및 음수량, 돈사 내 일일 최고 및 최저 온도 - 깔짚 소요내역 및 구입 증빙자료 - 질병예방 프로그램,약품, 백신 구입·사용내용 및 질병관리 현황 - 돼지의 건강상태 등 점검 내용 - 출하량 및 운송차량, 출하처 별 거래내역 등 																											
② 건강관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 돼지고기 이력제 등 농장 이력 추적이 가능한 시스템에 참여 ○ 매일 1회 이상 돼지의 건강 상태 등 점검 ○ 이상행동, 질병 및 부상 등 발견 시 격리실에 격리·치료 																											
③ 급이 및 급수	<ul style="list-style-type: none"> ○ 매일 충분한 사료와 물 제공 ○ 급이기 기준 <ul style="list-style-type: none"> - 칸막이가 있는 급이기 : 1개의 급이공간 당 최대 10마리 등 ○ 급수기 기준(수질은 1년에 1회 이상 정기 검사) <ul style="list-style-type: none"> - 1개의 급수공간 당 최대 10마리 																											
④ 준수사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ (군사) 군사사육 원칙, 수정 후 4주까지 스톨 사육 허용 ○ (단미) 돼지의 단미 금지, 수의사가 처방하는 경우에만 허용 ○ (발치) 송곳니 발치·절치 금지, 연삭만 허용 ○ (거세) 7일령 이후 외과적 거세는 수의사만 실시 ○ (도태) 수의사 또는 두부 타격·기절 후 방혈만 허용 																											
⑤ 사육밀도 및 사육시설(환경)	<ul style="list-style-type: none"> ○ (소요면적) 사육단계별 휴식공간 및 소요면적 설정 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">체중, kg</th> <th style="text-align: left;">최소휴식공간면적(m²)</th> <th style="text-align: left;">최소소요면적(m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10이하</td> <td>0.1</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>10~20미만</td> <td>0.13</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>20~30미만</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>30~60미만</td> <td>0.36</td> <td>0.55</td> </tr> <tr> <td>60이상</td> <td>0.66</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>후보돈</td> <td>0.92</td> <td>2.3</td> </tr> <tr> <td>임신돈</td> <td>1.3</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>옹돈</td> <td>-</td> <td>6.8</td> </tr> </tbody> </table> ○ (깔짚) 후보돈, 임신돈의 휴식공간에 깔짚 제공 의무화 ○ (분만실) 분만 5일 이후 최소한 한방향으로 돌 수 있는 구조 ○ (격리실) 충분한 수와 적합한 위치의 격리실 설치 ○ (조명도·암모니아) 최소 40lux 이상, 25ppm 이하 	체중, kg	최소휴식공간면적(m ²)	최소소요면적(m ²)	10이하	0.1	0.15	10~20미만	0.13	0.2	20~30미만	0.2	0.3	30~60미만	0.36	0.55	60이상	0.66	1.0	후보돈	0.92	2.3	임신돈	1.3	3.0	옹돈	-	6.8
체중, kg	최소휴식공간면적(m ²)	최소소요면적(m ²)																										
10이하	0.1	0.15																										
10~20미만	0.13	0.2																										
20~30미만	0.2	0.3																										
30~60미만	0.36	0.55																										
60이상	0.66	1.0																										
후보돈	0.92	2.3																										
임신돈	1.3	3.0																										
옹돈	-	6.8																										

[표 2-1-29] 2018년 비육돈 생체 100kg당 생산비(단위 : 원)

사육규모 비목	1,000두미만	1,000 ~1,999	2,000 ~2,999	3000두이상	평 균	구 성 비(%)
가축비	113,832	92,845	64,880	60,949	73,268	25.8
사료비	152,611	149,708	143,699	142,575	145,205	51.0
수도광열비	4,456	4,334	4,107	3,997	4,130	1.5
방역치료비	7,451	8,576	7,870	9,860	9,015	3.2
자동차비	1,870	993	810	981	1,038	0.4
(감가상각비)	1,601	892	719	682	819	0.3
(수리유지비)	269	101	69	174	150	0.1
(임차료)	0	0	22	125	69	0.0
농구비	10,205	6,791	5,151	5,000	5,941	2.1
(감가상각비)	9,485	6,054	4,673	4,325	5,235	1.8
(수리유지비)	389	394	367	570	481	0.2
(임차료)	6	89	8	34	39	0.0
(소농구비)	325	254	103	161	186	0.1
영농시설비	7,183	8,100	6,100	7,465	7,328	2.6
(감가상각비)	4,845	4,125	3,712	4,544	4,339	1.5
(수리유지비)	2,330	3,892	2,299	2,921	2,956	1.0
(임차료)	8	83	89	0	33	0.0
기타재료비	1,839	1,407	857	2,012	1,667	0.6
차입급이자	2,250	2,119	2,203	3,566	2,902	1.0
토지임차료	325	17	11	0	36	0.0
고용노동비	5,987	8,511	9,660	13,212	10,933	3.8
분뇨처리비	8,301	9,108	7,996	7,001	7,735	2.7
생산관리비	1,354	1,399	1,069	1,449	1,363	0.5
기타비용	789	1,056	883	1,992	1,488	0.5
소 계 (A)	318,453	294,964	255,326	260,149	272,049	95.6
자가노동비	24,652	10,689	5,103	3,001	6,660	2.3
자본용역비	6,506	5,988	4,702	4,375	4,964	1.7
토지용역비	1,286	904	953	801	896	0.3
비용합계(B)	350,897	312,508	266,084	268,326	284,569	100.0
부산물수입(C)	356	37	63	239	178	
경영비(A-C)	318,097	294,927	255,263	259,910	271,871	
생산비(B-C)	350,541	312,508	266,021	268,087	284,391	
판매시체중(kg)	114.0	112.9	113.0	114.0	131.6	

[자료 : 2018년 축산물생산비조사, 통계청]

[표 2-1-30] 2018년 비육돈 마리당 사육비

사육규모 비목		1,000두미만	1,000 ~1,999	2,000 ~2,999	3000두이상	평 균	구 성 비(%)
일 반 비	가축비	129,769	104,841		69,506	83,240	25.8
	사료비	173,976	169,050	72,289	162,592	164,967	51.0
	수도광열비	5,080	4,894	162,322	4,558	4,692	1.5
	방역치료비	8,494	9,684	4,639	11,244	10,242	3.2
	자동차비	2,132	1,121	8,890	1,118	1,179	0.4
	(감가상각비)	1,825	1,007	915	778	931	0.3
	(수리유지비)	301	114	812	198	170	0.1
	(임차료)	0	0	78	142	78	0.0
	농구비	11,634	7,669	25	5,805	6,749	2.1
	(감가상각비)	10,813	6,836	5,819	4,932	5,948	1.8
	(수리유지비)	443	445	5,279	650	546	0.2
	(임차료)	7	101	415	39	44	0.0
	(소농구비)	371	287	9	184	211	0.1
	영농시설비	8,188	9,147	1166,891	8,513	8,326	2.6
	(감가상각비)	5,523	4,658	4,193	5,182	4,930	1.5
	(수리유지비)	2,656	4,395	2,597	3,331	3,358	1.0
	(임차료)	9	94	101	0	38	0.0
	기타재료비	2,096	1,589	968	2,294	1,894	0.6
	차입금이자	2,565	2,393	2,488	4,067	3,297	1.0
	토지임차료	370	19	12	0	41	0.0
	고용노동비	6,825	9,611	10,946	15,067	12,421	3.8
분뇨처리비	9,463	10,285	9,032	7,984	8,788	2.7	
생산관리비	1,543	1,580	1,208	1,652	1,548	0.5	
기타비용	900	1,192	997	2,272	1,691	0.5	
소 계	363,035	333,075	288,416	296,672	309,075	95.6	
자가노동비	28,103	12,070	5,765	3,423	7,566	2.3	
자본용역비	7,417	6,762	5,312	4,989	5,639	1.7	
토지용역비	1,466	1,021	1,077	914	1,018	0.3	
비용합계	400,021	352,928	300,570	305,998	323,298	100.0	

[자료 : 2018년 축산물생산비조사, 통계청]

[표 2-1-31] 돼지 사육규모에 따른 비육돈 두당 평균 수입

비목	사육규모				평 균
	1,000두미만	1,000 ~1,999	2,000 ~2,999	3000두이상	
비육돈 판매수입	375,941	369,846	370,579	368,195	369,696
부산물 판매수입 (구 비 판 매)	406	42	71	273	202
기 타 수 입	3838	1,854	1,347	1,561	1,800
계	380,185	371,742	371,997	370,029	371,698

[자료 : 2018년 축산물생산비조사, 통계청]

[표 2-1-32] 돼지 사육규모에 따른 비육돈 두당 평균 수익

비목	사육규모				평 균
	1,000두미만	1,000 ~1,999	2,000 ~2,999	3000두이상	
총 수 입 (A)	380,185	371,742	371,997	370,029	371,698
일 반 비 (B)	363,035	333,075	288,416	296,672	309,075
비 용 합 계 (C)	400,021	352,928	300,570	305,998	323,298
소 득(A-B)	17,150	38,667	83,581	73,357	62,623
순 수 익(A-C)	-19,836	18,814	71,427	64,031	48,400

[자료 : 2018년 축산물생산비조사, 통계청]

□ 일반(관행)양돈장 대비 동물복지형 양돈장의 투자 및 경제성

- 이상철 등(2018)은 ‘동물복지형 축산도입에 따른 경제성 분석에서 국내 일반 양돈농가 사육 밀도 분포는 허가기준에 집중되어 있었으며, 대부분 허가 기준 이상으로 사육하고 있고, 성장단계별로 살펴보면 임신돈의 사육밀도는 최대 1.5m²/두, 최소 1.4m²/두, 평균 1.4m²/두로 나타났고, 자돈의 사육밀도는 경우 최대 0.5m²/두, 최소 0.2m²/두, 평균 0.3m²/두로 보고하였고, 비육돈의 사육밀도는 최대 1.3m²/두, 최소 0.5m²/두, 평균 0.5m²/두라고 보고하였음.

[표 2-1-33] 국내 일반(관행)양돈장 사육밀도

구분	임신돈	자돈	비육돈
등록기준(m ² /두)	1.4	0.3	0.8
조사평균	1.4	0.3	0.8
최소값	1.4	0.2	0.5
최대값	1.5	0.5	1.3

[자료 : 동물복지형 축산도입에 따른 경제성분석, 한국축산경제연구원(2018)]

- 일반(관행) 양돈장이 동물복지형 양돈업으로 전환할 경우 일반(관행) 양돈장대비 투자 및 비용의 증대가 야기됨. 번식돈의 사육시설면에서 토지면적은 일반(관행)양돈장대비 1.36배가 더 소요되고 건물면적은 1.33배, 투자액은 1.20배 및 생산비는 1.03배가 더 소요되는 것으로 조사됨. 또한 비육돈의 사육시설은 토지면적은 1.23배, 건물면적은 1.33배, 투자액은 1.13배 및 생산비는 1.03배 증가하는 것으로 나타남.

[표 2-1-34] 일반(관행)양돈장 대비 동물복지형 양돈장의 투자 및 비용의 증가[단위 : 배]

구분	일반(관행)양돈장 대비 동물복지형 양돈장 투자비용	
	번식돈	비육돈
토지면적	1.36	1.23
건물면적	1.33	
투자액	1.20	1.13
생산비	1.03	

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부]

- 일반(관행) 양돈장대비 동물복지형 양돈장의 수익증가는 2.07배로 수익이 높은 것으로 조사되었지만, 단순히 생산비, 판매비용만을 고려했을 뿐이고, 실제 토지, 건물 등 전체 소요비용을 고려하였을 경우 순수익면에서는 일반 양돈장에 비해 낮음.

[표 2-1-35] 일반(관행)양돈장 대비 동물복지형 양돈장의 수익 증가[단위 : 배]

구분	일반양돈장/동물복지형 양돈장 수익증가
수익배수	2.07

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부]

- 일반(관행) 양돈장대비 동물복지형 양돈장의 생산비는 비교적 높은 것으로 조사됨

[표 2-1-36] 일반(관행)양돈장 대비 동물복지형 양돈장의 생산비

구분	양돈(원/kg)
일반 양돈장 생산비	2,843*
동물복지 양돈장 생산비	2,928

* 관행생산비는 2018년 통계청조사 축산물생산비 자료 활용

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부]

- 일반(관행) 양돈장대비 동물복지형 양돈장의 비용상승 분석결과 토지 및 건물투자액은 26.5% 증가하고, 경영비는 2.7%증가하는 것으로 조사됨. 토지 및 건물등 고정자산에 대한 투자부담이 동물복지형 양돈장의 경우 매우 큰 것으로 조사됨

[표 2-1-37] 일반(관행)양돈장 대비 동물복지형 양돈장의 비용상승분석[단위 : %]

구분	일반양돈장/동물복지형 양돈장 비용 상승
토지면적	136.5
건물면적	137.2
토지·건물투자액	126.5
경영비	102.7

[자료 : 동물복지 축산직불제 도입방안, 농림축산식품부]

양돈장의 생산방식에 따른 농장·유통 및 판매단계 경제성 조사(일괄사육방식)

- 일반(관행) 양돈장/ 동물복지형 양돈장 : 사육규모 6,000두(모돈 500두)

- 일반양돈장대비 동물복지형 추가되는 생산비용을 산정하기 위하여 모돈 500두규모(사육 규모 6,000두) 농장을 표준으로 하여 비교하였음. 양돈장의 토지면적은 일반양돈장의 경우 건물(시설)기준으로 120%로 하고, 동물복지형 양돈장은 건물(시설)기준으로 130%로 산정하였음.

[표 2-1-38] 모돈 500두규모(사육규모 6천두)의 토지소요 면적

구분	시설	기타	계
일반양돈장 농장토지면적	6,1153.73m ² (1,850평)	1,223.15m ² (370평)	7,338.88m ² (2,220평)
동물복지형 양돈장 농장토지면적	9,933.93m ² (3,005평)	2,980.18m ² (902평)	12,914.17m ² (3,907평)

주) 토지면적 중 기타의 면적은 일반양돈장은 20%, 동물복지형 양돈장은 30%를 적용함

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부]

- 토지투자비용 산정은 '19년 현재 돼지를 많이 사육하고 있는 충남을 기준으로 전문가 의견을 수렴하여 평당 100만원을 기준으로 적용하였음

[표 2-1-39] 모돈 500두규모(사육규모 6천두)의 토지 투자비

구분	일반 양돈장		동물복지형 양돈장		마리당 추가소요
	총토지비	마리당	총토지비	마리당	
토지비	222,000만원	370,000원	390,700만원	651,170원	281,170원

* 1평당(3.3m²)당 100만원을 기준으로 적용함('18년기준)

- 시설 투자비용은 모돈 500두규모 일괄사육농장에서 '14년에 수행된 '동물복지 축산직불제 도입방안'에서 제시한 사육단계별 단가기준으로 통계청에서 제시한 물가상승률 7.7%를 반영하여 최소단가와 최대단가를 산정하였음

[표 2-1-40] 일반양돈장 모돈 500두규모(사육규모 6천두)의 단가 및 시설면적

구분	단가	규모	
후보사	178~199 만원	165.29m ²	50평
분만사	235~253 만원	661.16m ²	200평
자돈사	초기	199~221 만원	264.46m ²
	후기	188~210 만원	396.70m ²
임신사	초기	178~199 만원	528.93m ²
	후기	178~199 만원	925.62m ²
육성사	167~188 만원	1,057.86m ²	320평
비육사	156~178 만원	2,115.71m ²	640평
합계		6,115.73m ²	1,850평

주) '14년기준 단가에서 '18년까지 물가상승률 7.7%반영

[표 2-1-41] 동물복지형 양돈장 모돈 500두규모(사육규모 6천두)의 단가 및 시설면적

구분		단가	규모	
후보사		248~269 만원	264.46m ²	80평
분만사		302~323 만원	1,074.39m ²	325평
자돈사	초기	269~291 만원	429.75m ²	130평
	후기	258~280 만원	644.63m ²	195평
임신사	초기	248~269 만원	859.51m ²	260평
	후기	248~269 만원	1,504.14m ²	455평
육성사		237~258 만원	1,719.02m ²	520평
비육사		226~248 만원	3,438.03m ²	1,040평
합계			9,933.93m ²	3,005평

주) '14년기준 단가에서 '18년까지 물가상승률 7.7%반영

[표 2-1-42] 모돈 500두규모(사육규모 6천두)의 일반양돈장/동물복지형 양돈장 시설투자비 (단위 : 만원)

구분	일반양돈장 시설투자비		동물복지양돈장 시설투자비		추가투자 소요		
	최소	최대	최소	최대	최소	최대	
후보사	8,885	9,962	19,817	21,540	10,932	11,578	
분만사	46,957	50,619	98,007	105,008	51,050	54,389	
자돈사	초기	15,940	17,663	35,003	37,803	19,063	20,140
	후기	22,617	25,202	50,404	54,604	27,787	29,402
임신사	초기	28,433	31,879	64,405	70,005	35,972	38,126
	후기	49,757	55,789	112,708	122,509	62,951	66,720
육성사	53,419	60,312	123,209	134,410	69,790	74,098	
비육사	99,946	113,731	235,217	257,618	135,271	143,887	
총시설투자비	325,954	365,157	738,768	803,496	412,814	438,339	
- 두당(원)	543,257	608,595	1,231,280	1,339,160	688,024	730,565	

[표 2-1-43] 모돈 500두규모(사육규모 6천두)의 일반양돈장/동물복지형 양돈장 투자비 (단위 : 만원)

구분	일반양돈장 시설투자비		동물복지양돈장 시설투자비		두당 추가액(원)	
	총투자비 (만원)	마리당(원)	총투자비	마리당(원)		
시설투자 최소	토지비	222,000	370,000	390,700	651,170	281,170
	시설투자비	323,954	543,257	738,768	1,231,280	688,023
	소계	545,954	913,257	1,129,468	1,882,450	969,193
시설투자 최대	토지비	222,000	370,000	390,700	651,170	281,170
	시설투자비	365,157	608,595	803,496	1,339,160	730,565
	소계	587,157	978,595	1,194,196	1,990,330	1,011,735

[표 2-1-44] 모돈 500두규모(사육규모 6천두)의 시설투자에 따른 자본비용

(단위 : 원/두)

	추가 투자비(A)	할인율(비용율)(B)	자본비용(A×B)
시설투자 최소	969,193	5.50%	53,306
시설투자 최대	1,011,735	5.50%	55,645

[표 2-1-45] 모돈 500두규모(사육규모 6천두)의 동물복지형 양돈장 도입에 따른 생산비증가

(단위 : %)

	사례 1	사례 2	사례 3	적용
생산비	103.00	100.09	102.70	103.00

- 주) 1. 조광호 외 4인, 한국형 동물복지농장 모형 설정, 농림부, 2006년
 2. 조광호, 강혜정, 동물복지형 축산의 경제성 분석 및 소비자 의식조사, 국립수의과학검역원, 2009년
 3. 농림축산식품부 방역관리과, 동물복지축산 인증제 활성화 방안, 2014년

○ 생산비의 검토

- 일반양돈장 비육돈 농장의 생산비 등 비용

- 2018년의 관행에서의 비육돈의 일반비용은 마리당 309,075원이며, 경영비는 308,897원, 생산비는 323,120원으로 발표됨.
- 2018년의 관행에서의 비육돈의 일반비용은 100kg당 272,049원이며, 경영비는 271,871원, 생산비는 284,391원으로 발표됨.
- 2018년의 마리당 판매시체중은 113.6kg으로 나타남.

- 동물복지 비육돈 농장의 생산비 추가 여건

- 기존 연구 결과를 검토하여 3.00%의 증가를 적용함.
- 두당 추가 증가액 = 323,120원 × 3% = 9,693원/두.

○ 고용노동비 검토

- 일반 양돈장 비육돈 고용노동비 여건

- 2018년의 일반양돈장에서의 비육돈의 고용노동비는 마리당 12,421원임.

- 동물복지 비육돈 농장의 고용노동비 여건

- 본 연구의 조사 결과, 추가적인 인력소요로 인하여 30% 정도의 인건비 증가요인이 있을 것으로 평가됨.
- 추가적 고용노동비 = 일반양돈장 12,421원/두 × 30% = 3,726원/두.

○ 사육비 검토

- 두당 사육비 증가액

- 추가적 생산비(A) : 9,693원/두
- 추가적 고용비(B) : 3,726원/두
- 추가적 사육비(A+B) : 13,419원/두

[표 2-1-46] 모든 500두규모(사육규모 6천두)의 동물복지형 양돈장 도입에 따른 추가비용
(단위 : 원)

구분	자본비용 (마리당)	사육비(두당)			추가비용	
		생산비	고용비	계	마리당	100kg당
시설투자 최소	53,306	9,693	3,726	13,419	66,725	65,117
시설투자 최대	55,645	9,693	3,726	13,419	69,064	67,456

[표 2-1-47] A업체와 B업체의 정산방법에 따른 동물복지형 양돈장 비육돈 두당 총수입 변화
(단위 : 원)

구분	2018년 돼지두당 평균가격	돼지 두당 정상방법에 따른 총수입	
		A업체 (두당 + 50,000원)	B업체 (지급율 +5%)
시설투자 최소	총수입 (A)	371,698	421,496
	- 비육돈판매	369,696	369,696
	- 인센티브	-	1,800
	- 기타수입	1,800	50,000
	일반비 (B)	309,075	322,494
	사육비 (C)	323,298	390,023
	소득 (A-B)	62,623	99,002
	순수익 (A-C)	48,400	31,473
	수익 증가액		-16,927
시설투자 최대	총수입 (A)	371,698	421,496
	- 비육돈판매	369,696	369,696
	- 인센티브	-	50,000
	- 기타수입	1,800	1,800
	일반비 (B)	309,075	322,494
	사육비 (C)	323,298	392,362
	소득 (A-B)	62,623	99,002
	순수익 (A-C)	48,400	29,134
	수익 증가액		-19,266

□ 동물복지형 양돈장의 총수입 - A업체와 B업체 정상방법에 의한 요인

- 동물복지형 양돈장에 따른 총수입은 유통업체의 비육돈 정산방법에 따른 총수입의 변화를 적용한 결과 동물복지형 양돈농장의 총수입은 시설투자비를 최소로 하였을 경우 36,379원이 증가하지만 순수익은 16,927원이 감소하고, 시설투자비를 최대로 하였을 경우에 순수익은 19,266원이 감소함. B업체의 경우 시설투자비를 최소로 하였을 경우에 순수익은 일반양돈장대비 48,442원이 감소하고, 시설투자비를 최대로 하였을 경우에 50,782원이 감소함

[표 2-1-48] 돼지가격 변화에 따른 동물복지형 양돈장 비육돈 두당 총수입 변화(단위 : 원)

구분	2018년	판매가격의 상승비율에 따른 총수입						
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	
시설투자 최소	총수입 (A)	371,698	371,496	408,466	445,435	482,405	519,374	556,344
	- 비육돈판매	369,696	369,696	406,666	443,635	480,605	517,574	554,544
	- 기타수입	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
	일반비 (B)	309,075	322,494	322,494	322,494	322,494	322,494	322,494
	사육비 (C)	323,298	390,023	390,023	390,023	390,023	390,023	390,023
	소득 (A-B)	62,623	49,002	85,972	122,941	159,911	196,880	233,850
	순수익 (A-C)	48,400	-18,527	18,443	55,412	92,382	129,351	166,321
	수익 증가액		-66,927	-29,957	7,012	43,982	80,951	117,921
시설투자 최대	총수입 (A)	371,698	371,496	408,466	445,435	482,405	519,374	556,344
	- 비육돈판매	369,696	369,696	406,666	443,635	480,605	517,574	554,544
	- 기타수입	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800	1,800
	일반비 (B)	309,075	322,494	322,494	322,494	335,913	322,494	322,494
	사육비 (C)	323,298	392,362	392,362	392,362	392,362	392,362	392,362
	소득 (A-B)	62,623	49,002	85,972	122,941	146,492	196,880	233,850
	순수익 (A-C)	48,400	-20,866	16,104	53,073	90,043	127,012	163,982
	수익 증가액		-69,266	-32,296	4,673	41,643	78,612	115,582

○ 동물복지형 양돈장의 총수입 - 판매가격에 따른 수익변화

- 동물복지형 양돈장에 따른 총수입은 비육돈 판매가격의 상승비율(구간)에 따른 총수입의 변화를 적용한 결과 동물복지형 양돈농장의 총수입은 2018년 일반양돈장과의 비교결과 시설투자비를 최소로 하였을 경우 비육돈의 판매수입(또는 가격)이 10% 상승하면 비육돈 두당 총수익은 36,970원이 올라가지만, 사육비는 66,725원이 증가하여 소득은 85,872원이 증가하여 순수익은 29,957원이 감소하고, 시설투자비를 최대하였을 경우 비육돈의 판매수입(또는 가격)이 10% 상승하면 두당 총수익은 36,970원이 올라가지만, 일반비는 13,419원이 사육비는 69,064원이 증가하여 소득은 85,872원이 증가하지만 순수익은 32,296원이 감소한다.

(2) 일반양돈장/동물복지형 육계농장 경제성 분석

- 최근 육계산업은 소득의 극대화를 위하여 육종, 사료, 사양·환경컨트롤 등에 대한 다양한 연구가 진행되어 왔다. 그러나 생산비를 감소하기 위해 소규모 투자로 보다 많은 닭고기를 생산하기 위하여 성장률이 우수하고, 생산성이 좋은 닭고기를 생산하기 위하여 생산성 위주의 사육방식은 다양한 문제점을 유발시키면서 동물복지에 대한 관심이 높아지고 있는 상황이다. 현재 양계분야에서 동물복지는 주로 산란계를 중심으로 케이지의 형태 및 크기와 관련하여 연구가 진행되었고, 닭고기를 생산하기 위해 사육되는 육계의 경우 사육 일령의 증가, 성장속도, 사육밀도, 관리자의 습관, 사육장의 조건 및 깔짚의 형태 등에 대해 다양한 연구가 진행되었지만 동물복지와 관련해서는 여전히 부족한 것이 실정이다. 아직까지 복지와 영양과의 관계에 대한 연구는 매우 부족한 상황이다.
- 동물복지는 관행 축산에 비해 사육에서부터 최종소비까지 추가비용이 발생하여 경제성이 낮을 것으로 예상하였으나 가격프리미엄이 높아 경제성이 있다는 것으로 평가하고 있다. 유럽연합의 경우 관련 법령의 적용에 따라 막대한 비용이 발생할 것으로 예상하였으나 추가적인 지출은 생산·유통비용의 2%에 불과하다고 한다. 동물복지시 발생하는 생산 및 유통, 소비 단계의 비용을 상쇄할 만큼의 가격 프리미엄이 존재 한다. 높은 수준의 동물 복지기준을 유지하려면 생산과 수송비용이 높아지기는 하지만 금액으로 따지면 큰 편은 아닐 것으로 예상된다. 예를 들어 닭을 밀집형이 아닌 개방형 계사에서 키울 경우 계란 하나당 추가 비용은 1.3유로이고, 방목을 할 경우에는 약 2.6 유로가 소요된다고 한다. 유럽의 경우 축산 분야는 28억 유로, 실험동물분야에서는 54백만 유로의 추가 비용이 발생 하지만 가격 프리미엄을 감안한다면 경제성은 충분하다고 한다. 국내의 경우 축산물의 단위당 생산비가 소폭 상승하나 수취 가격프리미엄의 상승은 이를 훨씬 초과할 전망이다. 우리나라 동물복지 산란계의 경우 동물복지농가가 일반 농가보다 생산 및 투입내역에서는 높게 나타났지만 소득과 순수입에서도 높게 나타났다. 조광호등은 2006년에 한국형 동물복지 농장 모형성정에서 동물복지형 축산물의 단위당 생산비는 일반 축산물에 비해 한우 비육우 1.03배, 한우 번식우 1.05배, 양돈 1.03배, 육계 1.03배, 계란 1.16배로 높게 나타난다고 보고하였다. 또한 동물복지형 축산의 1두당 순수익은 일반 축산물에 비해 한우 3.57배, 양돈 2.07배, 육계 2.6배, 산란계 3.1배로 높게 나타난다고 보고하였다. 즉 동물복지형 축산이 일반축산에 비해 더 많은 투자를 해야 하지만 수익성은 크게 증가한다는 의미한다. 미국의 경우 방사나 유기 축산으로 생산한 계란의 평균 가격은 관행축산으로 생산한 계란의 평균가격보다 높게 판매되고 있다.

[표 2-1-49] 국내 동물복지형 육계 인증기준

구분	인증기준
① 관리자 의무 및 준수사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 문서화 및 기록유지 <ul style="list-style-type: none"> - 사육개체수 및 사육밀도(동물의 입식·출하 현황) - 닭의 건강 상태 등 점검 내용 - 사료 및 물 섭취량(사료의 생산·구입, 영양 성분 및 급여내용) - 계란 생산량·출하량, 출하처 별 거래내역 - 점등 시간, 계사 내 최고 및 최저 온도 - 질병예방 프로그램(약품·백신 구입 및 질병관리현황) 및 - 청소·소독내용, 기계화·자동화 설비 등의 점검내용
② 건강관리	<ul style="list-style-type: none"> ○ 매일 닭의 건강 상태 등 점검 후 기록·유지 ○ 이상행동, 질병 및 부상 등 발견 시 마른 깔짚이 깔린 편안한 휴식 공간에 격리·치료
③ 급이 및급수	<ul style="list-style-type: none"> ○ 매일 1회 이상 충분한 사료와 물 제공(사료나 물을 제한 금지) ○ 급이기 기준 <ul style="list-style-type: none"> - 선형은 1마리당 10cm 이상, 원형은 최소 4cm 이상 ○ 급수기 기준(수질은 1년에 1회 이상 정기 검사) <ul style="list-style-type: none"> - 벨형은 100마리당 1개 이상, 니플형과 컵형은 10마리당 1개 이상 - 선형은 1마리당 2.5cm 이상, 원형은 최소 1cm 이상
④ 준수사항	<ul style="list-style-type: none"> ○ 농장 내 부리다듬기 금지(응급한 경우 수의사의 판단 하에 허용) ○ 강제환우 금지(강제환우 시킨 닭 입식 금지) ○ 폐쇄형 케이지 사육금지
⑤ 사육밀도 및 사육시설(환경)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사육밀도 <ul style="list-style-type: none"> - 바닥면적 m²당 성계 9수 이하 ○ 해의 기준 <ul style="list-style-type: none"> - 1마리 당 최소 15cm 이상 - 굽기는 직경 3~6cm, 간격은 최소 30cm 이상 - 벽으로 20cm 이상, 높이는 최소 40cm~최대 1m ○ 조명시간 <ul style="list-style-type: none"> - 최소 8시간 이상의 연속된 명기 및 최소 6시간 이상의 연속된 암기 ○ 공기오염도 <ul style="list-style-type: none"> - 암모니아 농도: 25ppm 이하, CO₂ 농도 : 5,000ppm 이하
⑥ 청소 및 소독	<ul style="list-style-type: none"> ○ 계사 및 주변 청소 및 소독을 정기적으로 실시 ○ 농장 출입구 소독기 설치, 출입차량 및 출입자 소독 실시

- 동물복지 육계농장 인증기준은 현재 농림축산검역본부에서 고시를 하였는데, 대표적인 내용으로 기존 육계농가와 가장 큰 차이점은 크게 3가지로 나눌 수 있는데 사육밀도, 헛대의 제공, 채소류 제공이다. 각 기준별 사육밀도에 대한 것은 [표 1-20]과 같으며, 일반 육계농가를 대상으로 하는 가축사육시설 단위면적당 적정 가축사육기준의 39kg/m²와 영국 RSPCA의 동물복지 인증기준 30 kg/m²과는 제곱미터당 약 9 kg의 사육밀도 차이를 보이는데 국제 기준과의 형평성, 일반양축농가와 차이 등을 고려해서 사육밀도는 30 kg/m²가 될 것으로 예상된다. 이번에 인증대상이 된 육계는 닭고기를 얻기 위해 기르는 품종으로 사육기간과 용도 등에 따라 육계, 토종닭, 삼계로 구분하여 인증토록 하였다.

[표 2-1-50] 국내 동물복지형 육계 사육밀도

기준	사육밀도
가축사육시설 단위면적당 적정 가축사육기준	○ 무창계사 : 39kg/m ² ○ 개방계사 : 36kg/m ² (강제환기), 33kg/m ² (kg/m ²)
환경친화 축산농장 지정기준	○ 무창계사 : 0.046m ² /수 ○ 케 이 지 : 0.042m ² /수 ○ 개방계사 : 0.066m ² /수
무항생제 축산물	○ 무창계사 : 39kg/m ² ○ 개방계사 : 36kg/m ² (강제환기), 33kg/m ² (kg/m ²)
유기축산물	○ 0.100m ² /수
영국 RSPCA	○ 30kg/m ²

[표 2-1-51] 동물복지형 육계시스템 현황

육추시스템	Big Dutchamn	Natura Primus 1600	2780	1600	2730	4단
		Natura Primus 1800	2780	1866	2996	4단
	Farmer-Automatic	Aviary형	2480	1320	2400	4단
		Floor형	2495	1320 ~2000	2400	1단
	Salmet	Pedigrow	2073	1756	-	3단
	Jansen PE	Nivo Varia	2800	4850	-	1~3단
	Volite	volutiona-1	2689	2040	-	3단
volutiona-2		2434	1815	-	2단	
절충형 (Enriched Cage)	Farmer-Automatic	Combi-System	1520 ~2280	1750 ~1995	2400	2~3단

- 또한 일부 국가의 인증기준에서는 육계에게도 헛대를 제공하도록 명시하고 있는데 1,000수당 2m의 헛대 제공을 요구하고 있으며, 채소류를 제공하여 육계의 건강을 향상시키도록 명시하고있다. 물론 국내에서 헛대와 채소류 제공을 모두 수용하기는 쉽지 않을 것이나(그림 5-27, 표5-6), 헛대의 제공은 설치에 많은 어려움이 동반되는 것이 아니며, 가축의 관리에 어려움을 초래하지 않기 때문에 인증기준 내용에 포함될 가능성이 높다고 판단된다. 또한 자유방목에 대한 항목은 제외되거나 혹은 산란계와 마찬가지로 선택사항으로 추진될 것이나 「토양환경보전법」 및 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」과의 상충

되는 부분에 대해 많은 검토가 선행되어야 할 것이다. 육계는 닭고기를 얻기 위해 기르는 품종으로 사육기간과 용도 등에 따라 육계, 토종닭, 삼계로 구분해 인증토록 했으며 동물복지 육계농장으로 인증을 받으려면 다음기준을 준수해야 한다. 먼저 동물의 입식 · 출하현황, 청소 및 소독내용, 질병예방프로그램, 약품 · 백신 구입 및 사용 등의 기록내용을 2년 이상 기록 · 보관해야 한다. 둘째, 농장 내 사육시설은 개선된 형태로 해의 설치 및 닭의 쪼는 행동욕구를 충족시킬 수 있는 물건을 제공해야 한다. 셋째, 사육밀도는 기본적으로 모든 닭은 편안하게 일어서고, 돌아서고, 날개를 뻗을 수 있는 공간이 돼야 한다. 이에 따르면 축사시설의 바닥면적이 출하 전 기준으로 육계·토종닭은 m² 당 19수 이내와 총중량이 30 kg, 삼계 m² 당 35수 이내와 총중량 30 kg 이하를 유지해야 한다. 넷째, 사육환경에 대한 기준은 매일 최소 8시간 이상 밝은 상태와 6시간 이상 어두운 상태가 지속되어야 하며 내부 조명은 균일하게 20 lux 이상이어야 한다. 마지막으로 자유방목을 추가인증을 받기 위해서는 사육시설에 별도의 방목장 면적이 3마리당 3.3 m² 이상 확보돼야 하며, 계사와 방목장 간 출입구는 높이 35 cm 이상 너비 40 cm 이상의 육계 출입이 가능하도록 적정하게 설치돼야 한다. 동물복지 축산농장 인증을 원하는 축산농가는 검역본부에 인증심사 서류를 우편으로 신청을 하면 되고, 검역본부는 신청서 서류가 적합한 경우에 현장심사 등을 거쳐 접수일로부터 3개월 이내에 그 결과를 통지하게 된다 (제출서류는 인증신청서, 축산업등록증 사본, 축산농장 운영현황서 등). 인증기준에 적합한 경우 동물복지 축산농장 인증서와 인증 표시간판 등을 교부하고, 인증 농장에서 생산된 축산물(식육, 포장육)을 동물복지 운송차량으로 운송해 지정도축장에서 도축한 경우에 ‘동물복지 인증마크’를 표시할 수 있다.

[표 2-1-52] 2018년 육계농장의 사육규모에 따른 생체 10kg당 생산비(단위 : 원)

비목	사육규모		50,000 ~69,999	70,000두이상	평 균	구성비(%)
	30,000수미만	30,000 ~49,999				
가축비	2,882	2,784	2,965	3,106	2,984	23.6
사료비	6,548	7,101	6,739	7,014	7,014	55.6
수도광열비	599	525	502	483	483	3.8
방역치료비	348	323	294	290	290	2.3
자동차비	88	47	68	46	46	0.4
(감가상각비)	82	43	61	43	43	0.3
(수리유지비)	6	4	6	3	3	0.0
(임차료)	0	0	1	0	0	0.0
농구비	443	370	345	322	322	2.6
(감가상각비)	406	347	318	299	299	2.4
(수리유지비)	13	15	18	16	16	0.1
(임차료)	15	2	2	2	2	0.0
(소농구비)	9	6	7	5	5	0.0
영농시설비	486	362	315	361	361	2.9
(감가상각비)	299	268	260	271	271	2.2
(수리유지비)	45	57	51	54	54	0.4
(임차료)	142	37	4	36	36	0.3
기타재료비	159	166	179	162	162	1.3
차입금이자	67	89	97	109	109	0.9
토지임차료	12	11	9	7	7	0.1
고용노동비	67	118	119	137	137	1.1
분뇨처리비	37	22	37	47	47	0.4
생산관리비	49	40	53	35	35	0.3
기타비용	36	47	69	52	52	0.4
소계(A)	11,821	12,005	11,791	12,236	12,049	95.4
자가노동비	1,147	648	626	365	530	4.2
자본용역비	38	43	44	41	42	0.3
토지용역비	8	7	7	5	6	0.1
비용합계(B)	13,014	12,703	12,468	12,647	12,627	100.0
부산물수입(C)	10	19	4	1	7	
경영비(A-C)	11,811	11,986	11,787	12,235	12,042	
생산비(B-C)	13,004	12,684	12,464	12,646	12,620	
판매시체중(kg)	1.57	1.53	1.44	1.43	1.46	

[자료 : 2018년 축산물생산비조사, 통계청]

[표 2-1-53] 2018년 육계농장의 사육규모에 따른 육계 10수당 사육비

사육규모 비목		30,000수미만	30,000 ~49,999	50,000 ~69,999	70,000두이상	평 균	구 성 비(%)
일 반 비	가축비	4,525	4,260	4,269	4,441	4,365	23.6
	사료비	10,281	10,865	9,704	10,253	10,261	55.5
	수도광열비	941	803	723	627	707	3.8
	방역치료비	547	494	423	377	424	2.3
	자동차비	139	71	97	44	67	0.4
	(감가상각비)	129	65	87	43	63	0.3
	(수리유지비)	10	6	8	1	4	0.0
	(임차료)	0	0	2	0	0	0.0
	농구비	696	566	497	389	472	2.6
	(감가상각비)	637	531	458	361	438	2.4
	(수리유지비)	21	22	26	22	23	0.1
	(임차료)	24	4	3	1	3	0.0
	(소농구비)	14	9	10	5	8	0.0
	영농시설비	764	555	454	523	528	2.9
	(감가상각비)	470	411	374	392	396	2.1
	(수리유지비)	71	87	74	78	79	0.4
	(임차료)	223	57	6	53	53	0.3
	기타재료비	249	253	258	218	237	1.3
	차입금이자	105	136	140	185	159	0.9
	토지임차료	19	17	13	5	10	0.1
	고용노동비	104	180	172	236	201	1.1
분뇨처리비	58	33	53	94	69	0.4	
생산관리비	76	61	77	32	52	0.3	
기타비용	57	72	99	68	76	0.4	
소 계	18,561	18,366	16,979	17,492	17,628	95.4	
자가노동비	1,802	991	901	522	775	4.2	
자본용역비	59	67	64	59	62	0.3	
토지용역비	13	10	9	7	9	0.1	
비용합계	20,435	19,433	17,953	18,081	18,474	100.0	

[자료 : 2018년 축산물생산비조사, 통계청]

[표 2-1-54] 2018년 육계농장의 사육규모에 따른 육계 10수당 총수입

비목	사육규모				평균
	30,000수미만	30,000 ~ 49,999	50,000 ~ 69,999	70,000두이상	
육계 판매수입	22,822	20,332	19,314	18,674	19,435
부산물 판매수입	16	29	6	2	10
- 구 비 판 매	16	29	6	2	10
- 도태계 판매	0	0	0	0	0
기 타 수 입	334	101	280	266	237
계	23,172	20,462	19,600	18,942	19,682

[자료 : 2018년 축산물생산비조사, 통계청]

[표 2-1-55] 2018년 육계농장의 사육규모에 따른 육계 10수당 평균 수익

비목	사육규모				평균
	30,000수미만	30,000 ~ 49,999	50,000 ~ 69,999	70,000두이상	
총 수 입 (A)	23,172	20,462	19,600	18,942	19,682
일 반 비 (B)	18,561	18,366	16,979	17,492	17,628
비 용 합 계 (C)	20,435	19,433	17,953	18,081	18,474
소 득(A-B)	4,611	2,096	2,621	1,450	2,054
순 수 익(A-C)	2,737	1,029	1,647	861	1,208

[자료 : 2018년 축산물생산비조사, 통계청]

□ 일반(관행) 육계농장 대비 동물복지형 육계농장의 투자 및 경제성

- 육계 사육밀도 분포는 허가기준에 집중되어 있었으며, 대부분 허가 기준 이상으로 사육하고 있는 것으로 나타났음. 일반 육계농장의 평균 사육밀도는 등록기준 이상으로 나타났으며 무창계사의 경우 최대값 39.66kg/m², 최소값 10.88kg/m², 평균 29.67kg/m²로 허가기준 미충족 비율이 낮게 나타났고, 무창계사 강제환기의 경우 최대값 38.06kg/m², 최소값 14.01kg/m², 평균 25.96kg/m², 자연환기의 경우 최대값 38.79kg/m², 최소값 14.35kg/m², 평균 26.54kg/m²로 허가기준 미충족 비율이 낮게 나타났음

[표 2-1-56] 일반 육계농장 사육밀도

구분	시설형태	등록기준	조사평균	최대값	최소값	
일반	무창계사	39kg/m ²	26.67kg/m ²	39.66	10.88	
육계 농장	개방계 사	강제환기	36kg/m ²	25.96kg/m ²	38.06	14.01
		자연환기	33kg/m ²	26.54kg/m ²	38.79	14.35

[자료 : 동물복지형 축산도입에 따른 경제성분석, 한국축산경제연구원(2018)]

- 일반(관행) 육계사가 동물복지형 육계사로 전환할 경우 일반(관행) 육계사 대비 투자 및 비용의 증대가 야기됨. 토지면적은 일반육계사대비 동물복지형 육계사가 2.2배 증가하고, 건물면적은 1.13배, 투자액은 1.27배 및 생산비는 1.03배가 더 소요되는 것으로 조사됨.

[표 2-1-57] 일반/동물복지 육계농장 투자 및 비용의 증가[단위 : 배]

구분	일반(관행) 육계사 / 동물복지형 육계사 고정비 투자비용
토지면적	2.2
건물면적	1.13
투자액	1.27
생산비	1.03

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부]

- 일반(관행) 육계농장은 동물복지형 육계농장에 비해 수익증가는 2.6배로 수익이 높은 것으로 조사되었지만, 단순히 생산비, 판매비용만을 고려했을 뿐이고, 실제 토지, 건물 등 전체 소요비용을 고려하였을 경우 순수익면에서 고려해볼 필요가 있음

[표 2-1-58] 일반(관행)양돈장 대비 동물복지형 양돈장의 수익 증가[단위 : 배]

구분	일반양돈장/동물복지형 양돈장 수익증가
수익배수	2.6

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부]

- 일반(관행) 양돈장대비 동물복지형 양돈장의 생산비는 비교적 높은 것으로 조사됨

[표 2-1-59] 일반(관행)양돈장 대비 동물복지형 양돈장의 생산비

구분	양돈(원/kg)
일반 양돈장 생산비	18,464*
동물복지 양돈장 생산비	19,018

* 일반생산비는 2018년 통계청조사 축산물생산비 자료 활용

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부]

- 일반(관행) 육계농장대비 동물복지형 육계농장장의 비용상승 조사한 결과 고정비인 토지면적은 47.3%증가하고, 건물면적은 64.75% 증가하면서 토지·건물투자액은 56.8%증가하는 것으로 조사되어 경영비는 3.5%증가하는 것으로 조사됨. 토지 및 건물등 고정자산에 대한 투자부담이 동물복지형 육계농장의 경우 매우 큰 것으로 조사됨

[표 2-1-60] 일반/동물복지형 육계농장의 비용상승분석[단위 : %]

구분	일반양계장/동물복지형 양계장 비용 상승
토지면적	147.3
건물면적	164.7
토지·건물투자액	156.8
경영비	103.5

[자료 : 동물복지 축산직불제 도입방안, 농림축산식품부]

□ 육계농장의 생산방식에 따른 농장·유통 및 판매단계 경제성 조사

- 사육규모 : 일반/동물복지형 육계농장 10,000수

- 일반 육계농장대비 동물복지형 육계농장에 추가되는 생산비용을 산정하기 위하여 사육규모 10,000수 규모 육계농장을 표준으로 하여 비교하였음. 육계농장의 토지면적은 일반육계농장의 경우 건물(시설)기준으로 120%로 하고, 동물복지형 육계농장은 건물(시설)기준으로 130%로 산정하였음.

[표 2-1-61] 일반/동물복지형 육계 농장의 토지소요 면적

구분	시설	기타	계
일반 육계농장 농장토지면적	462.81m ² (140평)	264.46m ² (80평)	727.28m ² (220평)
동물복지형 육계농장 농장토지면적	528.93m ² (160평)	363.64m ² (110평)	892.7m ² (270평)

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부]

- 일반 육계농장대비 동물복지형 육계농장에 추가되는 토지투자비용은 사육규모 10,000수 기준으로 양돈장과 동일하게 평당(3.3m²) 100만원으로 산정하였음. 일반 육계농장은 총 토지투자비용이 220,000천원으로 조사되었고, 동물복지형 육계농장은 270,000천원으로 조사되었음. 일반육계농장대비 동물복지형 육계농장은 육계 1수당 5천원의 추가비용이 소요되는 것으로 조사되었음

[표 2-1-62] 일반/동물복지형 육계농장의 토지 투자비(단위:만원)

구분	일반 육계농장		동물복지형 육계농장		육계 1수당 추가소요
	총토지비	마리당	총토지비	마리당	
토지비	22,000	2.2	27,000	2.7	0.5

* 1평당(3.3m²)당 100만원을 기준으로 적용함('18년기준)

- 일반 육계농장대비 동물복지형 육계농장에 추가되는 시공단가는 재료비, 인건비 및 운반비를 고려하여 농림축산식품부 주관으로 수행된 '동물복지 축산직불제 도입방안'에서 조사한 자료를 기초로 하고 통계청에서 조사한 물가상승률 7.7%를 고려하여 단가를 산정하였음

[표 2-1-63] 일반/동물복지형 육계농장의 시공단가 및 시설면적(단위:만원)

	단가		시설면적	
	최소	최대	m ²	평
일반	75만원	91만원	462.81	140
동물복지	88만원	110만원	528.93	160

주) '14년기준 단가에서 '18년까지 물가상승률 7.7%반영

- 동물복지형 육계농장의 건물 등 시설투자비는 140,800~176,000천원이 소요되어 육계 1수당 1,408~1,760원이 소요되는 것으로 조사됨. 일반 육계농장대비 동물복지형 육계농장에 추가되는 건물등 시설비는 35,800~48,600천원으로 조사되고, 육계 1수당 358원~486원이 추가되는 것으로 조사됨

[표 2-1-64] 일반/동물복지형 육계농장의 시설투자비(단위:만원)

	총투자		1수당	
	최소	최대	최소	최대
일반	10,500	12,740	1.05	1.274
동물복지	14,080	17,600	1.408	1.76
추가소요	3,580	4,860	0.358	0.486

[표 2-1-65] 일반/동물복지형 육계농장의 투자비(단위:만원)

구분		일반(만원)		동물복지(만원)		10수당 추가액(원)
		투자비	1수당	투자비	1수당	
시설투자 최소	토지비	22,000	2.20	27,000	2.70	5,000
	시설투자비	10,500	1.05	14,080	1.41	3,580
	소 계	32,500	3.25	41,080	4.11	8,580
시설투자 최대	토지비	22,000	2.20	27,000	2.70	5,000
	시설투자비	12,740	1.27	17,600	1.76	4,860
	소 계	34,740	3.47	44,600	4.46	9,860

- 토지 및 건물 등의 투자비는 사육규모 10,000수농장 기준으로 일반 육계농장은 325,000~347,400천으로 조사되었고, 동물복지형 육계농장은 410,800~446,000천원이 소요되는 것으로 조사됨. 일반 육계농장대비 동물복지형 육계농장의 10수당 추가비용은 8,580~9,860원이 소요되는 것으로 조사됨
- 동물복지형 육계농장의 토지 및 건물 등 투자비용에 대한 자본비용은 일반 양계장대비 85,800원~98,600원이 추가 투자되는 것으로 조사됨. 본 연구에서는 자본이자율에 대한 적정할인율을 5.5%로하여 투자비의 자본비용을 산출한 결과 육계 10수당 4,290~4,930원으로 조사됨

[표 2-1-66] 육계농장의 시설투자대비 자본비용(단위:원/10수)

	추가 투자비(A)	할인율(비용율)(B)	자본비용(A×B)
시설투자 최소	85,800	5.50%	4,290
시설투자 최대	98,600	5.50%	4,930

- 일반 육계농장대비 동물복지형 육계 농장의 생산비의 생산비를 조사하기 위하여 통계청에서 발표한 2018년 가축생산비 조사에서 일반 육계농장의 생산비 등 비용 여건은 육계의 10수당 생산비는 18,474원/10수로 발표되었고, 육계 10kg당 생산비는 12,620원/10kg으로 발표되었음. 동물복지형 육계 농장의 생산비 추가 여건은 동물복지형 농장으로 전환함에 따른 경영비등 기존 연구에서 103.00%에서 104.27%까지로 나타나 본 조사에는 103.59%를 적용한 결과 경영비 추가 증가액은 육계 10수당 663원이 증가하는 것으로 조사됨 (18,474원/10수 × 3.59% = 663원/10수).

[표 2-1-67] 육계농장의 동물복지형 사육방식 도입에 따른 경영비 상승

	사례1	사례2	사례3	적용(평균)
생산비	103.00%	104.27%	103.50%	103.59%

- 동물복지 육계 농장의 고용노동비를 검토한 결과 2018년 통계청이 발표한 가축생산비조사에서 일반 육계 농장의 고용노동비는 10수당 201원으로 조사되어 동물복지 육계 농장의 고용노동비 여건은 추가적인 인력소요로 인하여 30% 정도의 인건비 증가요인이 있을 것으로 사료되어 추가되는 인건비는 60원/10수으로 조사됨 .
- 동물복지 육계 농장의 사육비를 조사한 결과 육계 10수당 사육비 증가액은 생산비 663원 증가하고 고용비가 60원이 증가하여 사육비 증가액은 723원(생산비 663원+고용비 60원)이 증가하는 것으로 조사됨.
- 육계의 10kg당 사육비 증가액은 2018년 판매시 평균체중 1.46kg/수 반영하여 495원으로 조사됨. 2018년 기준 일반 육계농장대비 동물복지 육계농장의 추가비용을 분석한 결과 사육규모 10,000수에 대한 투자비의 자본비용은 육계 10수당 4,290~4,930원으로 조사되었고, 추가비용은 육계 10수당 5,013~5,653원, 육계 10kg당 3,433~3,872원이 소요되는 것으로 조사됨

[표 2-1-68] 일반/동물복지형 육계 농장의 추가비용(단위:원/10수)

	자본비용 (10수당)	사육비(10수당)			추가비용	
		생산비	고용비	계	10수당	10kg당
시설투자 최소	4,290	663	60	723	5,013	3,433
시설투자 최대	4,930	663	60	723	5,653	3,872

- 동물복지 육계농장의 총수입은 2018년 일반 육계농장에서의 수입 및 손익을 기준으로 분석을 실시하였음. 통계청이 발표한 2018년 가축생산비조사에서 육계 10수당 총수입은 19,682이며 이중 육계 판매수입은 19435원으로 소득은 18,474원, 순수익은 1,208원으로 나타났음. 동물복지 육계농장의 총 수입은 육계 판매가격이 변화함에 따라 달라지는데 동물복지형 육계농장의 시설투자비를 최소로 하였을 경우 육계 판매가격이 일반 육계대비 20%이상 증가해야만 순수익이 발생하고, 육계판매가격이 30%이상 증가해야만 일반 육계농장대비 순수익이 높게 나타나는 것으로 조사됨. 동물복지형 육계농장의 시설투자비를 최대로 하였을 경우 육계 판매가격이 일반 육계대비 40%이상 증가해야만 순수익이 발생하고, 육계판매가격이 40% 이상 증가해야만 일반 육계농장대비 순수익이 높게 나타나는 것으로 조사됨

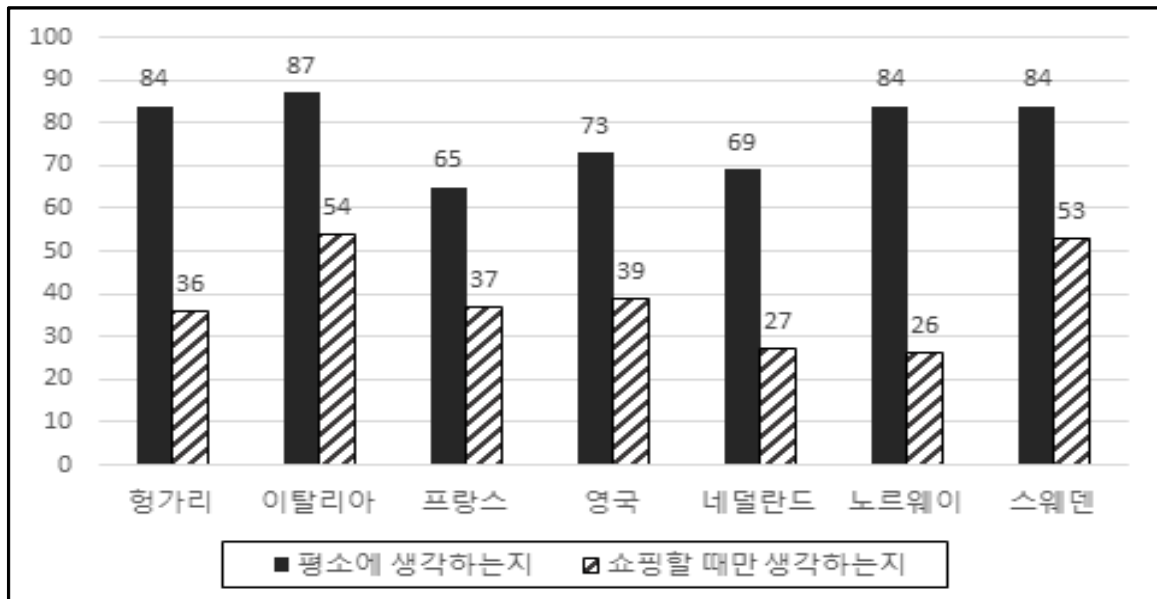
[표 2-1-69] 육계판매 가격에 따른 동물복지형 육계농장 총수입 변화(단위 : 원)

(단위 : 원/10수)

항목구분	2018년	판매가격의 상승비율에 따른 총수입						
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	
시설투자 최소	총수입 (A)	19,682	19,682	21,650	23,618	25,587	27,555	29,523
	- 육계판매	19,435	19,435	22,741	24,809	26,876	28,944	31,011
	- 기타수입	247	247	239	239	239	239	239
	일반비 (B)	17,561	18,284	18,284	18,284	18,284	18,284	18,284
	사육비 (C)	18,474	23,487	23,487	23,487	23,487	23,487	23,487
	소득 (A-B)	2,121	1,398	3,366	5,334	7,303	9,271	11,239
	순이익 (A-C)	1,208	-3,805	-1,837	131	2,100	4,068	6,036
	이익 증가액		-5,013	-3,045	-1,077	892	2,860	4,828
시설투자 최대	총수입 (A)	19,682	19,682	21,650	23,618	25,587	27,555	29,523
	- 육계판매	19,435	19,435	22,741	24,809	26,876	28,944	31,011
	- 기타수입	247	247	239	239	239	239	239
	일반비 (B)	17,561	18,284	18,284	18,284	18,284	18,284	18,284
	사육비 (C)	18,474	25,930	25,930	25,930	25,930	25,930	25,930
	소득 (A-B)	2,121	1,398	3,366	5,334	7,303	9,271	11,239
	순이익 (A-C)	1,208	-6,248	-4,280	-2,312	-343	1,625	3,593
	이익 증가액		7,456	-5,488	-3,520	-1,551	417	2,385

나. 동물복지 축산물에 대한 소비자 가치 평가

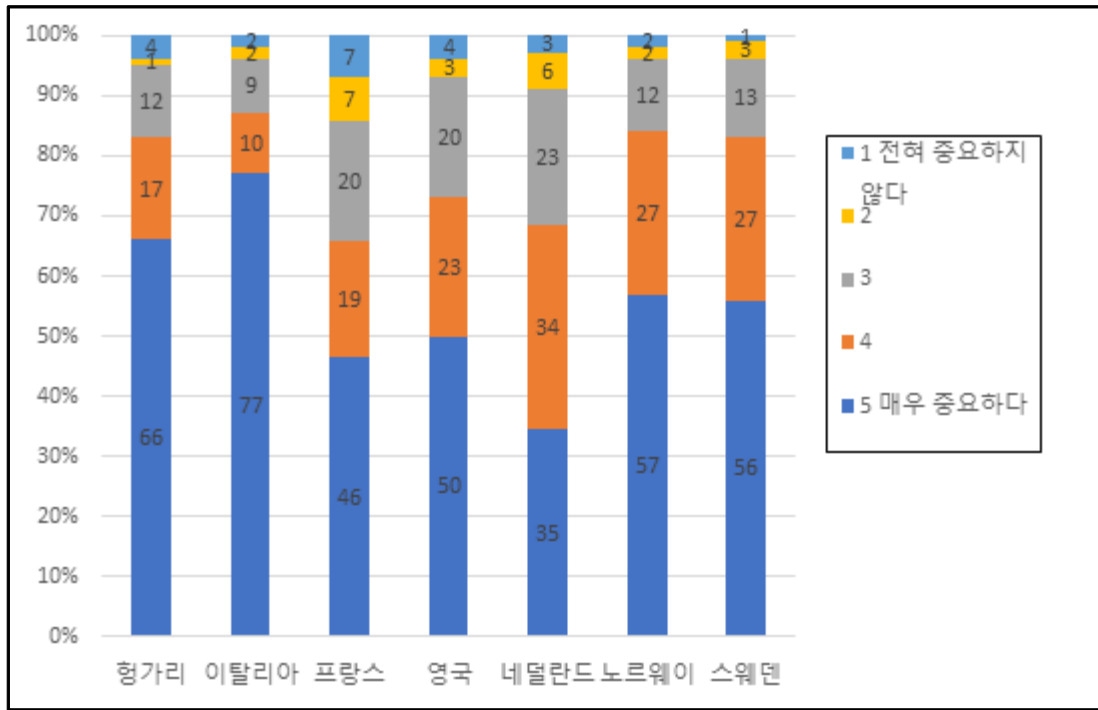
- 유럽연합 회원국들의 동물복지 축산인증제도의 시행은 주로 민간단체가 주체로 활동을 하고 있다. 유럽 등 축산 선진국들의 동물복지형 축산물 시장은 여전히 유기축산물 시장보다 발전하지 못하고 있는 실정이다. 동물복지형 축산물은 농가 직판 친환경 농산물 판매점, 슈퍼마켓 등 대형 판매점의 친환경 식품코너, 동물복지 생산자단체나 조직을 통한 온라인 등에서 판매를 하고 있다. 또한 소비홍보도 동물복지 생산자단체나 조직을 통해서 이루어지고 있으며 판매가격은 일반축산물 대비 최대 50%이상 높게 거래되기도 하며 평균적으로 10~20%정도 높게 거래가 되고 있다.
- 유럽 주요 국가 7개국의 소비자 1만여 명을 대상으로 평소와 축산물 구입 시 동물복지에 대한 생각을 하고 있는지, 또한 축산물 구입 시 동물복지 관련 고려가 구입에 영향을 미치는지를 조사했다. 이탈리아와 스웨덴의 소비자들 각각 87%, 84%가 평소에 생각하고 구입 시에도 각각 54%, 53% 씩 고려사항이라고 하였다



[그림 2-1-31] 유럽연합 주요 7개국의 동물복지에 대한 소비자 인지도 조사
[동물복지에 인지도를 1~ 5까지의 척도로 조사]

※ 동물복지에 인지도 여부(조사인원= 헝가리 : 1,462명, 이탈리아 : 1,478명, 프랑스: 1,497명, 영국 : 1,490명, 네덜란드:1489명, 노르웨이:1493명, 스웨덴:1496명명), 고기나 육가공품을 구매할 때, 얼마나 자주 그 고기의 동물복지에 대해서 생각하나요?(조사 인원 수= 헝가리:1,462명, 이탈리아:1,478명, 프랑스:1,497명, 영국:1,490명, 네덜란드:1,489명, 노르웨이:1,493명, 스웨덴:1,496명, 제거된 수는 알지 못함).

- 유럽 주요 국가 7개국의 소비자 1만여 명을 대상으로 동물복지에 대해 얼마나 중요하게 생각하고, 또 얼마나 관심이 없는지에 대해 조사했다. 모든 국가에서 중요하다고 생각한 사람들(4,5점)이 60%가 넘었으며 이탈리아와 헝가리의 경우 각각 87%, 83%의 사람들이 동물복지가 중요하다고 생각했다. 7개의 나라에서 전혀 중요하지 않다고 생각하는 사람들은 10%가 넘지 않았다.



[그림 2-1-32] 동물복지 축산에 대한 인지도 조사

※ 인지도에 따라 1~ 5는 전혀 중요하지 않다, 5는 매우 중요하다; 조사인원= 헝가리:1,462명, 이탈리아:1,478명, 프랑스:1,497, 영국:1,490명, 네덜란드:1,489명, 노르웨이:1,493명, 스웨덴:1,496명)

○ 유럽 주요 국가 7개국에서 1,500명의 소비자를 대상으로 달걀과 소고기를 살 때 ‘가격’과 동물복지와 관련된 항목에서 매우 중요하다고 생각하는 요소에 대한 생각을 대상으로 조사를 실시하였다. 노르웨이를 제외한 모든 국가에서 동물들이 어떻게 다루어지는지에 대해서 가장 많은 관심도를 가지고 있었으며, 이탈리아에서는 산란계이 어떻게 다루어지는지, 소가 어떻게 다루어지는지 그리고 야외에서 길러지는 시간 부문에서 각각 77%, 79%, 78%의 사람들이 매우 중요하다고 답하였다.

[표 2-1-70] 유럽 주요국가별 달걀 또는 소고기 구입시 중요도

구분	헝가리	이탈리아	프랑스	영국	네덜란드	노르웨이	스웨덴
가격							
달걀	31	26	33	20	22	13	10
소고기	38	17	24	19	23	17	13
달걀							
유기농	39	45	40	23	35	12	25
사육관리방법	58	77	73	64	62	41	59
소고기							
소 관리	61	79	64	69	67	48	71
도축 방법	47	62	52	59	52	39	51
밖에 있는 시간	59	78	65	57	66	48	47

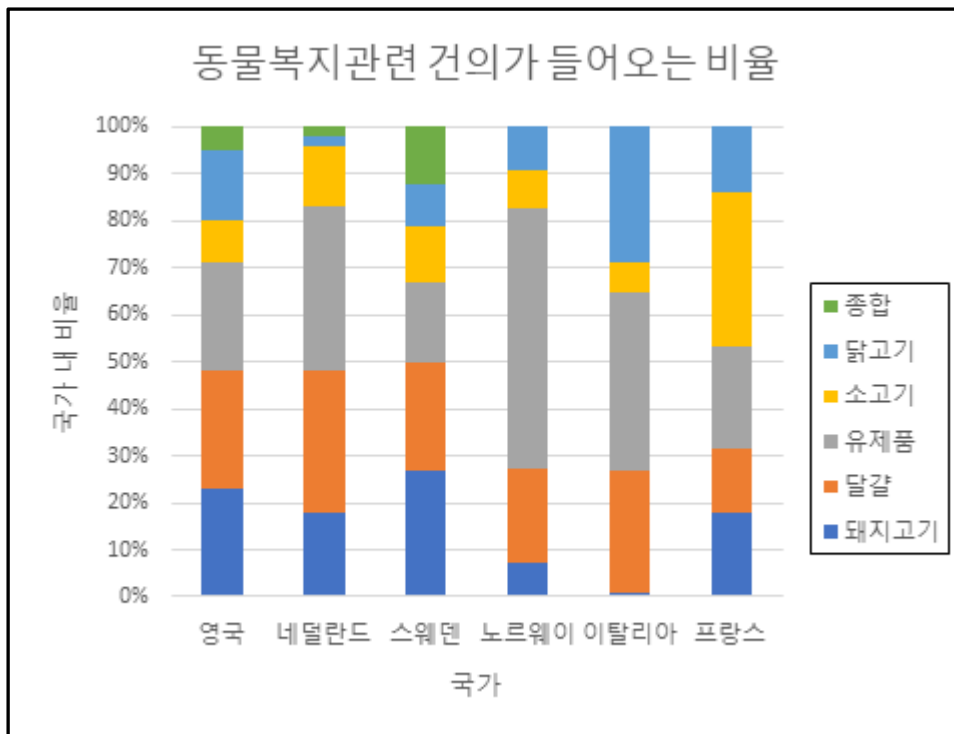
※ 추가적으로 달걀의 경우 다음 사항 중 매우 중요한 것, 적당히 중요한 것 그리고 중요하지 않은 것은 무엇인가요? A.싼 가격. B. 유기농. C.암탉의 관리. 그리고 이번에는 소고기에 대해 매우 중요한 것과 적당히 중요한 것 그리고 중요하지 않은 것은? A. 싼 가격. B. 동물의 관리. C. 도축 방법. D. 일생동안 실외에서 자란 정도(나라당 1,500명, 제거된 수는 알지 못함)

- 유럽 주요 국가 6개국을 대상으로 축산물중 동물복지 축산물과 관련해서 건의사항에 대한 빈도를 조사하였다. 유제품 품목에서 전체에서 32%에 해당하는 276건의 건의가 들어왔고, 그 다음으로 달걀에서 23%에 해당하는 196건의 건의로 가장 많았다.

[표 2-1-71] 시장에서 다양한 동물을 기반으로 동물복지 건의가 들어온 빈도

국가	축산물		돼지		달걀		유제품		소고기		닭고기		종합	
	NO.	%	NO.	%	NO.	%	NO.	%	NO.	%	NO.	%	NO.	%
영국	18	23	20	25	18	23	7	9	12	15	4	5		
네덜란드	46	18	74	30	88	35	32	13	6	2	4	2		
스웨덴	17	27	15	23	11	17	8	12	6	9	8	12		
노르웨이	7	7	20	20	55	55	8	8	9	9	-	-		
이탈리아	1	1	20	26	29	38	5	6	22	29	-	-		
프랑스	60	18	47	14	75	22	112	33	47	14	-	-		
총합	150	16	196	23	276	32	172	17	102	15	16	3		

(%=average)



[그림 2-1-33] 소비자의 동물복지 축산물에 대한 요구사항(%)

[표 2-1-72] 소비자에 대한 돼지, 닭, 젓소, 운송, 도축시 동물복지 적용도 조사

	헝가리	이탈리아	프랑스	영국	네덜란드	노르웨이	스웨덴
돼지	22	32	42	21	44	12	14
치킨	29	50	57	56	49	46	40
젓소	15	15	15	12	10	3	5
운송	60	65	52	48	56	34	34
도축	58	56	44	42	47	25	23

※ 퍼센트 당 1+2,1=매우 나쁨); 실제 질문은 [해당 국가]에서 동물복지에 대한 적용여부 조사; [해당 국가]에서 가축 운송 방법에 대해서는 어떻게 생각하십니까?; 그리고 [해당 국가]에서 가축의 도축 시 어떤 대우를 받는다고 생각하십니까?(나라 당 1,500명, 제거된 수는 알지 못함)

- 유럽 주요 국가 7개국에서 소비자 1,500여 명을 대상으로 돼지, 닭, 젓소의 동물복지 상태와 동물의 운송 방법 및 도축 방법 시 동물들이 받는 복지에 대한 생각을 대상으로 조사를 했다. 노르웨이와 스웨덴에서는 젓소에 대한 복지의 생각이 각각 3%, 5%를 달성하며 매우 나쁘다는 인식을 가지고 있었고, 이탈리아와 헝가리에서는 동물 운송 측면에 있어서 각각 65%, 60%를 달성하며 가장 긍정적으로 나타났다.
- 유럽 주요 국가 7개국의 소비자 1만여 명을 대상으로 달걀을 살 때 달걀의 출처를 어떤 기준으로 구매를 하는지에 대해 조사를 했다. 7개국의 소비자들 절반 이상이 유기농 및 자유방목의 달걀을 산다고 대답했다. 또한 공장식 구조로부터 나온 달걀을 사는 소비자들은 극소수였으며, 스웨덴과 영국에서 각각 2%, 4%를 기록하며 제일 적었다.

[표 2-1-73] 달걀구매시 고려사항에 대한 설문지조사 결과(단위:%)

	헝가리	이탈리아	프랑스	영국	네덜란드	노르웨이	스웨덴
유기농	8	23	14	15	12	9	16
자유방목	65	47	60	71	82	41	65
일부 자유방목	73	70	74	86	94	50	81
밀집사육	9	5	5	4	3	8	2
상관없다.	17	25	21	10	3	42	17
총 계	100	100	100	100	100	100	100
참여 인원	1119	1026	1248	1312	1221	1335	1328
기권 표	6.1	5.5	0.8	1.5	1.2	2.3	1.5
전체 인원	1196	1086	1258	1332	1236	1366	1348

※ 만약 달걀을 구입할 때 고려사항

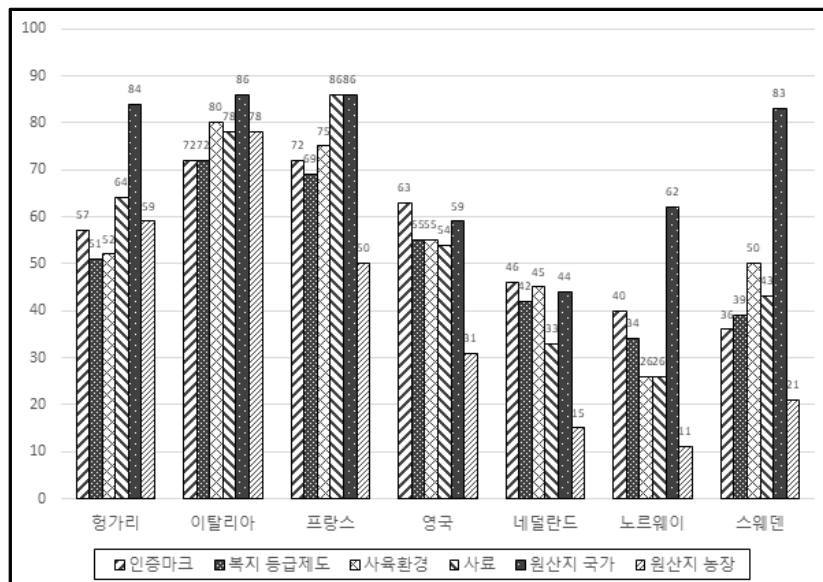
- 유럽 주요 국가 6개국의 소비자 5천여 명을 대상으로 달걀을 구매할 때 암탉의 생활 환경을 얼마나 고려하는지에 대해 조사했다. 헝가리와 영국의 경우 자유방목을 한 농장의 계란을 구입하는 비율이 각각 60%, 74%를 기록하며 가장 높았지만, 이탈리아와 프랑스의 경우 새장을 사용하는 농장의 계란을 구입하는 비율이 각각 30%, 39%를 기록하였다.

[표 2-1-74] 산란계 사육환경에 따른 달걀을 구매하는 비율

	헝가리	이탈리아	프랑스	영국	네덜란드	노르웨이
실내, 새장이 없는 환경	7	12	5	5	33	8
자유방목/실외 환경	53	28	44	69	45	71
자유방목 합계	60	40	49	74	78	79
밀집사육	4	14	32	8	6	8
다른 새장 환경	2	16	7	3	6	4
새장 합계	6	30	39	11	12	12
관심없다.	34	30	12	15	10	9
	100	100	100	100	100	100
총 투표 수	606	803	913	1168	916	926

※ 계란을 구매할 때 산란계의 사육환경 a. 밀집사육. b. 케이지시스템. c. 계사내 방목. d. 자유방목, e. 달걀을 사지 않는다. f. 어떤 사육환경인지 신경 쓰지 않음. g. 모름

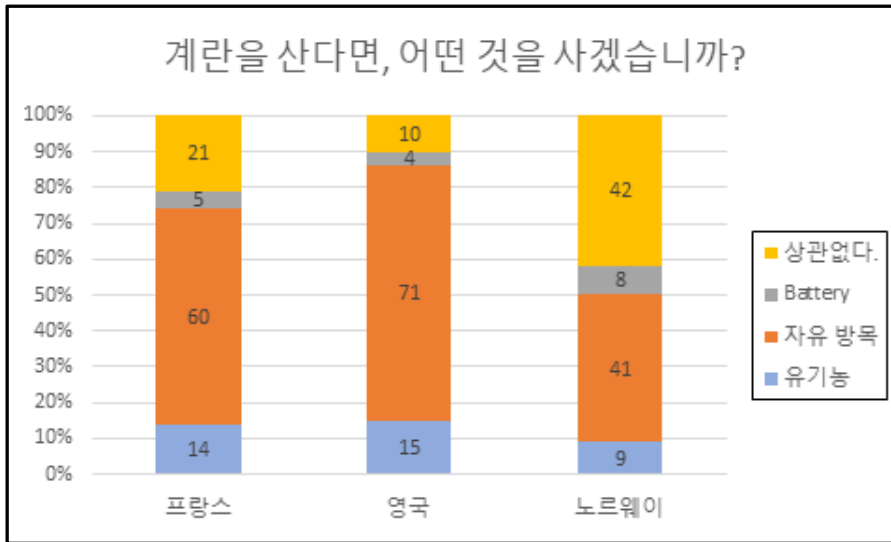
[자료 : European Commission (2005).]



[그림 2-1-34] 유럽연합 주요 7개국에서 동물복지에 대한 주요사항

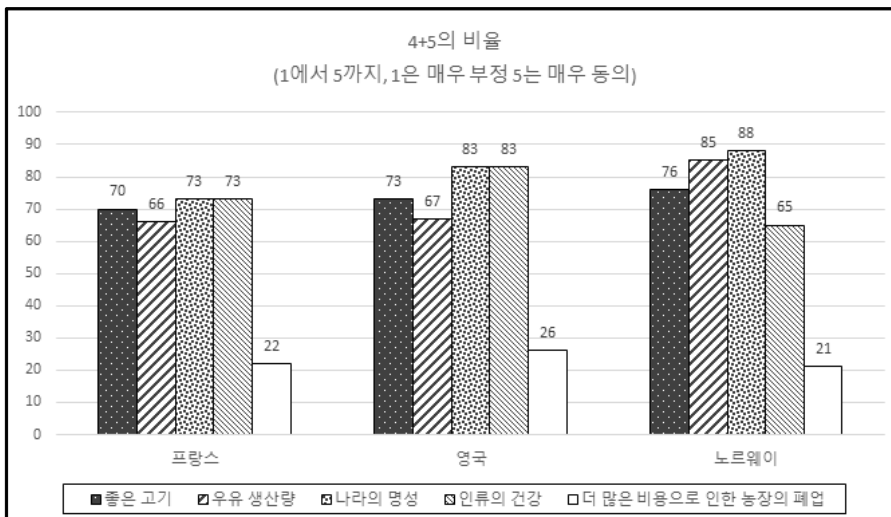
- 유럽 주요 국가 7개국의 소비자 1만여 명을 대상으로 동물복지와 관련된 주제 중에서 ‘매우 중요하게’ 생각하는 정보에 대하여 조사를 진행했다. 헝가리, 이탈리아, 스웨덴, 노르웨이에서는 원산지 국가가 매우 중요하다고 생각하는 비율이 각각 84%, 86%, 83%, 62%를 기록하며 제일 높았고, 프랑스에서는 사료와 원산지 국가가 86%를 기록하며 매우 높게 나타났다.

○ 유럽 주요 국가 3개국에서 달걀 구매시 고려사항에 대하여 소비자 3천여 명을 대상으로 산란계의 사육환경이 구매시 미치는 영향을 조사하였다. 주요 3개국 모두 자유방목을 통해 생산된 달걀을 구입하는 비율이 제일 높았고, 공장식 농장으로부터 생산된 계란을 가장 적게 구입하는 경향을 보였다.



[그림 2-1-35] 달걀구입시 산란계의 사육환경에 대한 주요 고려사항

○ 유럽 주요 3개국의 소비자를 대상으로 동물복지가 잘 유지되었을 때 어떠한 이점이 있을지에 대해 설문조사를 실시하였다. 프랑스에서는 국가의 명성과 인류의 건강에 도움이 될 것이라는 답변이 73%를 나타내며 제일 높았고, 영국에서 또한 83%를 기록하며 제일 긍정적으로 생각했다. 노르웨이에서는 나라의 명성에 도움이 될 것이라고 88%의 사람들이 긍정적으로 생각했지만, 그 다음으로는 우유의 생산량이 증가할 것이라는 의견이 85%로 높았다. 3나라 모두 동물복지를 유지하느라 필요한 더 많은 비용으로 인해 농장이 폐업될 것이라고 생각하는 사람이 각각 22%, 26%, 21%로 제일 적었다.



[그림 2-1-36] 동물복지에 대한 결과의 소비자인식(% answers 4+5).

* 설문지 내용 1~5 단계로 응답(1은 강한 부정, 5는 강한 긍정). A. 좋은 동물 복지가 고기의 맛을 향상시킬 것이다; B. 좋은 동물 복지가 유제품의 생산량을 높일 것이다; C. 좋은 동물 복지가 우리나라의 명성에 도움이 될 것이다; D. 좋은 동물 복지가 인류의 건강에 도움이 될 것이다. E. 좋은 동물 복지가 더 많은 비용으로 농장을 폐업 시킬것임

- 최근에 국내·외에서 조류독감이나 아프리카열병과 같은 다양한 질병이 발생하므로 보다 안전하면서도 스트레스를 적게 받은 축산물을 선호하는 경향이 있다. 특히 소비자들의 구매동향을 살펴보면 친환경 축산물을 선호하며, 달걀도 무항생제 사육제품과 유정란 등의 품질적인 기준으로 가격이 비싸도 더 높은 안정성과 품질을 요구하고 있다. 이는 그동안의 밀집사육은 가족에 많은 스트레스를 제공함으로써 각종 질병 발생을 유발하고 항생제 등 동물의약품의 남용으로 축산물의 안정성에 대한 문제가 제기되고 있기 때문이다. 이러한 문제들이 제기됨에 따라 소비자들은 최소한의 동물복지가 제공되지 않은 동물들에 대해 부정적인 인식을 가지게 되었다.
- 예를 들면, 스트레스를 많이 받아 축산물의 품질이 떨어진다면, 농장경영주들이 확대하고 강제로 사육한 동물들을 구매하고 싶지는 않다 하는 인식을 가지게 된다. 또한 주 소비자층인 주부들의 입장에서는 품질이 떨어지고 윤리적으로도 좋지 않은 축산물을 구매하여 가족에게 제공하고 싶지 않다는 인식을 가지고 있다. 이러한 소비자들의 낮은 선호도와 부정적인 인식을 개선하기 위해서는 동물복지형 축산을 도입하여 친환경적이고 안전한 품질의 축산물을 생산해 내는 것이 필요하다. 동물들에게 안락한 보금자리와 사육환경을 제공해주어 생산된 축산물을 구입하는 소비자들은 동물들에 대한 양심의 가책이나 윤리적인 부분에서 어느 정도 부담감이 줄어들게 될 것이다. 또한 좋은 환경에서 스트레스를 적게 받고 항생제 약품을 최소한으로 사용한 축산물을 구매한다는 인식을 가지게 되어 자기의 가족에게서 제공할 수 있는 축산물에 대한 신뢰가 상승하게 된다. 따라서 동물복지형 축산을 도입하여 소비자들에게 동물복지를 보장하는 축산물을 제공한다면, 소비자들은 안전하고 좋은 품질의 축산물의 구매를 더욱 선호하게 될 것이라고 생각된다. 국내에서 소비자 동물복지형 축산업에 대한 농촌진흥청 국립축산과학원의 설문조사를 살펴보면 조사대상 500명중에 78%인 390명 정도가 동물복지형 축산물을 향후 구매할 의사가 있다고 응답하였다. 구매할 의사가 있다고 응답한 소비자들 중에서 동물복지 축산물을 구매하고자하는 가장 큰 이유는 ‘자연적으로 기른 축산물이 건강에 좋기 때문에’라는 의견이 52.1%로 가장 많았다. 그 다음에는 ‘각종 질병의 발병률을 낮추기 때문에’라는 이유가 29.5%였고, ‘농장 동물들도 인도적으로 대우를 받을 권리가 있다’는 응답이 12.3%, ‘스트레스를 적게 받아서 맛이 더 좋기 때문에’라는 이유가 6.2%로 그 뒤를 이었다. 이러한 설문조사결과는 소비자는 동물복지형 축산물 구매의사 결정에 있어 농장동물의 복지보다는 본인의 건강 및 축산물의 안정성 등을 더중요한 고려요소로 인지하고 있는 것으로 나타났다. 또한 동물복지형 축산물 구매가 농장동물의 복지에 긍정적인 영향을 미친다고 생각하는 응답자는 67%이상(매우좋은 영향 6.4%, 어느 정도 영향 60.6%)으로 나타났다. 이는 조사대상사자의 절반이상이 소비자의 적극적인 구매를 통해 동물복지형 축산이 확대될 것으로 생각하고 있다는 것으로 사료된다. ‘동물복지 축산농장’ 인증을 받은 축산농가들은 정부가 제시하는 높은 수준의 동물복지 기준에 따라 인도적으로 동물을 사육한다는 것을 국가가 인증하고, 이에따라 인증농장에서 생산되는 축산물에 ‘동물복지 축산농장 인증마크’를 표시하게 된다. 이와 같이 동물복지를 시행하는 축산농가들이 생산하는 축산물에 대해 동물복지 인증마크를 통해 정부가 인정하게 된다. 동물복지형 축산물의 가격은 일반 축산물에 비해 비싸기는 하지만, 품질과 보증면에서 월등히 높은 수준을 가지게 된다. 동물복지형 축산물은 양질의 사료와 사육환경을 제공하고 동물용 의약품을 최소한으로 안전하게 사용하여 친환경 사육시설과 질병에 대한 방역을 철저히 하는 생산체계를 갖추기 때문에 생산비가 일반 비용에 비해 높게 책정된다. 하지만 맛과 품질이 우수하고 균일하며 소비자들이 믿고 구매할 수 있다는 장점이 있어 이러한 동물복지형 프리미엄 축산물에 대한 인지와 수요가 점점 높아지고 있는 실정이다. 그

러므로 소비자들은 고품질 프리미엄 축산물을 통해 안전한 먹거리와 고품질의 축산물을 한번에 공급받을 수 있는 혜택을 받게 된다.

- 한국농촌경제연구원(2010)에서는 소비자 806명을 대상으로 사육과정의 확대여부를 인식하고 있는지 설문한 결과, 응답자의 50.3%는 가축의 사육과정 중 확대가 있다고 응답하였으며 19.1% 없다고 응답하여 응답자의 다수가 사육과정에 확대가 있다고 인식하는 것으로 나타났다. 일반 소비자들이 축산물의 생산과정에 대한 배경지식의 수준은 미미한 수준으로 가축들이 어떤 환경에서 어떤 대우를 받고 사양되어 판매되는지에 대한 인지도와 관심도가 많이 떨어지는 것이 현실적 상황이다. 이렇게 소비자들이 사육과정에 대한 정보를 모르는 상황이 지속된다면, 당연히 축산물의 품질에 대한 잘못된 정보와 억측이 만연하게 되고 축산업에 대한 불신도 증가하게 될 것이다.

[표 2-1-75] 가축의 사육과정중 확대나 고통의 정도에 대한 응답

구 분		응답자수(명)	비율(%)
학대있음	강	65	8.0
	약	342	42.3
보통		172	21.3
학대없음	강	112	13.8
	약	43	5.3
모름		75	9.3
계		809	100.0

[자료 : 동물복지형 축산의 동향과 정책과제, 한국농촌경제연구원(2010)]

- 배정환 등(2011)은 동물복지형 축산물에 대한 소비자 지불용의액에 대해 소비자설문조사를 기초로 분석한 결과 일반축산물대비 가격이 높았지만 유기축산물대비 가격이 모두 낮다고 보고하였다. 동물복지형 돼지고기는 일반 돼지고기보다는 5,610원 높고, 유기 돼지고기보다는 390원 낮다고 보고하였다. 닭고기의 경우 일반 닭고기대비 1,870원 높고, 유기 닭고기보다는 130원 낮다고 보고하였다. 결과적으로 동물복지형 축산물에 대한 지불용의액이 일반축산물대비 돼지고기의 경우 47%, 닭고기는 37% 높다고 보고하였고, 유기축산물 대비 동물복지형 돼지고기와 닭고기는 모두 2% 낮았다고 보고하였다.

[표 2-1-76] 동물복지형 축산물의 지불용의액과 시장평균가격의 비교

	동물복지형 지불용의액 (원)	일반축산물과의 가격차이 (원)	유기축산물과의 가격차이 (원)
돼지고기	17,610	5,610	-390
닭고기	6,870	1,870	-130

[자료 : 동물복지를 고려한 축산물에 대한 지불용의액 추정, 농업경제연구(2011)]

- 박종수 등(2014)은 ‘동물복지 축산 직불제 도입방안’ 연구에서 동물복지 축산물 도입에 따른 소비자 인식 및 지불의사금액 조사를 위해 서울 및 수도권에 거주하는 일반 소비자를 대상으로 조사원이 일대일 면접에 의한 대인 면접조사를 실시한 결과 소비자들이 동물복지 축산인증에 대해 들어본 적이 있느냐에 대한 질문에 “들어본 적이 없다” 261명(50.3%), “들어본 적이 있다” 258명(49.7%)로 들어본 적 없는 소비자가 약간 더 높게 나타났다.

[표 2-1-77] 동물복지 축산인증 인지여부

구분	응답자수(명)	비중(%)	누적비중(%)
들어본적 있다	258	49.7	49.7
들어본 적이 없다	261	50.3	100.0
계	519	100.0	

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부(2014)]

- 또한 소비자들의 동물복지 축산인증의 필요성에 대해 리커트 7점척도(1점 “매우 필요하다”~7점 “전혀 필요하지 않다”)로 조사한 결과, 응답의 평균값이 2.66으로 필요성에 대해 높게 인식하고 있다고 보고하였다.

[표 2-1-78] 동물복지 축산인증 필요성

	① 매우 필요하다	②	③	④ 보통	⑤	⑥	⑥ 전혀 필요하지 않다	합 계
응답자수	147	108	63	178	23	0	0	519
비율(%)	28.3	20.8	12.1	34.3	4.4	0.0	0.0	100

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부(2014)]

- 소비자들의 동물복지 인증 축산물에 대한 추가지불에 대한 질문에 인증의 필요성에 71.7%의 소비자인 372명이 추가지불할 의사가 있다고 응답하였다.

[표 2-1-79] 동물복지 축산인증 인지여부

구분	응답자수(명)	비중(%)	누적비중(%)
추가 부담할 것이다	372	71.7	71.7
추가 부담 안 할 것이다	147	28.3	100.0
계	519	100.0	

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부(2014)]

- 동물복지 인증 축산물의 추가지불에 돼지고기 19.57%, 쇠고기 11.32%를 추가지불할 의사가 있는 것으로 보고하였다.

[표 2-1-80] 동물복지 축산인증 인지여부

	최소값	최대값	평균	표준편차
돼지고기 추가지불	2	50	19.57	8.742
닭고기 추가지불	2	60	19.53	9.239

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부(2014)]

- 소득별로 모든 축산물이 소득이 높으면 동물복지 인증 축산물의 지불의사금액이 높아지는 것으로 보고하였다.

[표 2-1-81] 소득별 동물복지 축산물 추가지불 정도

구분	소득	평균	표준편차
돼지고기 추가지불	200만원 미만	17.92	8.192
	200만원대	16.33	7.130
	300만원대	19.39	7.358
	400만원대	18.64	8.925
	500만원대	21.59	8.905
	600만원 이상	27.70	10.247
	합계	19.57	8.742
닭고기 추가지불	200만원 미만	15.63	6.011
	200만원대	16.41	6.367
	300만원대	19.01	7.152
	400만원대	20.76	10.679
	500만원대	22.80	11.940
	600만원 이상	26.76	11.256
	합계	19.53	9.239

[자료 : 동물복지 축산 직불제 도입방안, 농림축산식품부(2014)]

- 소비자가 위생·안전성에 식별을 위하여 하는 방법으로 “동물복지 인증제도를 통해”가 가장 높은 응답을 보이고 있어 인증제도가 위생·안전성 식별에 도움을 주고 있는 것으로 나타났다. 또한 소비자들의 동물복지 축산인증의 필요성에 대해서는 높게 인식하고 있었고, 소비자들의 동물복지 인증을 받은 축산물에 대해 추가지불에 대한 질문에 인증의 필요성은 71.7%의 소비자인 372명이 추가지불할 의사가 있다고 응답하였다. 동물복지 인증 축산물의 추가지불할 용의에 대하여 설문조사한 결과 응답자중 돼지고기 19.57% 일반가격에 비해 더 추가지불할 의사가 있는 것으로 조사되었다. 추가 금액을 지불하지 않겠다는 소비자의 이유는 “관련자나 단체가 해결해야 한다”가 52명 35.4%로 가장 높은 비중을 나타내고 있으며, “정부가 부담해야 한다” 46명(31.3%), “경제적 여유가 없다” 31명(21.1%), “지불할 필요성이 없다” 18명(12.2%) 순으로 나타났다.

3. 3차년도 연구결과

가. 동물복지 축산물의 품질 차별화를 위한 인증개선안 마련

- 국내 축산업에서 동물복지 축산이 대규모 사육에 따른 문제점을 해결하고, 안전한 축산물에 대한 소비자 욕구를 충족시킬 수 있는 기대에 부응 할 수 있으려면 기존의 무항생제 축산과 유기축산대비 새로운 정책과 홍보 방식이 도입되어야 함.
- 국내 동물복지 정책은 1991년에 동물보호법이 제정된 이래 두 번의 개정을 포함한 수차례 개정이 이루어졌음. 이에 따라 반려동물·농장동물·실험동물의 보호 및 복지에 대한 전반적인 내용을 담게 되었음. 농장동물의 경우 동물 운송 및 도축, 동물복지 축산농장 인증제 도입 및 지원, 동물학대 금지 및 처벌 강화 등이 규정되어 있음
- 2008년 동물보호·복지 종합대책 및 2010년 동물보호·복지 추진대책을 근거로 동물보호법 개정을 통한 동물복지 축산농장 인증제 도입 축산물 인증표시를 추진하였음. 도입 용이성 및 동물복지 여건 등을 고려하여 축종별로 순차적으로 도입하고 있으며, 2013년 3월 산란계에 대해 처음으로 동물복지축산농장 인증제가 도입되었고, 2013년 9월에 돼지에 대한

인증기준을 마련하였음. 또한 2013년 8월에 권고사항이던 동물운송 규정이 의무화되고 전 기물이 도구를 사용하거나 운송용 우리를 던지거나 동물에게 상해를 입히는 행위에 대해 관태료를 부과할 수 있도록 동물보호법이 개정되어 2014년 2월부터 시행되고 있음

- 농림축산식품부는 2020년 1월에 「2020~2024년 동물복지 종합계획」 수립·발표하여 (「동물보호법」에 따른 5년 단위 법정 계획), 성숙한 동물보호·복지 문화 확산을 위한 6대 분야 26대 과제 제시하였음. 그 주요내용은 ①(동물보호·복지 인식 개선) 소유자 준수사항 강화, 동물학대 유형별 처벌 차등화, 동물보호·복지 교육 활성화, 동물등록제 개선, ②(반려동물 영업 관리 강화) 반려동물 생산·유통환경 개선, 불법 영업 철폐, 이력 관리 강화, 서비스 품질 개선, ③(유기·피학대 동물 보호 수준 제고) 동물보호시설 관리 강화 및 지자체 동물구조·보호 전문성 제고, ④(농장동물의 복지 개선) 축산농가, 도축장 등을 대상으로 동물복지 관련 기준 구체화, 이행여부 점검 강화, ⑤(동물실험 윤리성 제고) 동물실험시행기관 준수사항 및 동물실험윤리위원회의 기능을 법률로 명확화, 사역동물 실험관리 개선, ⑥(동물보호·복지 거버넌스 확립) 동물복지위원회 기능 강화, 정책 지원 전문기관 구축임.

[표 2-1-82] 2020~2024년 동물복지 종합계획」 종합계획은 6대 분야 26대 과제

6대 분야	연도별 정책 주요 과제 추진 로드맵				
	2020	2021	2022	2023	2024
① 동물보호·복지 인식 개선	▶소유자 명의로 동물등록 신청 후 판매 의무화	▶동물학대 처벌 강화 ▶외출시 목줄 길이 제한	▶소유자 의무 교육 확대 ▶기질평가 도입 ▶학대행위 범위 확대		
② 반려동물 영업 관리 강화	▶생산업 서비스업 기준 개선	▶무허가 영업 처벌 강화	▶인터넷 반려동물 판매 광고 제한	▶반려동물 국가 자격 운영	▶반려동물 이력 시스템 운영
③ 유기·피학대 동물 보호 수준 제고	▶지자체 동물 보호센터 기준 강화 방안 마련	▶동물 인수제 근거 마련 ▶피학대 동물 구조 범위 확대	▶사설보호소 신고제 도입		
④ 농장동물의 복지 개선	▶사육단계 동물 복지 기준 적용	▶동물복지축산 인증기관 개편	▶운송·도축 단계 기준 강화 적용	▶동물복지축산 인증범위 확대	
⑤ 동물실험 윤리성 제고	▶사역동물 실험 요건 강화	▶동물실험계획 심의 범위 확대		▶대체시험법 보급 포털 구축	
⑥ 동물보호·복지 거버넌스 확립	▶인구총조사에 반려동물 사육 여부 포함	▶동물복지위원회 개편		▶동물보호 전문 기관 구축	

[자료 : 농림축산식품부, 2010]

- 국내 축산업에서 동물복지 축산업 확대에 있어 제약요인으로 첫째, 동물복지와 동물권리의 차이, 동물복지 축산과 유기축산의 차이를 명확히 해야 하고, 둘째, 동물복지 축산이 일반축산대비 생산성 및 비용측면에서 떨어지고, 셋째, 동물복지 축산 확대를 위한 정책적인 뒷받침이 되어야 함

(1) 사육단계 동물복지 품질관리 방안

(가) 동물복지 양돈장

- 사육규모는 최소 돼지 300마리 이상 또는 모돈 30마리 이상이어야 하지만 축산물위생관리법 제24조에 따라 식육판매업 또는 식육즉석판매가공업으로 신고한 자가 운영하는 농장의 인증 신청 사육규모는 최소 돼지 100마리이상이어야 함.

[표 2-1-83] 국내 동물복지 양돈장 인증기준

구 분	구 비 요 건
관리자 의무	<p>(1) 관리자는 다음 사항을 기록한 사육·유통 관련 자료를 2년 이상 보관하고, 관계기관이 열람을 요구할 때는 이를 제공해야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 동물의 입식·출하 현황 폐사체 관리현황 ② 성장 단계별 사육 개체수(자돈, 육성돈, 비육돈, 임신모돈, 종모돈 등) 및 돈사 내부면적(휴식공간 별도 표시) ③ 사료의 생산·구입, 영양성분 및 급여내용 ④ 사료 섭취량 및 음수량(음수량은 측정이 가능할 경우에만 기록) ⑤ 돈사 내 일일 최고 및 최저 온도 ⑥ 청소 및 소독내용 ⑦ 깔짚 소요내역 및 구입 증빙자료 ⑧ 질병예방 프로그램 ⑨약품, 백신 구입·사용내용 및 질병관리 현황 ⑩ 돼지의 건강상태 등 점검 내용 ⑪ 기계화·자동화 설비, 경보장치, 보조전력 공급장치 등의 점검내용 ⑫ 출하량 및 운송차량, 출하차별 거래내역 <p>(2) 관리자는 화재, 수해, 정전, 자동화 설비의 고장 등 긴급 상황에 대한 적절한 대비계획을 수립하여 운영하여야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 긴급 상황에서도 사료와 물을 급여하고 환기를 할 수 있도록 대비해야 한다. ② 긴급 대비계획에 대한 내용을 정기적으로 점검하고 보완해야 한다. <p>(3) 관리자는 돼지고기 이력제 등에 참여하여 농장 이력 추적이 가능하게 하여야 한다.</p>
돼지의 건강 상태 등 점검	<p>(1) 관리자는 돼지가 병들거나 상처 입었거나 이상행동을 보이는 지 다음 상황에 따라 매일 1회 이상 정밀 점검을 실시하여야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 돼지가 고통이나 스트레스를 받지 않도록 조심스럽게 돼지를 다루거나 점검하여야 한다. ② 무리에서 따돌림, 빠르거나 불규칙적인 호흡, 기침, 설사, 식욕부진 등과 이상행동 여부를 관찰한다. ③ 사육환경 또는 질병 등에 의해 고통을 받고 있는 돼지가 있는지 확인한다. <p>(2) 점검을 통해 이상행동을 하거나 질병 및 부상 등 고통을 받는 돼지가 발견되면 적합한 방식으로 신속하게 조치를 취해야 한다. 만일 관리자가 조치하기 어려우면 가능한 빨리 수의사의 진료를 받아야 한다.</p> <p>(3) 점검이 끝나면 관리자는 다음 사항의 점검 내용에 대해 기록을 남겨야 한다. (다음의 기록사항이 있을 경우에 날짜와 함께 기록)</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 폐사 및 도태 수와 사유, 도태 방법 ② 이상행동을 하거나 질병 및 부상당한 돼지의 수와 원인, 조치내용
건강관리	<p>(1) 관리자는 돼지의 질병을 예방하도록 수의사의 자문을 받아 예방 접종 등 질병예방 계획을 수립하여야 한다(수의사의 서명 포함).</p> <p>(2) 관리자의 질병예방 계획에는 다음 사항이 포함되어야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 살모넬라·대장균 등에 의한 질병 관리 프로그램 ② 백신 접종 프로그램 ③ 내·외부 기생충 관리 프로그램 ④ 병들거나 상처입은 동물의 격리 절차 ⑤ 파행 등 발 질병 관리 방법 <p>(3) 관리자는 돼지의 다리와 발 상태를 면밀하게 관찰해야 하며, 파행 발의 비정상적인 마모, 염증 등이 있는 경우 원</p>

구 분	구 비 요 건
	<p>인을 찾아서 적절한 조치를 취해야 한다.</p> <p>(4) 필요 시 내·외부 기생충은 적절한 방법으로 방제한다.</p> <p>(5) 질병이나 상처가 있는 돼지는 격리시설에 격리하여 치료한다.</p> <p>(6) 수의사가 정기적으로 방문하여 돼지의 질병 등에 대해 점검하여야 한다.</p>
동물관리	<p>(1) 돼지의 꼬리, 귀, 다리 또는 기타 신체부위를 잡아당기거나 끄는 등 강압적인 행위를 원칙적으로 해서는 안된다.</p> <p>(2) 다음의 경우를 제외하고는 돼지를 보정 또는 감금해서는 안 되며, 이 경우에도 필요 이상으로 보정 또는 감금해서는 안된다.</p> <p>① 수의학적 목적으로 실시하는 검사, 혈액채취 및 치료</p> <p>② 특정 사료의 급여</p> <p>③ 표식, 세척 및 체중측정</p> <p>④ 축사 내 청소</p> <p>⑤ 인공수정</p> <p>⑥ 운송을 위한 대기</p> <p>(3) 돼지는 기존 무리와 새로운 무리가 섞여 싸움이 일어나지 않도록 가능한 무리 구성원의 변화가 없도록 관리해야 한다.</p> <p>(4) 무리 내 경신돈과 후보돈 사이에 싸움이나 괴롭힘이 발생하지 않도록 대책을 강구해야 한다.</p> <p>(5) 돼지들에게 외상이 발생할 정도로 심하게 싸울 경우, 이를 방지하기 위해 환경이나 관리방법을 변경하여야 한다.</p> <p>(6) 돼지의 행동욕구를 충족시킬 수 있도록 보조물을 제공해야 한다.</p> <p>① 먹을 것을 찾아 코로 파헤치고 발로 긁거나 씹는 행동욕구를 충족시킬 수 있도록 짚, 나무조각, 톱밥, 가죽 끈 등 적합한 보조물을 제공해야 한다.</p> <p>② 다른 돼지의 꼬리, 옆구리, 귀, 음문 등을 무는 등 비정상적인 행동을 할 경우 씹거나 입으로 가지고 놀 수 있는 흥미있는 보조물을 즉시 제공해야 한다.</p> <p>(7) 농장 내에서 돼지를 이동시킬 경우, 상처나 고통을 받지 않도록 적절한 방법을 사용하여야 하며, 낯선 환경에 따른 스트레스를 받지 않도록 충분한 시간적 여유를 가지고 이동시켜야 한다.</p>
급여	<p>(1) 모든 돼지는 품종, 연령 등에 따라 영양 균형이 맞는 사료를 매일 1회 이상 충분히 섭취할 수 있어야 한다 (수의사의 처방 시 제외)</p> <p>(2) 사료나 물을 먹기 어려운 돼지가 있으면 적절한 조치를 취해야 한다.</p> <p>(3) 포유류 또는 조류 유래 단백질은 포함하는 사료를 제공하여서는 안 된다. 다만, 우유, 계란 유래 단백질은 제외한다.</p> <p>(4) 돼지가 먹을 수 있는 풀을 제공하여야 한다.</p> <p>(5) 급여기의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 급여기는 모든 돼지의 접근이 용이한 위치에 오염이 되지 않도록 설치하고 관리해야 한다.</p> <p>② 제한 급여를 할 경우, 모든 돼지가 동시에 먹을 수 있는 급여공간이 확보되어야 한다.(어깨넓이의 1.1배 이상)</p> <p>③ 무제한 급여를 할 경우, 1개의 급여공간(1마리가 사료를 먹을 때 필요한 공간)당 돼지 수의 제한은 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 급여공간을 나누는 칸막이가 없는 건식 급여기: 최대 6마리 - 칸막이가 있는 급여기: 최대 10마리 - 습식 급여기: 최대 14마리 <p>④ 습식 급여기에는 급여공간을 나누는 칸막이가 있어야 한다.</p> <p>⑤ 전자식 급여기는 적절한 수량을 설치하여야 한다.</p>
급수	<p>(1) 수의사의 별도 지시가 있는 경우를 제외하고, 모든 돼지는 항상 신선하고 깨끗한 물을 충분히 섭취할 수 있어야 한다.</p> <p>(2) 물은 최소 1년에 1회 이상 정기적으로 검사하고 그 기록을 2년 이상 보관해야 하며, 수질 기준은 「지하수의 수질보전 등에 관한 규칙」 제11조에 따른 생활용수 수질기준에 적합해야 한다. 다만 일반세균은 1mL 중 1,000CFU(Colony Forming Unit)를 초과해서는 안된다.</p> <p>(3) 겨울에도 급수가 항상 가능하도록 대책을 마련하여야 한다.</p>

구 분	구 비 요 건
-----	---------

(4) 급수기의 기준은 다음과 같다

- ① 급수기는 모든 돼지의 접근이 용이한 위치에 오염이 되지 않도록 설치하고 관리해야 한다.
- ② 돼지 10마리당 1개의 급수공간(1마리가 물을 먹을 때 필요한 공간)을 제공해야 한다.
- ③ 사료조에 물을 담아 제공할 경우 사료조의 기준은 다음과 같다.

체중, kg	사료조 1m당 최대 마리수
< 25	100
25~40	84
> 40	67

- ④ 급수기의 유속은 사육단계별로 돼지가 필요한 수분섭취량을 충족시킬수 있어야 한다.
- ⑤ 급수기가 같이 있는 급이기를 사용하는 경우에도 별도로 급수기를 설치하여야 한다(돼지 10마리당 1개 급수공간).
- ⑥ 사육단계별 니플형 급수기 유속기준은 다음과 같다.

사육단계	유속 (ml/min)
이유까지	300
~20kg	500~1000
20~40kg	1000~1500
100kg까지	1000~1500
미경산돈 및 임신돈	2000
수유 분만돈	2000
웅돈	2000

준수사항

- (1) 자돈은 생후 28일 이전에 이유해서는 안 된다. 다만 다음의 경우에는 그러하지 아니한다
 - ① 모돈이나 자돈의 건강과 복지에 저해된다고 수의사가 판단하여 지시하는 경우
 - ② 모돈사와 분리되어 있으며 완전히 배어있고 내부의 청소 및 소독상태가 완벽한 자돈사로 옮기는 경우에는 최대 7일 빠른 개외알령 이상 이유할 수 있다
- (2) 돼지의 단미는 금지한다. 다만 꼬피물기 피해로 인해 동물복지가 저해된다고 수의사가 처방하는 경우에는 그러하지 아니한다
 - ① 단미시술을 할 경우 꼬피는 필요에 따라 최소한의 길이만 자르되 꼬피의 절반 이상을 제거해서는 안 된다
 - ② 수의사가 서명한 관련 서류에는 다음 사항이 포함되어야 한다
 - 해당 시설의 꼬피물기 피해상황(발생 일자, 피해 돼지의 수, 발생 빈도, 피해 사진 등)
 - 꼬피물기를 완화시키기 위해 시도한 단미시술 이외의 방법 및 결과
 - 단미시술 방법 및 사용 장비
 - 꼬피물기 재발방지를 위한 대책
- (3) 모든 돼지는 군사사육을 원칙으로 하며, 스톨 내 감금사육은 금지한다. 다만 임신돈의 안정과 유산 방지를 위하여 교미 또는 인공수정 후부터 4주까지는 스톨에서 사육할 수 있다
- (4) 신생자돈의 송곳니 발치 또는 절치는 금지하며, 모돈의 복지에 저해되는 경우에 한하여 연삭만 허용된다
 - ① 수의사 또는 숙련된 자가 송곳니 연삭을 실시하여야 하며 송곳니의 날카로운 부위만 제거해야 한다
 - ② 생후 48시간 이내에 실시하는 것을 원칙으로 하고, 약하고 병든 자돈에 한하여 생후 3일 이내에 실시할 수 있다
- (5) 비외과적 방법을 이용하여 응취를 제거하거나 응취가 안하는 품종을 이용하는 등 외과적 거세를 하지 않도록 노력해야 한다

구분	구비요건
	<p>다</p> <p>① 외과적 거세를 할 경우 수의사나 숙련된 자가 생후 7일 이전에 하여야 하며 거세 후 자돈의 상태를 면밀하게 관찰하여 염증이 발생하면 신속하게 치료해야 한다</p> <p>② 생후 7일 이후에는 수의사만 외과적 거세를 실시할 수 있다</p> <p>(6) 이표또는 자돈의 이자, 마킹 문신은 수의사나 숙련된 자가 적합한 도구를 이용하여 위생적인 환경에서 실시하여야 한다</p> <p>① 이자는 한 쪽 귀에만 실시할 수 있다</p> <p>(7) 전기봉을 보유하거나 사용해서는 안 된다</p> <p>(8) 다른 농장에서 돼지(옹돈, 후보돈 제외)를 입식하는 경우에는 동물복지 인증 축산농장에서 생산·사육된 돼지만 입식하여야 한다</p> <p>(9) 농장 내에 돼지 이외의 동물을 식용을 목적으로 사육해서는 안 된다</p>
도태	<p>(1) 해결할 수 없는 극심한 고통을 겪고 있는 돼지는 즉시 동물복지를 고려한 방법으로 도태시켜야 한다.</p> <p>(2) 돼지의 고통을 최소화하기 위한 도태는 수의사가 실시하여야 한다. 다만 동물복지 교육을 이수한 자 등 숙련된 자가 다음의 방법으로 실시하는 도태는 허용한다.</p> <p>① 4주령 이하의 자돈의 경우 둔기를 이용한 두부 중앙부위 타격</p> <p>② 기축총(captive bolt stunner), 전기충격기, 가스장치를 이용한 기절 후 즉시 방혈</p> <p>(3) 사체를 처리하게 전에 돼지가 죽었는지 반드시 확인하여야 한다.</p>

[자료 : 농림축산검역본부 고시 제2018-4호]

[표 2-1-84] 거세에 대한 동물복지측면에서 과학적 견해

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
1	육성기는 성장 과정이며 옹취가 발생하는 시기이기 때문에 수퇘지 도축시기의 지표로 사용해서는 안 된다.	관련 복지 측정법이 없다.	
2	거세율 등에 관한 정보를 얻는 것은 EU 전체 수준에서 수행되는 경영상의 결정에 영향을 미칠 수 있다.	관련 복지 측정법이 없다.	
3	돼지를 거세 할 가능성이 있는 모든 요원의 훈련을 요구하는 지침 2001/93/EC를 시행해야 한다.	관련 복지 측정법이 없다.	훈련 기록.
4	거세와 관련된 위험을 정량화하기 위해, 성장, 면역 체계 및 동물 건강에 미칠 수 있는 해로운 영향에 대한 정보를 수집해야 한다.	농장에서의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 고환의 존재와 크기.	치료 기록. 성장 능력 자료
5	모든 연령에서 거세는 고통을 유발하므로 신생자돈 기간을 포함하여 마취 없이 거세하고 장기적인 진통제를 투여하는 기간을 7일로 제한하는 것은 조정해야 함	관련 복지 측정법이 없다.	
6	복합 수술 절차의 상호 작용에 대한 복지에 미치는 정보는 그러한 절차를 결합하는 것이 바람직하다는 권고가 내려지기 전에 유용할 것이다.	관련 복지 측정법이 없다.(통증 평가 참고 사항, 2.1 절 참조).	
7	현재 농장에서 거세중인 돼지에게 전신 마취 방법을 추천하는 것은 불가능하지만, 돼지 거세에 국소 마취를 사용해야 한다. 거세된 새끼 돼지의 통증을 예방하기 위해 진통제를 사용해야 한다.	관련 복지 측정법이 없다(통증 평가 참고 사항, 2.1 절 참조).	마취 및 진통제에 대한 관리자 문의 (WQ.6.1A.3.3). 치료 기록.
8	진단 및 치료 목적으로 암컷 돼지의 거세가 필요한 경우 마취와 진통제를 사용해야 한다.	관련 복지 측정법이 없다.(통증 평가 참고 사항, 2.1 절 참조).	마취 및 진통제에 대한 관리자 문의 치료 기록.
9	수컷들은 거세돈보다 더 공격적이고 더 많이 싸우기 때문에 수퇘지들과 섞는 것은 피해야 한다.	농장 / 도축장에서 피부 병변. 상처를 유발하는 공격성 우려가 되는 행동 점수.	그룹화를 포함한 관리 절차 기록
10	각 그룹의 동물들은 운송과 계류 준비 과정에서 섞여서는 안 된다.	농장 / 도축장에서 피부 병변. 상처를 유발하는 공격성	그룹화를 포함한 관리 절차 기록
11	연지방은 사료에서 지방산 성분을 변화시켜 피할 수 있다. 그러나 이러한 불포화 지방은 사람의 섭취에 영양적 이점을 가질 수 있다.	관련 복지 측정법이 없다.	
12	옹취에 대한 감각 평가와 화학 측정을 조화시킬 필요가 있다.	관련 복지 측정법이 없다.	
13	도축장에서의 돼지 사체 수용 여부에 대한 옹취 기준은 지식이 향상됨에 따라 개정되어야 한다.	관련 복지 측정법이 없다.	

[표 2-1-84] 거세에 대한 동물복지측면에서 과학적 견해

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
14	돼지는 가능한 한 섞이지 않아야한다. 이상적으로는 출생부터 도살까지 그대로 유지해야한다.	농장 도축장에서 피부 병변. 상처를 유발하는 공격성 우려가 되는 행동 점수.	그룹화를 포함한 관리 절차 기록
15	현재의 지식으로는, 웅취를 피하기 위해 체중이 낮거나 어린 나이에 돼지를 도살하는 것은 적절하지 않다.	관련 복지 측정법이 없다.	
16	도축하기 전 주 동안은 우리 바닥은 깨끗해야 하며 무더운 여름에는 온도 조절이 가능해야한다.	헐헐 거림 신체에 분변이 묻은 정도의 점수 눕는 위치	스프링클러 또는 샤워기의 존재를 평가 주변 온도의 기록
17	웅취의 원인이 되는 유전자의 빈도를 줄이는 것이 필요 한다.	관련 복지 측정법이 없다.	
18	현재의 지식수준으로는 동물에게 가해지는 통증과 웅취의 감소를 향상시키는 정보가 부족하기 때문에 화학적 거세는 권장하지 않음	관련 복지 측정법이 없다.	
19	현재 지식수준에서 면역 거세는 다음 이유로 권장할 수 없다. · 상업돈군에서 웅취를 감소시키기 위한 돈군의 면역 거세 효과는 알려진 바가 없음 · 면역적 거세를 한 개체를 도축장에서 개별적으로 확인해야 함. 이러한 맥락에서 가능한 목표는 외과적 거세의 면역적 거세를 통한 웅취의 수준을 외과적 거세에서 관찰되는 현재의 결과와 유사하도록 하는 것이다. · 실시하는 사람의 안전 · 면역적 거세의 복지수준이 적어도 수술 방법만큼 우수해야 함 그렇지만 그러한 우려가 해결되면 면역거세는 유럽 양돈산업에서 귀중한 도구가 될 수 있다.	관련 복지 측정법이 없다.	
20	정자의 성별 변별과 그 수태 방법에 대한 권장사항은 없다.	관련 복지 측정법이 없다.	
21	현재 전체 수태지 도체로부터 지방에 적용하는 검사는 계속 이루어져야 한다. 도축장에서 이용하기 위한 조화된 온라인 테스트의 개발도 장려해야 한다.	관련 복지 측정법이 없다.	

[표 2-1-84] 거세에 대한 동물복지측면에서 과학적 견해

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
22	웅취 물질 검출을 위한 80kg의 도체 무게 제한에 대해 의문을 제기해야 한다.	관련 복지 측정법이 없다.	
23	웅취를 완전히 없앨 것이라는 가정하에서 현재 웅취 수준이 낮은 도체 가공 과정은 권장할 수 없다.	관련 복지 측정법이 없다.	
23-A	면역적 거세는 수퇘지 냄새를 줄이는데 효과적이며, 거세와 관련된 통증을 피할 수 있으므로 그 사용을 고려해야 한다.	관련 복지 측정법이 없다.	
23-B	새로운 정보를 고려할 때, 웅취 수준이 낮은 도체의 가공을 고려해야 한다.	관련 복지 측정법이 없다.	
N-1	skatole과 androstenone의 정량화를 위한 표준화되고 맞는 방법이 확립되어야 한다. 이 분야에서 표준화된 방법론을 확립하기 위해 국제적으로 조화 검증 프로토콜에 따라 조화 프로그램을 수행해야 한다. 돼지 도체에서 skatole과 androstenone을 분석하는 실험실의 성능을 검증하는 데 사용할 수 있는 안정적인 시료 표준 참조 물질이 필요하다. 가능한 경우, 이 목적을 위한 공인 된 표준물질(CRF)을 개발해야 한다.	관련 복지 측정법이 없다.	
N-2	경제적 타당성 조사, 소비자와 이해 관계자에 대한 이해와 태도 조사를 포함하여 외과적 거세에 대한 대안의 영향에 관한 범 유럽 사회 경제적 연구가 권고됩니다.	관련 복지 측정법이 없다.	

[자료:EFSA, 2004]

※ 거세에 대한 여러 권고사항은 동물 복지 평가와 직접적인 관련이 없고 소비자와 관련있는 웅취와 관련된 문제이다. 따라서 이러한 권장 사항에 동물 기반 측정법은 제안되지 않는다. 거세의 발생은 관리에 관한 간단한 질문에 의해 결정할 수 있지만, 살아있는 동물이나 도체에 대한 고통을 관찰하여 쉽게 검증할 수 있다. 현재 자돈을 이용하여 마취 및 진통제 사용을 포함한 거세 연령 및 방법에 대해 검사자가 할 수 있거나 찾을 수 있는 것은 거의 없다. 프로세스가 없으면 현재 농가의 기록 또는 관리 설문지만 이용할 수 있다. 따라서 자돈에서 고통 척도가 존재하고, 양돈장에서 이것을 이용할 수 있지만 기록만 표에 열거할 수 있는 것으로 간주된다. 거세가 면역 및 건강에 미치는 장기적인 부작용은 질병상태의 측정 및 수의학 치료, 폐사율 등에 대한 기록으로 평가할 수 있다. 대부분의 복지 관련 권장사항은 수컷이 보여주는 행동의 잠재적인 부작용과 관련이 있다. 이것은 자돈, 특히 생돈 혹은 도체의 피부 병변으로 평가할 수 있다. 공격성과 우려스러운 행동을 직접 관찰할 수 있지만 산발적인 특성으로 인해 제한된 검사 기간에는 의미가 없을 것이다.

[표 2-1-85] 이유자돈과 육성돈의 사육밀도와 돈사바닥의 효과에 대한 과학적 견해

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
1	<p>모든 돼지에게 관리뿐만 아니라 배설물 영역 외에 적절히 누울 공간을 제공하도록 향상된 축사 및 건물 설계를 고려해야 한다. 돼지를 깨끗이 유지하고, 악취와 암모니아 배출을 방지하도록 배설물위에 눕지 못하게 하고 누워있는 공간이 오염되는 것을 최소화시켜야 한다. 이는 다음을 통해 달성할 수 있다.</p> <p>(1) 전체 축사 공간을 늘려 누워있는 공간과 배설 지역을 더 잘 분리되도록 한다. 이 두 영역은 동일한 바닥 형태를 취할 수 있으나 두 영역의 구분이 확실하도록 해야함</p> <p>(2) 돼지가 누워있는 공간에서 배설하지 않도록 강제할 수 있는 적합한 크기의 배설물 공간을 제공해야 한다.</p> <p>(3) 예를 들어 물을 뿌려주거나 공기 흐름을 향상시키는 등의 방법으로 극심한 조건하에서 체온 조절을 촉진하여 공간을 관리</p>	<p>신체에 분변이 묻은 정도의 점수 웅크리고 떨고 있음 혈떡임 정성적 행동 평가 점수 농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質) 눕는 위치</p>	<p>축사의 청결도 (Banhazi et al.,2008) 공간허용(WQ.6.1A.2.3) 기온 (EFSA, 2007a, b, c) 기류 패턴(Velarde and Geers, 2007). 기질 공급 (EFSA, 2007a, b, c) 냉각 시설의 존재(샤워실) 암모니아 수준 눕는 공간 및 배설 영역 분리 제공</p>
2	<p>이유돈과 육성, 비육돈 모두에 대한 사육 시스템에서 공간 허용과 바닥 품질은 적절한 환경을 강화하여 제공해주어야 한다.</p>	<p>피부 병변 꼬리 물기 귀 물기 옆구리 물기 배를 코로 들이받는 행위 지속적인 조사 행위 탐색 행위 정성적 행동 평가 점수 꼬리 자세 농장또는 도축장에서의 꼬리 병변</p>	<p>기질의 존재 (EFSA, 2007a, b, c) 기질의 특성 및 양, 공간 허용 (WQ.6.1A.2.3)</p>
3	<p>모든 돼지는 고온지역 또는 저온지역에서 바닥 깔짚 제공 및 풍속 증가, 물뿌림, 연무 시스템, 따뜻한 환경에서 서로 접촉없이 누울수 있는 기회 등 온도가 중립적인 환경 및 체온조절에 적합한 기회를 제공해주어야 한다.</p>	<p>신체에 분변이 묻은 정도의 점수 웅크리고 떨고 있음 혈떡거림 정성적 행동 평가 점수 누워있는 자세 눕는 위치 체온</p>	<p>축사의 청결도 (Banhazi et al.,2008) 기온(EFSA, 2007a, b, c) 공기 흐름 패턴(Velarde and Geers, 2007). 기질 공급(EFSA, 2007a, b, c) 냉각 시설의 존재 (샤워 실)</p>

[표 2-1-85] 이유자돈과 육성돈의 사육밀도와 돈사바닥의 효과에 대한 과학적 견해

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
4	과밀은 질병 발생의 위험요소이며 열악한 복지의 원인이므로 피해야 함. 110kg까지의 돼지에 대해 25℃를 넘지 않는 온도하에서 최소공간 허용치는 k=0.036에 해당되어야 함. 주변 온도가 25℃를 초과할 경우 k=0.047에 해당하는 여유 공간을 이용함. 110kg을 넘는 돼지는 항상 k=0.047에 해당하는 여유 공간을 이용해야 함	피부 병변 꼬리 병변 귀 병변, 폐사율 농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 헐덕거림, 누워있는 자세 높은 위치 신체에 분변이 묻은 정도의 점수 꼬리 물기, 귀 물기, 옆구리 물기 공격성 정성적 행동 평가점수	공간 여유(WQ.6.1A.2.3) 축사의 청결도(Banhazi et al.,2008)
5	돼지의 질병을 최소화하기 위해, 특히 동물 수가 많은 곳에서 가능하면 연령에 따라 분리 사육을 해야 하며, 건물 설계는 분리사육이 용이해야 하며, 올인올아웃 정책을 사용해야 함.	농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質)	한 방에 유사한 연령의 돼지 All-in all-out 관리 정책
6	감염의 위험을 최소화하기 위해 야외 사육되는 돼지는 이중 울타리 사용 등을 통해 야생 포유류 및 멧돼지와 접촉으로부터 보호되어야 함. 야외 간이 사육시설은 방어가 어려움. 조류와 설치류의 침입을 최소화 해야 함	농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質)	야외 간이 사육시설(outdoor unit)의 배치
7	친숙하지 않은 돼지의 합사는 최소화해야 한다. 이들의 합사는 싸움을 유발하고, 일시적으로 요구 공간이 증가하며 질병의 위험성도 높고, 바닥으로 인한 발톱 및 사지의 병변이 발생할 수 있다.	피부 병변, 보행 점수 상처를 유발하는 공격성 지체 병변	합사 빈도(Sherritt et al., 1974)
8	양돈 시스템의 설계 및 관리 시 먼지를 포함한 공기 오염물질이 최소화 되도록 해야 한다. 생물학적 위험성(BIOHAZ.)의 채택	기침, 재채기 호흡 곤란, 뒤틀린 코 폐 및 호흡기 병리학 눈물 자극 급성기 단백질(急性期蛋白質)	암모니아, H2S, 먼지 및 총균수 (Velarde and Geers,2007) 치료 기록

[표 2-1-85] 이유자돈과 육성돈의 사육밀도와 돈사바닥의 효과에 대한 과학적 견해

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
9	돼지 사육 시스템은 최고 수준의 Good Farming Practice(GFP)에 따라 운영되고 설계해야 함.	관련 복지 측정법 없음	GFP 기준과 비교
10	특히 슬레이트 바닥은 돼지 이질과 같은 감염 질환뿐만 아니라 감염증을 유발하는 병원체를 통제 및 박멸하기 위해 효과적으로 세척 및 소독을 할 수 있어야 한다.	농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 신체에 분변이 묻은 정도의 점수 급성기 단백질(急性期蛋白質)	미생물 수 축사 청결도 (Banhazi et al., 2008) 치료 기록
11	특히 분변에 돼지가 노출되는 것을 최소화하는 등 위생수준을 유지함으로써 질병을 예방하기 위한 노력이 필요하다. 특히 이유 후가 더욱 중요하다.	농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 신체에 분변이 묻은 정도의 점수 급성기 단백질(急性期蛋白質)	축사 청소 빈도 기록(Banhazi 외., 2008) 치료 기록
12	슬레이트 바닥은 단단한 바닥과 비교하여 돈사 위생면에서 더 우수하며 낮은 질병발생율과 폐사율을 가져오기 때문에 분변지역에 이용해야 한다. 부분적으로 슬레이트 바닥을 사용하는 좋은 설계방안은 깔짚을 이용하는 부분보다 더 높은 위치에 슬레이트를 두는 것이다.	농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 신체에 분변이 묻은 정도의 점수 급성기 단백질(急性期蛋白質)	축사 바닥의 설계(EFSA, 2007a, b, c) 축사 청결도(Banhazi et al., 2008) 기질의 사용(EFSA, 2007 a, b, c)
13	EU에서 2006년부터 사료 첨가제로 항생제 사용을 금지한 후(EC No 1831/20039 규정), 항생제로 질병예방을 하고자 하는 효과를 대체하기 위해 특히 이유후 설사를 예방하기 위해 바닥 형태를 선택하는 것을 포함해서 돈사 공간을 여유있게 설계하고 훌륭한 돈사 위생을 포함한 관리 방안을 수립하는 것이 필요하다.	농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質)	치료 기록 축사 청결도(Banhazi et al., 2008) 돈사 바닥 설계(EFSA, 2007,a,b,c) 두당 면적(WQ.6.1A.2.3)
14	짚 및 기타 바닥 재료는 곰팡이 독소 및 기타 오염 물질의 영향을 포함하여 돼지의 건강에 부정적인 영향을 피하기 위해 위생적이며 “물리적으로” 좋은 품질이어야 한다.	농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質)	짚의 품질(EFSA, 2007a, b, c) 치료 기록
15	돼지들에게 필요한 돼지에게 직접적으로 닿는 환경적으로 풍족하고 적절하게 구비된 소량의 짚과 다른 바닥 재료들은 딱딱하고 평평한 바닥에서 사용할 수 있다. 만약 바닥재료를 이용하여 복지측면에서 열악해지지 않는다면 사용을 권장한다.	신체의 피부 병변 꼬리 병변, 귀 병변 다리 또는 발톱 병변 꼬리 물기, 귀 물기, 옆구리 물기 호기심이 많은 행동 배를 코로 들이받는 행위 정성적 행동 평가 점수	기질의 존재(EFSA, 2007a, b, c)

[표 2-1-85] 이유자돈과 육성돈의 사육밀도와 돈사바닥의 효과에 대한 과학적 견해

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
16	깊이가 있는 바닥 재료를 사용하는 경우 돼지 사육시설에서 바이러스성, 세균성 및 기생충성 병원체, 특히 장내 생물 및 병원균의 전염성 부하가 축적되는 것을 방지하기 위해 적절하게 관리해야한다. 분변을 모으는데 초점을 두기 전에 늘 추가하고, 정기적으로 교체해야 한다.	농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質) 신체에 분변이 묻은 정도의 점수	바닥재의 품질(EFSA, 2007a, b, c) 치료 기록 축사의 청결도 (Banhazi et al.,2008)
17	바닥은 효과적으로 수세 및 소독이 이루어져야 한다. 신선하고 건조한 분과 짚이나 톱밥같은 깔짚 재료는 수세와 소독 전에 제거해야 한다. 미리 수세하지 않고 소독하는 것은 쓸모없다. 바닥과 천장의 재질 및 설계는 이러한 수세 및 소독을 하기에 효과적이어야 한다. 그러므로 표면은 매끄럽고 불침투성이어야 오염물을 자유롭게 배수하고 세척할 수 있다.	농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質)	바닥재의 품질 (EFSA, 2007a, b, c) 바닥 청결 상태 (Banhazi et al., 2008) 치료 기록 축사의 청결도 (Banhazi et al.,2008)
18	위생상태를 잘 유지하기 위해서는 배설을 하는 구역의 슬레이트(천공) 바닥은 배설물과 액체가 잘 빠져나가도록 해야 한다.	신체에 분변이 묻은 정도의 점수 농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質)	축사의 청결도 (Banhazi et al., 2008) 치료 기록
19	돈사 바닥을 설계할 때, 건물 관리는 온도 조절에 최적 조건을 제공해야 한다. 온도 조절이 효과적이고, 깔짚 재료에 언제든지 접근하는 등 돼지에게 필요한 모든 요구사항들이 이에 포함되어야 한다.	신체에 분변이 묻은 정도의 점수 웅크리고 떨고 있음 혈떡거림 정성적 행동 평가 점수 호기심이 많은 행동 누워있는 자세 높은 위치	축사의 청결도(Banhazi et al.,2008) 기온(EFSA, 2007a, b, c) 공기 흐름 패턴(Velarde and Geers, 2007) 기질 공급(EFSA, 2007a, b, c) 냉각 시설의 존재(샤워 실)
20	금속 메쉬 바닥은 구멍 대비 발판 비율이 낮고 단단한 금속 단면으로 발톱 손상이 종종 유발되므로 사용해서는 안된다.	피부 병변, 보행 점수 미끄러지거나 넘어짐 발 병변	바닥의 설계(EFSA, 2007a, b, c)
21	돼지에게 부상을 입힐 수 있는(발톱 또는 다리) 바닥의 재질은 사용 되서는 안 된다.	피부 병변, 보행 점수 미끄러지거나 넘어짐 발 병변	바닥의 설계(EFSA, 2007a, b, c)

[표 2-1-85] 이유자돈과 육성돈의 사육밀도와 돈사바닥의 효과에 대한 과학적 견해

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
22	슬레이트 바닥을 사용하는 경우, 틈이 너무 커서 발톱이 끼거나 다리와 발이 다칠 수 있다. 바닥(slat)은 돼지 발 전체를 지탱할 수 있을 만큼 넓어야 한다.	피부 병변, 보행 점수 미끄러지거나 넘어짐 발 병변	바닥의 설계(EFSA, 2007a, b, c)
23	돼지의 바닥 슬레이트의 경우, 틈새가 차지하는 바닥의 최대 비율에 대한 권장사항은 이유자돈 8kg에 대해 60%, 비육돈 100kg에 대해 51%이고 그보다 무거운 경우에는 40%를 권장한다.	피부 병변, 보행 점수 미끄러지거나 넘어짐 발 병변	바닥의 설계(EFSA, 2007a, b, c)
24	미끄럽지 않고 마모가 잘 되지 않는 바닥 표면을 만들도록 노력해야 한다. 틈이나 배수구에는 날카로운 모서리가 없어야 한다.	피부 병변, 보행 점수 미끄러지거나 넘어짐 발 병변	바닥의 설계(EFSA, 2007a, b, c)
25	새로운 종류의 바닥재를 개발하면 판매전에 돼지의 발톱과 다리에 미치는 영향을 포함한 돼지 복지에 미치는 영향을 확인하기 위해 철저히 검사해야 한다.	피부 병변, 보행 점수 미끄러지거나 넘어짐 발 병변	바닥의 설계(EFSA, 2007a, b, c)
26	슬랫과 틈의 크기와 설계 그리고 바닥의 유형은 배수 또는 액상 및 분의 제거에 효율적이어야 한다. 부상 및 동물 건강을 포함한 복지에 대해 바닥재의 악영향을 방지해야 한다.	피부 병변, 보행 점수 미끄러지거나 넘어짐 발 병변	바닥의 설계(EFSA, 2007a, b, c)
27	돈사에 사용하는 바닥 유형은 위생적이며 좋은 공기질을 유지해야 한다. 사용하는 바닥 재질은 환경 및 건강 문제를 일으킬 수 있는 바람직하지 않은 병원균의 유입을 막고 암모니아 배출을 최소화하도록 관리해야 한다. 생물학적 위험성(BIOHAZ.)의 채택	농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 폐 및 호흡기 병리학 신체에 분변이 묻은 정도의 점수 눈물 자극 급성기 단백질(急性期蛋白質)	암모니아 수준, H2S (Velarde and Geers, 2007)
28	바닥 및 축사 시스템은 심각한 건강 또는 환경적 위험을 초래하기 전에 액체, 분뇨, 돼지가 이용하는 물건들과 깔집등을 사육장에서 적절히 제거할 수 있도록 설계하고 관리해야 한다. 사용하는 고품물은 파쇄할 시스템이 필요할 수 있다.	신체에 분변이 묻은 정도의 점수 농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質)	축사 청결도(Banhazi et al., 2008) 적절한 슬러리/배설물 제거
29	부분적으로 슬레이트가 되어 있고 깔집을 사용하지 않는 경우 바닥은 배수가 효율적으로 이루어져야 한다.	신체에 분변이 묻은 정도의 점수 미끄러지거나 넘어짐	축사 청결도 (Banhazi et al., 2008) 적절한 슬러리/배설물 제거

[표 2-1-85] 이유자돈과 육성돈의 사육밀도와 돈사바닥의 효과에 대한 과학적 견해

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
30	틈의 폭을 결정하는 원칙은 발굽이 틈에 들어가지 말아야 한다는 것이다. 재질(품질, 물리적 특성, 모서리 등)과 설계는 틈의 간격을 결정할 때 고려해야 할 사항이다. 돼지의 발굽의 실제 치수는 틈의 폭을 결정하는 데에 있어 매우 중요하다. 발굽이 틈새로 들어갈 가능성을 최소화하기 위해 틈의 너비는 발과 바닥이 닿는 면적의 절반을 초과하면 안되며 발을 충분히 지지하기 위해 틈간의 바닥 간격은 충분해야 한다.	피부 병변 보행 점수 신체에 분변이 묻은 정도의 점수 발 병변	바닥의 설계(EFSA, 2007a, b, c) 축사 청결도(Banhazi et al., 2008)
N-1	다리 문제, 위 병변 및 행동 장애의 위험을 줄이기 위해 짚과 같은 좋은 바닥재를 사용해야 한다.	보행 점수, 장 병리학 꼬리 병변, 어깨 염증 귀 병변, 발 병변 꼬리 물기, 귀 물기 옆구리 물기 배를 코로 들이받는 행위 호기심이 많은 행동 부푼 관절, 꼬리 자세, 피부 병변	축사 청결도(EFSA, 2007a, b, c)
N-2	품질이 좋지 않은 바닥재로부터 피부 병변이 발생하는 것을 줄이기 위해 고무 또는 다른 합성재를 놓는 바닥 재료로 사용하는 것도 고려해야 한다.	피부 병변	

[자료:EFSA, 2005]

※ 바닥재 및 허용 공간에 대한 권장사항은 생물학적 위해성(BIOHAZ)과 관련된 항목을 제외하고 다른 어떤 측정치보다도 의미 있는 훌륭한 동물 기반 측정방식(ABM)이다. 위생, 다리절기, 피부 손상에 대한 부적절한 바닥재를 사용한 결과는 청결도, 온도 조절 행동, 질병, 다리절기, 피부 병변 등을 점수화하여 평가할 수 있다. 바닥 재질, 슬랫 설계 또는 환경 온도를 나타내는 자원들의 대책은 동물 복지를 결정하는 농장 환경들의 상호작용을 결합하는 것보다는 덜 구체적이다. 그렇지만 미끄럽거나 부적절한 구멍 크기와 같은 바닥의 특성을 지정하는 것은 열악한 동물복지의 위험을 예측하는데 유용하다. 공간 할당량은 자원으로써 측정하기 쉽고 최소 할당된 공간 면적은 열악한 동물 복지의 위험에 대한 유용한 보호수단이지만, 복지에 대한 결과는 건강의 ABM, 공격성, 체온조절을 통해 가장 잘 평가할 수 있는 많은 상호작용 요인들에 달려있다. 환경의 적절성(쾌적한 온도 등)을 측정할 수 있는 ABM에서 한 가지 결합은 검사 시간의 한 순간에만 제공되는 것이며, 온도 환경은 하루 동안, 그리고 계절에 따라 크게 변할 수 있다는 것이다. 이 점에서 최대 및 최소 온도에 대한 측정 또는 일일 온도 프로파일의 전자적 기록이 보다 우수하다. 따라서 동물 기반(ABM) 및 자원 기반(RBM) 측정치를 함께 사용하는 것이 좋다.

[표 2-1-86] 꼬리 물기의 동물복지 측면과 단미의 필요성에 대한 과학적 견해

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
1	꼬리 물기와 관련하여 돼지의 건강에 미치는 모든 해로운 영향에 대한 정확한 데이터를 수집해야 한다.	농장이나 도축장에서의 꼬리 병변 폐사율, 지역 감염 표시 급성기 단백질(急性期蛋白質) 보행 점수 도축된 돼지의 폐 및 호흡기 병리학 도축된 돼지의 집단 병리학 도축된 돼지의 기타 병리학 체평점(Body Condition Score)	수의학적 치료 기록, 안락사
2	꼬리 물기를 방지하기 위해 돈방이 바뀌는 시기에 면밀히 돼지를 모니터링하는 것이 중요하다.	농장의 꼬리 병변, 꼬리 물림 활력 수준, 꼬리 자세	검사 기록
3	꼬리 물기를 방지하는 것으로 알려진 사육 및 관리 절차를 적용해야 하며, 꼬리 물기가 발생하면 물린 돼지의 열악한 복지환경의 결과 및 문제의 확대를 방지하기 위한 관리 중재를 실시해야 한다. 훌륭한 가축 관리의 자질이 중요하다.	농장의 꼬리 병변 (축사 및 관리의 적절성을 나타내는 잠재적인 모든 ABM)	공간(WQ.6.1A.2.3) 온도, 풍속, 완구, 사료, 건강관리 사료 섭취 공간, 음수 제공 농장직원 훈련 자료 [다른 RBM들이 있다]
4	꼬리 물기는 매우 열악한 동물복지의 원인이 되고 단미는 고통스럽기 때문에 단기 및 신경중 형성으로 인한 장기적 통증 양쪽 모두 단미 이외의 조치를 취하여 꼬리 물림과 그로 인한 악영향을 조절하는 조치를 취해야 한다.	꼬리 단미 농장과 도살장의 꼬리 병변 꼬리 물기 (축사 및 관리의 적절성을 나타내는 잠재적인 모든 ABM)	단미 연습(WQ.6.1A.3.3) 공간(WQ.6.1A.2.3) 온도, 풍속, 완구, 사료, 건강 관리 사료 섭취 공간, 음수 제공 [다른 RBM들이 있다]
5	꼬리 물림의 위험을 최소화하기 위해 다음과 같은 주된 위험 요소를 해결하는 것이 좋다. (i) 짚을 바닥재로 제공, (ii) 비육돈 위한 축사 시스템의 슬레이트 바닥 비율 꼬리 물기가 농장에서 증가할 때 꼬리 물린 돼지들의 심각한 악영향으로 인해 복지 환경이 열악해지기 때문에 꼬리 물기 가능성에 영향을 미치는 다른 요인들(풍속, 건강 상태, 고온)도 고려해야 한다.	농장과 도살장의 꼬리 병변 꼬리 물기, 호기심이 많은 행동 농장의 질병 징후, 도축장에서의 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質), 체평점 혈떡거림, 눕는 위치 신체에 분변이 묻은 정도의 점수 누워있는 자세 (축사 및 관리의 적절성을 나타내는 잠재적인 모든 ABM)	바닥 유형(슬랫 비율) 짚의 유무 짚의 양 공간(WQ.6.1A.2.3) 온도 풍속 [다른 RBM들이 있다]

[표 2-1-86] 꼬리 물기의 동물복지 측면과 단미의 필요성에 대한 과학적 견해

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
6	꼬리 물림에 관련된 병변의 도살장에서의 모니터링을 예방 행동 지침서로써의 문제가 있는 집단을 찾는 수단으로 제안한다.	도축장에서의 꼬리 병변 손상되거나 꼬리 단미, 귀 병변	
7	돼지 복지와 관련한 앞서 제시한 의견들의 방법론과 결과(결론 및 권장사항)은 향후 동물 복지 모니터링 시스템을 개발하는데 적합한(특히 동물 기준으로) 복지 지표로 식별하여 분석해야 한다.	(측사 및 관리의 적절성을 나타내는 잠재적인 모든 ABM)	
6-A	도축시 꼬리가 손상되지 않았는지, 꼬리 길이(꼬리 병변을 포함하여), 귀가 잘림, 옆구리와 다리의 상처가 없는지에 대하여 모니터링 되어야 한다.	손상되거나 꼬리 단미, 귀 병변 도축장에서의 피부 병변, 꼬리 병변	
7-A	온전한 등근 꼬리는 농장에서 이유돈, 유성 비육돈에 대한 동물 기반 복지 지표로 매우 중요하게 생각해야 한다.	손상되거나 단미된 꼬리 귀 병변, 꼬리 병변	
N-1	꼬리 물기의 위험을 줄이는 방법에 대한 모든 정보를 활용하는 의사 결정 도구를 이용하여 예방조치를 채택해야 한다.	(측사 및 관리의 적절성을 나타내는 잠재적인 모든 ABM)	공간(WQ.6.1A.2.3) 온도, 풍속, 완구, 사료, 건강 관리 사료 섭취 공간, 음수 제공 농장 직원 훈련 기록 의사 결정 지원 도구 사용의 근거 [다른 RBM들이 있다]
N-2	꼬리 물기를 줄이기 위한 장기적인 전략은 경제적인 성과를 얻기 위해서 뿐만 아니라 가축의 모든 요구를 충족시킬만한 새로운 사육시스템을 개발하는 것에 목표를 두어야 한다.	호기심이 많은 행동 질적인 행동 평가 점수 (측사 및 관리의 적절성을 나타내는 잠재적인 모든 ABM)	능력 자료

[자료:EFSA, 2007]

※ 꼬리 물기 및 단미의 필요성에 대해 권고 사항들은 꼬리 물기 자체인 궁극적인 복지의 결과에 대한 ABM을 포함한다. 이는 농장에서 심하게 피해를 입은 개체를 안락사 시키기 때문에 도축장에서 재는 것보다 농장에서 측정하는 것이 덜 정확할 수 있다. 그렇지만 RBM과 관련된 많은 권장사항들은 중요한 위험 요소로 알려져 있다. 꼬리 물기의 요인이 많기 때문에 환경 적합도에 대한 위험 평가를 위해 ABM을 이용하려면, 건강, 쾌적한 온도, 사회적 조화 등에 관한 모든 범위의 ABM 조치가 필요하다. 그러므로 위험 수준은 RBM 체크리스트에 의해 더 쉽게 평가할 수 있다. 이것은 의사 결정 지원 도구의 개발 및 사용을 위한 권장사항(N1)에 있는 논리이다. 리소스 기반 측정이 위험 평가에 더 적합하지만 꼬리 물림이 발생하지 않을 것이란 보장은 없다.

[표 2-1-87] 응돈, 임신돈, 분만돈 및 포유자돈에 대한 돈사 및 사양관리에 대한 과학적 의견

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
1	부상(지제 병변 및 파행)이 관찰될 때마다 관리 절차와 함께 적절한 바닥 조건을 적용하여 이 상황을 방지해야 한다.	농장이나 도축장에서의 어깨 염증 농장이나 도축장에서의 지제 병변 보행 점수 부풀어 오른 관절 미끄러지거나 넘어짐	바닥의 유형(EFSA, 2007a, b, c) 바닥재 (EFSA, 2007a, b, c) 발톱 다듬는 과정(EFSA, 2007a, b, c)
2	축사 시스템은 모돈과 웅돈이 분변 오염으로 인한 위험이 최소화될 수 있도록 해야 한다.	신체에 분변이 묻은 정도의 점수	축사 청결도 점수(Banhazi et al., 2008)
3	조사 및 조작 활동의 부족으로 인한 문제를 피하기 위해 모든 돼지들에게 충분한 양의 재료들이 제공되어야 한다.	상동증(相同症) 지속적인 조사 행동 피부 병변 외음부 물기 외음부 병변	사용 가능한 적절한 재료의 양(EFSA, 2007a, b, c)
4	분뇨에 대한 새로운 처리 시스템은 손실되는 재료의 충분한 공급을 보장해야 한다.	복지대책과 관계없음	사용 가능한 적절한 재료의 양 및 특성 (EFSA, 2007a, b, c) 적어도 일일 두당 100g의 짚을 공급할 수 있을 만한 분뇨 처리 시스템(EFSA, 2007a, b, c)
5	모돈, 자돈 및 웅돈은 기후를 제어할 수 있거나 안락한 지역에서 안락한 온도를 조절할 수 있는 곳에서의 환경이 필요할 때의 조건하에서 사육해야 한다.(예, 더울 때는 샤워시설 또는 분리시킬 수 있는 충분한 공간이 있어야 하고, 추울 때는 짚이나 보온도구가 있어야 함)	혈떡거림, 웅크리고 떨고 있음 눕는 위치, 누워있는 자세	자료 : - 온도 - 냉각 시설(예 / 아니오) - 다른 온도 지역으로 이동할 수 있는 동물의 자유(예 / 아니오)
6	그룹 사육을 할 때에는 사육 연령 또는 크기가 차이가 많은 개체들을 섞는 것을 가능한 한 피해야 한다.	상처를 내는 공격행위 피부 병변	섞을 때에는 관리자에게 문의
7	친숙하지 않은 모돈과 후보돈을 섞는 것은 가능한한 피해야 한다.	상처를 내는 공격행위 피부 병변	섞을 때에는 관리자에게 문의
8	분만 시스템은 조사와 조작이 가능한 소모성 바닥재의 조절이 가능해야 한다.	지속적인 조사 행위	바닥재를 갈아주는 동안 그 재료에 대한 양, 특성에 대한 기록

[표 2-1-87] 웅돈, 임신돈, 분만돈 및 포유자돈에 대한 돈사 및 사양관리에 대한 과학적 의견

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
9	바닥재는 자돈의 복지도 고려해서 깔아야 한다.	폐사율 웅크리고 떨고 있음, 누워있는 자세	바닥재를 깔아주는 동안 그 재료에 대한 양, 특성에 대한 기록
10	분만틀을 사용하지 않는 시스템의 사용은 그 안에서 자돈의 폐사율이 분만틀을 이용하는 시스템보다 크지 않은 경우에만 사용해야 한다. 자돈 폐사율을 줄이기 위해 노력해야 한다.	폐사율	분만 시스템 기록
11	산자수에 대한 유전적 선발은 복당 산자수가 12두 이상을 목표로 해서는 안된다.	복지대책과 관련 없음	산자수 기록
12	모돈의 복지뿐만 아니라 새끼돼지의 복지를 고려하여 건치를 고려해야 한다.	잘리거나 갈아낸 치아 피부 병변	관리자에게 절차 문의(WQ.5.1.3.3)
13	분만돈을 위한 우리는 초유의 조기 섭취를 보장하도록 출생직후 모돈과 자돈이 접촉할 수 있도록 설계해야 한다.	폐사율, 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質)	분만 상자, 난간 및 장비의 설계(Fraser and Thompson, 1986)
14	자돈용 입질사료는 향후 자돈의 사료 섭취량을 높이고, 장을 발달시키기 위한 목적으로 이유전 공급해야 한다. 일반적으로 입질 사료는 이유 1주일 전에 제공한다.	사료급여 및 음수 섭취 행동 사료 오물 기침, 체평점	입질이 사료 공급 입질이 사료 품질(EFSA, 2007a, b, c)
15	자돈의 이유는 입질 사료를 충분히 먹기 전에 해서는 안된다.	사료급여 및 음수 섭취 행동 사료 오물 기침, 체평점	이유 일령의 자료(WQ.5.1.1.1) 입질이 사료 공급 입질이 사료 품질(EFSA, 2007a, b, c)
16	웅돈은 교배를 포함하여 정상적인 움직임이 가능토록 하는 충분한 공간을 제공해야 한다.	웅돈이 움직임에 지나친 제한없이도 교배할 수 있는지 관찰	서 있거나 눕거나 방향 전환을 하는데 충분한 공간의 측정(WQ.5.1.3.2) 교배시의 폭과 길이는 웅돈이 서있을 때의 길이보다 최소한 2배는 되어야 함(EFSA, 2007a, b, c)
17	사육사는 기술적인 면에 대해서 뿐만 아니라 가축을 사육하는 과정에서의 행동 및 복지(및 생산)에 영향을 미치는 행동을 인지하는 관리 과정들까지 교육받아야 한다.	인도적 접근 방법에 대한 점수	교육 기록에 대해 관리자에 문의
5-A	냉방 시설의 제공, 유전적인 선발 전략을 통해 고온 스트레스의 완화 방법을 개발해야 한다.	헐떡거림, 눕는 위치 누워있는 자세, 폐사율	냉각 시설 제공(예 / 아니오)(EFSA, 2007a, b, c) 유전적인 선택에 대해 관리자에 문의
7-A	친숙하지 않은 모돈과 후보돈이 합사될 경우 부정적인 결과를 최소화하기 위하여 고분한 태도를 보이거나 탈출할 수 있는 충분한 공간을 제공해야 한다. 바닥은 깔집을 사용하는 등으로 미끄러지는 위험을 최소화 해야 한다.	피부 병변, 보행 점수 상처를 내는 공격행위 미끄러지거나 넘어짐	모돈 당 이용할 수 있는 공간 측정 바닥/깔집의 기술(KilBride 외., 2009a, 2010)

[표 2-1-87] 옹돈, 임신돈, 분만돈 및 포유자돈에 대한 돈사 및 사양관리에 대한 과학적 의견

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
8-A	분만 시스템은 이동하고, 다리를 뻗고, 코로 바닥을 훑는 행위를 포함하여 모돈이 깔집에 대해 할 수 있는 행위들에 대해 알맞은 재료를 사용하여야 한다.	지속적인 조사 행위, 상동증(相同症)	기록 : 비료 시스템, 바닥 시스템 제공된 재료의 양(EFSA, 2007a, b, c)
10-A	분만틀을 사용하지 않는 시스템의 설계에서 상당한 개발이 이루어진 점을 감안하면 모돈과 자돈의 복지에 대해 이익이 있을 경우 사용을 권장해야 한다. 높은 자돈의 생존율과 모돈의 좋은 행동의 결과를 일으키는 관리 및 사육 측면을 모두 고려하여 분만틀을 사용하지 않는 시스템에서 자돈 폐사율을 줄이기 위한 노력이 이루어져야 한다.	폐사율 지속적인 조사 행위 호기심이 많은 행동(깔짚) 체평점(모돈과 자돈 모두) 어깨 염증, 피부 병변, 반응 없음	측사 디자인 기록(EFSA, 2007a, b, c) 관리자에게 유전적 선택에 대해 문의
11-A	선발에서 분만 전후 생시 체중과 같은 자돈의 생존율을 높이기 위한 형질을 육종 목표에 포함해서는 안된다.	폐사율, 체평점, 반응 없음	관리자에게 유전적 선택에 대해 문의
11-B	태어난 자돈 두수가 많다면 자돈의 복지를 지키기 위한 관리 전략이 수립되어야 한다. 그러한 전략중 하나가 양자 보내기이다.	폐사율, 체평점	양자 자돈 수의 기록(Price et al., 1994) 자돈 영양 보충제의 공급(EFSA, 2007a, b, c)
N-1	자돈이 포유를 위해 누울수 있는 온도로 조절하는 공간은 자돈들이 동시에 누울 수 있도록 충분히 제공해야 한다.	폐사율 눕는 위치, 누워있는 자세	온도 조절이 가능 한 지역에서의 자돈당 면적의 기록
N-2	그룹 내에서 공격성을 줄이기 위해 유전적 선발 전략을 사용해야 한다.	피부 병변, 상처를 내는 공격행위	관리자에게 유전적 선택에 대해 문의
N-3	모돈의 복지를 향상하기 위한 고섬유질 사료나 조사료를 공급해야 한다.	상동증(相同症), 도축 된 돼지의 장 병리학, 변비 징후, 피부 병변, 공격성 사료 및 음수 섭취 행위(비정상적)	사료의 섬유소 함량 및 조사료의 양에 대한 기록(Bergeron et al., 2000).
N-4	자돈의 생존율을 높이기 위해 분만 전후 모돈과 자돈을 감독해야 한다.	폐사율	고용 기록
N-5	옹돈의 복지를 평가하고 향상시킬 방안에 대한 연구가 필요하다.	복지대책과 관계없음	

[자료:EFSA, 2013]

※ 모돈, 옹돈 및 포유자돈에 대한 의견으로부터 권고사항은 매우 다양한 주제를 다룬다. 보온상자에 가두는 등의 사육 시스템과 특별히 관련있는 항목들은 관련된 RM으로만 다룰 수 있다. 거주시설이 사육시설의 복지의 목표를 제공할지라도 이는 하나 이상의 ABM을 통해 모니터 될 수 있는 모든 경우 중 일부일 뿐이다. 자돈 폐사율과 같은 동물에 대한 직접적인 평가들 대부분은 장기간에 걸친 기록을 통해서만 얻을 수 있다. 동물복지 면에서 유전학과 육종의 영향이 동물의 검사를 통해 어느정도 영향을 줄 수 있지만 가장 많은 양의 정보는 건강, 분만율, 일생에 걸친 능력을 검사함으로써 얻을 수 있다. 사회적 행동 및 가축 관리자의 기질과 관련된 사항들, 사료 경쟁과 관련된 공격성, 이동의 용이성 및 인간-동물간의 관계와 관련된 사항은 동물 기반 관측치들로부터 대부분 얻을 수 있다. 이는 Welfare Quality®에서 잘 묘사되어 있다. 농장 관리의 질과 관련된 문제를 평가하려면 관찰과 기록의 조합이 필요하며 때때로 수의학적 절차에 의해 지원된다. 보안 및 건강 계획의 질은 질병 검사 기록이나 관리 기반 측정치들로부터 평가될 수 있는 장기간에 걸친 주제들이다.

[표 2-1-88] 돈사 및 사양관리에 따른 비육돈의 건강과 복지”에 대한 과학적 의견

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
1	돼지에게 열악한 환경에서 야기되는 해로운 행동, 생리적 문제 및 면역 억제와 같은 열악한 복지의 부정적 결과를 피하기 위한 환경과 관리방법을 제공해야 한다.	폐사율 농장이나 도살장의 피부 병변 농장과 도살장의 꼬리 병변 농장과 도살장에서의 귀 병변 꼬리 물기, 귀 먹기, 옆구리 물기 농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質) 사회적 격리 사료 및 음수 급이 행동, 체평점 (축사 및 관리의 적절성을 나타내는 잠재적인 모든 ABM)	수의학 치료, 안락사 기록 공간(WQ.6.1A.2.3) 온도 풍속, 완구, 사료 건강 관리 사료 급이 공간 음수 공급 [다른 RBM들이 있다]
2	소모성 재료들이나 바닥을 코로 팔 수 있도록 하기 위해 부정적인 영향을 주지 않는 한도에서 돼지들은 짚, 섬유 재질의 물질과 같은 것에 접근할 수 있어야 한다.	호기심이 많은 행동 지속적인 조사 행위 꼬리 물기, 귀 먹기, 옆구리 물기	완구의 특성
3	사슬이나 타이어와 같은 부술 수 없는 물건은 돼지가 다루기 힘들기 때문에 코로 건들이는 보충제로 사용할 수 있으나 대체물로는 사용할 수 없다.	호기심이 많은 행동 지속적인 조사 행위 꼬리 물기 귀 먹기 옆구리 물기	완구의 특성
4	몸을 문지르는데 적합한 우리 표면과 가능하면 핏갈 수 있는 공간을 털다듬기를 위해 제공해줘야 한다.	피부 염증 및 변색	문지를 수 있는 표면의 유무 핑갈 수 있는 공간의 유무
5	돼지 주변의 온도가 임계온도보다 낮은 곳에서는 실외에 있는 돼지들에게 은신처와 격리되어 누울 공간을 제공해야 한다. 건물내부에서 임계온도보다 낮다면 단열 깔짚을 제공해야 한다. 웅크리는 행동은 수면을 방해하므로 깔짚을 공급, 주변온도의 조절을 최소한 제공해야 한다.	웅크리고 떨고 있음 체온 누워있는 자세 눕는 위치	환경 온도 은신처 제공 깔짚 제공 온도 제어 시스템의 유무

[표 2-1-88] 돈사 및 사양관리에 따른 비육돈의 건강과 복지”에 대한 과학적 의견

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
6	주변 온도가 50kg 이상의 체중에서 19℃ 초과하고, 이유자돈에서는 25℃를 초과하는 곳에서는 돼지의 체온을 낮추기 위한 조치가 취해져야 한다. 웅덩이 혹은 몸을 식힐 수 있는 곳(예를 들면 시원한 바닥, 샤워기 혹은 풍속이 빠른 장소)을 방문하여 몸을 식힐수 있도록 하는 것이 가장 좋은 방법이다. 이러한 온도 이상에서는 돼지가 다른 돼지와 접촉하지 않고 누울 수 있도록 해야 한다.	혈떡거림 체온 신체에 분변이 묻은 정도의 점수 눕는 위치 눕는 자세	환경온도 냉각방식의 제공 공간의 허용(WQ.6.1A.2.3)
7	열악한 복지로 인하여 돼지에게 발생하는 질병을 최소화하기 위해서는 효과적인 질병 예방 및 관리 절차가 마련되어야 한다. 건강 관리 및 서비스 외에도 동물 합사의 회피, 아프거나 다친 동물들을 구분할 수 있도록 매일 관찰하고 감염성 질병이 발생할 때 더욱 철저히 관찰하고, 공격으로 인한 부상, 코로 배를 건드리는 행위 및 꼬리물리는 것이 발생했을 때를 포함하여 절차를 만들어야 한다.	폐사율 농장이나 도살장에서의 피부 병변 농장 및 도살장에서의 꼬리 병변 농장 및 도살장에서의 귀 병변 꼬리 물기, 귀 물기, 옆구리 물기 농장의 질병 징후, 도축장에서의 질병 징후, 급성기 단백질(急性期蛋白質), 사회적 격리 사료 급이 및 음수 급이 행위(무섭취), 체평점	수의학 치료 및 안락사 기록, 검사 기록
8	돈사의 조명은 깜박거리지 않아야 하며, 빛이 비추는 기간 동안 돼지가 쉼과 같은 재료나 다른 돼지의 행동을 구별하고 정상적인 일상 리듬을 보여줄 수 있는 정도의 파장과 강도를 가져야 한다. 검사 시 광도 및 분포는 각 돼지를 관찰할 수 있을 만큼 충분해야 한다.	농장이나 도살장의 피부 병변 상처를 내는 공격행위	광도(lux) 일주기 광 스펙트럼 창문의 위치 조명 수 + 전력량
9	돼지의 수용 시설은 돼지가 정상적인 뼈와 근육 발달을 위해 충분히 운동할 수 있는 공간과 공격적이거나, 배를 코로 건드리거나 혹은 꼬리를 무는 다른 돼지를 피할 수 있도록 충분한 공간으로 설계되어야 한다.	보행 점수 농장과 도살장에서의 피부 병변 농장과 도살장에서의 꼬리 병변 농장과 도살장에서의 귀 병변 꼬리 물기, 귀 물기, 옆구리 물기 상처를 내는 공격행위, 합병증	공간 여유(WQ.6.1A.2.3) 시각 장애물

[표 2-1-88] 돈사 및 사양관리에 따른 비육돈의 건강과 복지”에 대한 과학적 의견

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
10.	PSS 유전자를 줄이기 위한 돼지 육종은 동물복지에 크게 기여했다. 심혈관 기능 장애, 조기 사망 위험 및 지체 장애를 포함한 돼지 복지의 문제들의 가능성을 낮은 수준으로 유지하기 위해 선발과 육종방법의 향후 노력이 있어야 한다. 심혈관 기능 장애의 빈도, 폐사율 및 지체 질환 유병율과 관련된 복지의 결과물을 정의해야 한다.	보행 점수, 폐사율 도축 된 돼지의 관절 질환	수의학적 치료 및 안락사 기록 선발 지수 가중치
11	인간으로부터 공포를 덜 느끼고, 돼지를 관리하는 동안 복지에 부정적인 영향을 최소화하기 위해 돼지는 태어나면서 초기에 인간과 접촉해야 한다. 이는 생산성 향상의 이점과도 관련이 있다.	인간에 대한 접근 점수	사육자 훈련 기록 생산 기록
12	모든 돼지에게 필요한 만큼 충분히 양질의 음수를 제공해야 한다. 음수 공급 시스템을 잘 유지해야 하며, 효율성을 정기적으로 점검해야 한다.		음수 공급(WQ.6.1A.1.2) 수질, 음수 유량
2-A	돼지는 공격성 및 꼬리 물기의 위험성을 감소시키기 위해 생애 초기부터 짚과 같은 가지고 놀 거리를 제공해야 한다.	호기심이 많은 행동 농장이나 도살장의 피부 병변 농장과 도살장의 꼬리 병변 농장과 도살장에서의 귀 병변 꼬리 물기, 귀 물기, 옆구리 물기 상처를 내는 공격행위	초기 자돈시기에서의 완구류의 특성
6-A	돼지는 열 조절능력이 제한되어 있기 때문에(땀샘이 없음), 주변 온도가 높아진 경우뿐만 아니라 활동량이 증가하고, 열이 나고, 대사량이 많아져서 체온이 높아지는 경우에 열을 식힐 기회를 가져야 한다.	혈떡거림, 체온 신체에 분변이 묻은 정도의 점수 눕는 위치, 누워있는 자세	냉각 방식의 제공
10-A	돼지를 유전적으로 선발할 때에는 두려움 및 위험한 행동을 감소할 수 있는 형질도 포함해야 한다. 골연골증과 관절염을 줄이려는 노력은 유전적으로 선발하는 것과 병행하여 환경적인 영향을 더욱 이해하는 것도 포함해서 이루어져야 한다.	인간에 대한 접근 점수 농장이나 도살장의 피부 병변 농장과 도살장의 꼬리 병변 농장과 도살장에서의 귀 병변 꼬리 물기 귀 물기, 옆구리 물기 상처를 내는 공격행위 보행 점수, 폐사율 도축 된 돼지의 관절 질환	선발 지수 가중치

[표 2-1-88] 돈사 및 사양관리에 따른 비육돈의 건강과 복지”에 대한 과학적 의견

구분	권장사항	돼지에서 측정 및 대책	그 외 사양관리 기록등에서 측정
N1	돼지에서 긍정적 정서 상태의 ABM은 검증을 해야 하고, 복지를 평가하는데 사용해야 한다.	정성적 행동 평가 점수 놀이 행동 점수 호기심이 많은 행동	
N2	돈사에서 80 dBA 이상의 장시간 소음을 피해야 한다.		소음 수준
N3	이유자돈에게 제공되는 사료는 이유 후 설사의 위험을 감소시키도록 배합된 사료를 이용해야 한다.	사료 찌꺼기	배합사료 조성
N4	돼지 건강을 보호하기 위한 적절한 차단방역 및 백신 접종 프로그램을 시행해야 한다.	농장의 질병 징후 도축장에서의 질병 징후 급성기 단백질(急性期蛋白質) 사회적 격리 사료 및 음수 급이 행위, 체평점	울타리, 차량 바퀴 소독조, 발소독조, 소독, 방문자 관리 정책 등의 유무 도입 돈군의 격리사 야생 동물 통제 프로토콜 백신 접종 기록
N5	돈사의 암모니아 수준은 20ppm을 초과해서는 안된다.	기침, 재채기, 호흡 곤란 비틀린 코 폐 및 호흡기관 병리 눈물 흘린 자국	암모니아 수준
N6	병이 들거나 부상당한 돼지는 치료를 하거나, 필요하다면 가급적 빨리 안락사시켜야 한다.	농장의 질병 징후 보행 점수, 농장의 피부 병변 농장의 꼬리 병변, 사회적 격리 사료 급이 및 음수 급이 행위(무섭취) 체평점	환돈방의 유무 치료 및 안락사 기록

[자료:EFSA, 2007]

※ 비육돈에 대한 의견으로부터의 권고사항도 다양한 주제에 대한 유사한 상황을 제시한다. 또 다시 음수 공급 및 과도한 소음 수준을 제외한 대부분의 권고사항들은 하나 이상의 바람직한 동물 복지 결과물의 ABM을 포함하고 있다. ABM 대부분은 Welfare Quality®에서 확인한 것들과 일치한다. 그렇지만 쾌적한 온도, 적절한 조명과 같은 다수의 측정치들은 시간마다 다를 수 있으며 추가적인 여러 측정치들로 더 좋은 모니터링을 할 수 있다.

[표 2-1-89] 사양관리측면에서 예방할 수 있는 부작용

유해성 기술	역효과	구분	점수	표준편차
어두운 시간이 너무 짧음	휴식과 수면 방해	모든 돈군	4.75	0.46
밝은 시간이 너무 짧음	일부 정상적인 지각 행동을 수행할 수 없음	모든 돈군	4.63	0.52
사료량이 불충분함	굶주림, 과민 반응	모든 돈군	4.59	0.58
형편없는 관리자 능력: 불충분하거나 부적합한 접촉, 부적합한 점검	공포와 스트레스, 아프거나 다친 동물에 대한 적절한 보호조치 결여	모든 돈군	4.44	1.05
영양 불균형(예 : 아미노산 또는 미량영양성분)	상동증(相同症), 기타 비정상적인 행동, 꼬리 물림, 병리학적 결과, 굶주림, 과민 반응	모든 돈군	4.40	0.45
고온 혹은 저온지역(분만사에 히터가 없음, 깔짚이 없음, 고온 상황에서 누워서 쉴 충분한 공간이 없음)	추위 스트레스	자돈	4.38	0.52
강한 햇빛에 노출	통증과 스트레스를 유발하는 화상	모든 돈군	4.31	0.46
모유 수유로부터 이유후 사료섭취로의 급격한 변화	위장병 및 영양 결핍으로 인한 문제	이유자돈	4.25	0.89
고온 혹은 저온지역(분만사에 히터가 없음, 깔짚이 없음, 고온 상황에서 누워서 쉴 충분한 공간이 없음)	폐사	자돈	4.25	0.71
광도가 너무 낮음	정상적인 지각 행동을 수행할 수 없음	모든 돈군	4.25	0.71
사료 내 부적절한 물질(예 : 독소, 항영양인자, 미생물 오염)	성장 감소, 장기 손상, 장질환	모든 돈군	4.06	0.56
치료없이 하는 단미	염증에 의한 감염	자돈, 이유자돈	4.00	0.76
견치 제거(갈거나 자르기)	감염 / 염증	자돈, 이유자돈	4.00	0.76
부적절한 사료급이, 섬유소 부족	불만(기아, 상동증(相同症), 공격성). 긍정적인 감정 부족, 통증(위궤양, 피부 병변), 폐사	모든 돈군	3.95	0.71
꼬리를 물거나 물린 개체의 유무(제거하지 않음)	꼬리 물기	이유자돈, 육성/비육돈	3.94	0.86
이표 / 이각	감염 / 염증	옹돈, 임신돈, 분만돈, 이유자돈, 육성/비육돈	3.88	0.83

[표 2-1-89] 사양관리측면에서 예방할 수 있는 부작용

유해성 기술	역효과	구분	접수	표준편차
코뚜레	감염 / 염증	옹돈, 임신돈, 분만돈, 이유자돈, 육성/비육돈	3.88	0.83
통증치료 유무에 관계없는 외과적 거세	감염 / 염증	자돈, 이유자돈	3.88	1.13
견치 제거(갈거나 자르기)	공포 및 극심한 통증	자돈	3.88	0.99
분만간격이 2시간 이상인 분만돈에 대한 부적절한 관리	폐사	자돈, 임신돈	3.75	0.71
견치 제거(갈거나 자르기)	만성 통증	자돈	3.75	0.89
고온/저온	폐사	모든 돈군	3.71	0.89
친숙하지 않은 동물의 합사	근육과 관절 부상으로 인한 파행, 스트레스를 유발하는 공격성	모든 돈군	3.67	0.66
열악한 위생 : 우리, 돈사 등의 청결	질병	모든 돈군	3.61	0.88
내외부 기생충에 대한 노출	성장률 저하, 장기 손상, 질병, 과민증	모든 돈군	3.54	0.68
이표 / 이각	두려움과 급성 통증	옹돈, 임신돈, 분만돈, 이유자돈, 육성/비육돈	3.50	0.93
코뚜레	두려움과 급성 통증	모든 돈군	3.50	1.20
코뚜레	만성 통증	옹돈, 임신돈, 분만돈, 육성/비육돈	3.50	1.41
열악한 차단방역, 다른 돼지로부터 전염되는 전염병	질병	모든 돈군	3.46	1.18
공기 질의 부적절 (CO2 수준 3,000ppm 이상, CO 수준 10ppm 이상, H2S 농도가 0.5ppm 이상 또는 암모니아 농도 10ppm 이상, 먼지, 풍속이 너무 빠름)	건강 장애(예 : 호흡기) 및 행동 장애, 꼬리 물림	모든 돈군	3.46	0.73
사료 접근이 어려움(초유)	호흡기 또는 위장병의 원인이 되는 불만	자돈, 이유자돈, 육성/비육돈	3.44	0.73
음수공급 시스템이 부적합하거나 음수에 미생물 오염으로 열악한 상황	탈수, 성장률 저하, 위장 문제, 과민증, 신경 질환, 폐사	모든 돈군	3.29	0.81
고온/저온	고온/저온 스트레스, 불편함, 행동 혼란, 질병 유발	모든 돈군	3.27	0.91

[표 2-1-89] 사양관리측면에서 예방할 수 있는 부작용

유해성 기술	역효과	구분	접수	표준편차
조기 이유 과정(포유 동기 중단 전의 이유)	좌절감과 스트레스(모든은 여전히 새끼를 돌보려는 동기가 부여), 자돈의 영양 결핍, 질병(특히 장)에 대한 감수성 증가, 이상 행동의 유병률 증가	포유돈, 이유자돈	3.25	1.39
통증치료 유무에 관계없는 외과적 거세	두려움과 급성 통증	자돈	3.25	1.39
발정기간에 그룹으로 사육하는 모돈간에 과도한 교배 행위로 이어지는 부적절한 관리	지체 문제 및 스트레스를 야기하는 통증	교배돈, 분만돈	3.13	0.99
깔짚, 완구류 등의 불충분한 접근 및 불충분한 품질과 양	불만(상동증(相同症), 공격성), 긍정적인 감정의 결여, 우리 내 다른 개체로부터의 피해를 입는 행위(물기, 문지르기, 코로 배를 들이받는 행위 등), 꼬리 물림	모든 돈군	3.08	1.27
열악한 개체 혹은 집단 건강 상태	질병, 꼬리 물림	모든 돈군	3.06	0.78
부적절한 사료 공급 방법 과 관리	과도한 경쟁, 공격적인 행동, 불만, 불충분한 영양 섭취	모든 돈군	3.00	1.18
이표 / 이각	만성 통증	웅돈, 임신돈, 포유돈, 이유자돈, 육성, 비육돈	3.00	1.51
고온/저온	꼬리 물림	모든 돈군	3.00	0.76
모든 유두수보다 많은 포유자돈	포유자돈의 유두에 대한 과도한 경쟁, 유방 병변, 낮은 생시체중, 기아	포유돈, 자돈	3.00	0.76
통증 치료 유무와 관계없는 단미	두려움과 급성 통증	자돈	3.00	1.51
열악한 차단방역 : 인간 또는 야생동물에 의해 전염되는 감염	질병	모든 돈군	2.94	0.95
통증치료 유무에 관계없는 외과적 거세	만성 통증	자돈	2.88	1.55
포유돈이 자돈에게 난폭하게 굴도록 하는 부적절한 관리	스트레스, 폐사	자돈	2.75	1.28
통증 치료 유무와 관계없는 단미	만성 통증	모든 돈군	2.67	1.32
포식	스트레스, 고통, 폐사	모든 돈군	2.63	0.74
높은 수준의 잡음(예 : 85dB 이상)	행동 장애(예 : 휴식 및 수면 장애)	모든 돈군	2.50	0.71

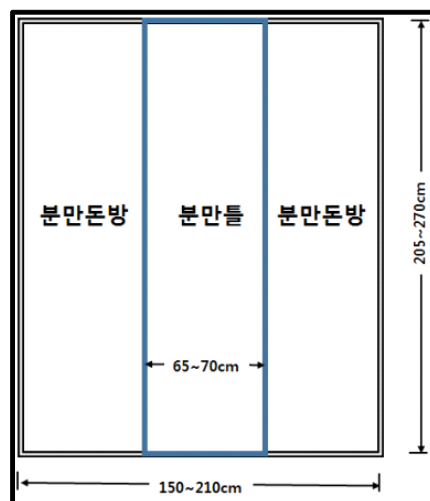
[표 2-1-89] 사양관리측면에서 예방할 수 있는 부작용

유해성 기술	역효과	구분	점수	표준편차
공간 부족, 밀사	휴식과 수면 장애. 스트레스와 병변. 행동 제한. 뼈성장 방해. 우리내 다른 개체로부터 피해를 입는 행위(물기, 문지르기, 코로 배를 들이받는 행위 등), 지체 문제로 인한 고통, 스트레스(교배돈 그룹에서의 사회적 갈등 해소가 어려움), 꼬리 물림	모든 돈군	2.48	1.09
관리가 어려운 40두 이상의 돈군	행동 장애, 스트레스 및 병변	교배돈, 이유자돈, 육성, 비육돈	2.42	0.85
불충분/부적절한 우리 자재	좌절, 스트레스 및 행동 문제	포유돈	2.25	1.67
부적절한 우리 설계	휴식과 수면 방해	모든 돈군	1.96	0.82
포유시기동안 완전히 슬레이트로 된 바닥	꼬리 물림	이유돼지, 육성, 비육돈	1.94	1.24
불량한 바닥 상태(예 : 미끄러운 바닥, 콘크리트 맨바닥, 슬레이트 바닥, 슬레이트 구멍의 구조, 너무 많이 마모됨)	유두 손상, 통증(다리 부상), 파행, 발굽 손상, 어깨 병변, 스트레스(누울 공간의 부족, 공격성 유발)	모든 돈군	1.92	1.09
이유 후, 이유전 있던 깔집이 없음	꼬리 물림	이유자돈, 육성, 비육돈	1.88	1.46
유전적 문제 : 전염병 감수성	전염병	모든 돈군	1.78	1.30
부적합한 우리 설계 : 배설, 누워서 쉬는 공간 및 기타 다른 부족한 부분들(사료급여기, 음수 공급)의 부적절한 분리	휴식과 수면 장애	모든 돈군	1.74	0.81
유전적 문제 : 체형과 성장	이동 장애	모든 돈군	1.72	1.24
유전형 문제 : 체형과 성장	심혈관 질환	모든 돈군	1.72	1.24
고성장율(저지방)에 대한 선발	꼬리 물림	모든 돈군	1.70	1.06
임신사 스톨 설계	스트레스 유발하는 공격성	임신돈	1.56	1.01
편안하게 누울 장소가 없음, 완전히 덮혀있는 바닥이 불충분함, 짚과 같은 깔집이 없음	휴식과 수면 장애	모든 돈군	1.42	0.90
분만사의 부적절한 설계(예 : 빗장 등으로 자돈이 유방에 접근하기 어려움)	공격을 유발하는 불만감, 굶주림, 탈수, 폐사	자돈	1.33	1.00
땡굴 수 있는 공간 부재	피부 자극 및 감염. 체온 조절의 어려움	모든 돈군	1.00	0.76
스톨에 격리	불만(이동, 사회적 활동, 발정 행위 등의 기회 박탈), 일어나고 앉는 데에 대한 장애, 피부 병변	포유돈, 임신돈	0.69	0.80

- 동물복지 양돈장은 일반 양돈장대비 사육단계별 두당 돈사시설 면적이 무항생제 양돈경영은 1.39배/ 유기 양돈경영은 1.50배가 더 소요되는 까닭으로 돈사시설 면적을 고려한 적정 사육두수를 결정해야 됨. 일반(관행) 양돈장대비 동물복지형 양돈장의 비용상승 분석결과 토지 및 건물투자액은 26.5% 증가하고, 경영비는 2.7%증가하는 것으로 조사됨. 토지 및 건물등 고정자산에 대한 투자부담이 동물복지형 양돈장의 경우 매우 큰 것으로 조사됨
- 동물복지형 양돈장의 경우 돈사구조를 자연광을 충분히 활용할 수 있도록 해야 하며 돈사내부의 청결을 유지해야 하고 가급적 운동할 수 있는 공간을 설치하여 자유롭게 활동할 수 있도록 설계해야 함. 비육돈의 경우 암태지와 거세돈의 성장능력이 상이하므로 분리사육을 해야 하며 개체간의 스트레스 최소화를 위해서도 육성·비육돈사의 경우 적정면적을 확보해야 함
- 동물복지 양돈장은 예방접종차원에서 정기적인 약품투여가 허용되므로 예방프로그램에 의거한 철저한 관리가 필요함. 후보모돈을 선발할 때 질병에 대한 저항성이 뛰어난 품종의 선발과 질병 발생 돼지에 대해서는 정상돼지와 격리 사육하여 대체요법 기술을 활용하여 치료후 합사 하도록 해야 함. 특히, 자돈의 이유전후 단계에 폐사율이 높기 때문에 적절한 사료(액상사료)를 급여토록 해야 하고 돈사내 온·습도관리 등을 강화해야 함
- 우리 정부의 첫 번째 복지형 축산지향 규제내용은 축사 내 암모니아 농도와 양돈장의 모돈스톨 사육시설로 2019년 6월부터 시행하는 것을 기본안으로 제시하였음.

[표 2-1-90] 동물복지형 사육기준 및 적용시기(안)

구분		2018년	2019년	2025년
공통	축사내 암모니아 농도(기준없음→25ppm이하)		25	20
돼지	임신돈 고정틀 사육제한(기준없음→수정후 4주)		신규	기존
	임신돈 사육밀도(1.4m ² →2.25)		신규	기존



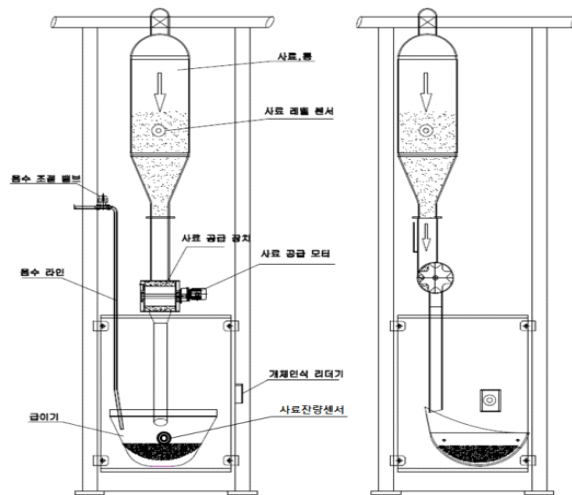
[그림 2-1-37] 분만돈방과 분만틀의 크기

[자료 : 동물복지 축산농장 시설표준화 및 시설단가설정, 농림축산식품부(2015)]

[표 2-1-91] 분만틀 대체사육시설

구분	설치대수(10대)[단위:천 원]	비 고
분만 외형틀	700	분만틀의 규모에 따라 약간 상이
분만스тол	150	
기차(설치비)	50	
계	900	

[자료 : 동물복지 축산농장 시설표준화 및 시설단가설정, 농림축산식품부(2015)]



[그림 2-1-38] 포유모돈의 자동 급이기

[자료 : 동물복지 축산농장 시설표준화 및 시설단가설정, 농림축산식품부(2015)]

(나) 동물복지 육계농장

- 동물복지 육계농장 인증기준은 현재 농림축산검역본부에서 고시를 하였는데, 대표적인 내용으로 기존 육계농가와 가장 큰 차이점은 크게 3가지로 나눌 수 있는데 사육밀도, 헛대의 제공, 채소류 제공이다. 일반 육계농가를 대상으로 하는 가축사육시설 단위면적당 적정 가축사육기준의 39kg/m²와 영국 RSPCA의 동물복지 인증기준 30 kg/m²과는 제곱미터당 약 9 kg의 사육밀도 차이를 보이는데 국제 기준과의 형평성, 일반양축농가와 차이 등을 고려해서 사육밀도는 30 kg/m²가 될 것으로 예상됨. 육계는 닭고기를 얻기 위해 기르는 품종으로 사육기간과 용도 등에 따라 육계, 토종닭, 삼계로 구분하여 인증토록 하였음. 사육규모는 최소 육계 10,000마리, 토종닭 6,000마리, 삼계 17,000마리 이상이어야 함.

[표 2-1-92] 국내 동물복지 육계장 인증기준

구 분	구 비 요 건
관리자 의무	<p>(1) 관리자는 2년 이상 기록한 다음 사항의 경영관련 자료를 보관하고 농림축산검역본부 또는 관계기관이 열람을 요구하는 때에는 이에 응해야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 동물의 입식·출하 현황, 폐사체 관리현황 ② 사육 개체수 및 계사(鷄舍) 내부 면적(사육밀도 포함) ③ 폐사 및 도태 수와 원인 ④ 사료의 생산·구입, 영양 성분 및 급여내용 ⑤ 사료 및 물 섭취량 ⑥ 점등 시간 ⑦ 계사 내 최고 및 최저 온도 ⑧ 청소 및 소독내용 ⑨ 약품·백신 구입·사용내용 및 질병 관리 현황 등 ⑩ 기계화·자동화 설비, 경보장치, 안전설비, 소방설비, 비상발전기 등의 점검내용 <p>(2) 관리자는 화재, 수해, 정전, 자동화 설비 고장 등 긴급 상황에 대한 대비 계획을 수립하여 문서화하여야 한다.</p>
닭의 건강 상태 등 점검	<p>(1) 관리자는 닭이 병들거나 상처 입었거나 이상행동을 보이는 지 다음 사항에 따라 매일 1회 이상 정밀 점검을 실시하여야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 닭의 무리를 지나갈 때는 닭에게 두려움을 유발하거나 외상을 입히지 않도록 언제나 천천히 신경 써서 이동해야 한다. ② 닭의 서있는 자세, 걸음걸이, 움직임, 활력, 눈의 상태와 경계하는 태도, 상처, 호흡, 깃털, 피부, 부리, 다리, 발, 발톱, 벃, 고기수염, 외부 기생충, 울음소리, 사료와 물의 섭취량과 행동, 배설물의 상태 등과 이상 행동 여부를 관찰한다. ③ 사육환경 또는 질병 등에 의해 고통을 받고 있는 닭이 있는지 확인한다. <p>(2) 점검을 통해 이상행동을 하거나 질병 및 부상 등 고통을 받는 닭이 발견되면 적합한 방식으로 신속하게 조치를 취해야 한다. 만일 관리자가 조치하기 어려우면 가능한 빨리 수의사의 진료를 받아야 한다.</p> <p>(3) 점검이 끝나면 다음 사항의 점검 내용에 대해 기록을 남겨야 한다. (다음의 기록사항이 있을 경우에 날짜 와 함께 기록)</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 폐사 및 도태 수와 사유, 도태 방법 ② 이상행동을 하거나 질병 및 부상당한 닭의 수와 원인, 조치내용
건강관리	<p>(1) 관리자는 닭의 질병 및 부상을 예방하도록 수의사의 자문을 받아 예방 접종 등 질병예방 프로그램을 세우고 문서화하여야 한다(수의사의 서명 포함).</p> <p>(2) 발에 나타나는 상처나 증상, 복막염, 카니발리즘, 심각한 깃털 손실, 붉은 진드기로 인한 피해 등에 주의를 기울여야 한다.</p> <p>(3) 내·외부 기생충은 적절한 구충약으로 방제한다.</p> <p>(4) 닭의 건강이 나빠 보이거나 행동의 변화를 보일 때는, 그 원인을 밝히고 그에 따라 처치, 격리, 도태, 환경 개선 등 적절한 대책을 세워야 한다. 만일 즉시 고칠 수 없는 환경요인에 문제가 있을 때는 계사를 비우고 이를 개선하여야 한다.</p> <p>(5) 질병이나 상처가 있는 닭은 마른 깔짚이 깔린 편안한 휴식 공간에 격리하여 치료한다.</p>
급여	<p>(1) 모든 닭은 품종, 연령 등에 따라 영양 균형이 맞는 사료를 매일 1회 이상 부당한 경쟁 없이 충분히 섭취할 수 있어야 한다. (수의사의 별도 지시 제외)</p>

	<p>(2) 사료의 영양성분에 대한 내용을 직접 기록하거나 사료 제조사로부터 확보하여 이를 보관하여야 한다.</p> <p>(3) 사료를 먹기 어려운 닭이 있으면 적합한 조치를 취해야 한다.</p> <p>(4) 닭에게 유해하거나 상처를 가할 수 있는 사료를 제공해서는 안 된다.</p> <p>(5) 포유류 또는 조류 유래 단백질을 포함하는 사료를 제공하여서는 안 된다. 다만, 우유, 계란 유래 단백질은 제외한다.</p> <p>(6) 닭이 먹을 수 있는 풀을 제공하도록 노력하여야 한다</p> <p>(7) 수의사의 별도 지시를 제외하고 사료나 물을 제한해서는 안 된다. 다만 도계를 할 경우에는 도계 시작 시간을 기준으로 12시간 이내로 사료를 제한할 수 있다.</p> <p>(8) 급이기의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 급이기는 모든 닭의 접근이 용이한 위치에 오염이 되지 않도록 설치하고 관리해야 한다.</p> <p>② 육계·토종닭은 65수당, 삼계는 110수당 지름이 33cm 내외의 원형 또는 타원형태의 급이기를 1대 이상 제공하여야 한다</p> <p>③ 급이기 위에 전류가 흐르는 철사를 설치하는 것은 금지한다. 닭이 급이기를 췌 대용으로 사용하여 사료 오염 가능성이 있는 경우, 닭이 급이기 위에 올라가지 못하도록 롤러 바 설치 등 개선방안을 강구하여야 한다.</p> <p>(9) 공급되는 사료 등에 소화를 돕는 성분이 포함되지 않은 경우에 한하여 닭이 소화를 돕기 위한 모래를 일주일에 최소 1회 이상 이용할 수 있어야 한다.</p>
급수	<p>(1) 수의사의 별도 지시를 제외하고, 닭에게 신선하고 깨끗한 물을 항상 제공하여야 한다.</p> <p>(2) 물은 최소 1년에 1회 이상 정기적으로 검사(상수도 급수 시 면제)하고 그 기록을 2년 이상 보관해야 하며, 수질 기준은 「지하수의 수질보전 등에 관한 규칙」 제11조에 따른 생활용수 수질기준에 적합해야 한다. 다만 일반세균은 1mL 중 1,000CFU(Colony Forming Unit)를 초과해서는 안된다</p> <p>(3) 겨울에도 급수가 항상 가능하도록 대책을 마련하여야 한다.</p> <p>(4) 급수기의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 급수기는 모든 닭의 접근이 용이한 위치에 오염이 되지 않도록 설치하고 관리해야 한다.</p> <p>② 니플형은 10마리당 1개 이상, 컵형은 28마리당 1개 이상 설치하여야 한다.</p> <p>③ 닭 1마리당 급수공간은 선형일 경우 최소 2.5cm, 원형일 경우 최소 1cm 이상 되어야 한다.</p> <p>④ 20마리 이하의 닭을 사육하는 우리에는 언제나 1대 이상의 급수기가 있어야 한다</p> <p>⑤ 급수기는 닭의 크기와 연령에 맞는 최적의 높이에 위치하여야 한다.</p> <p>⑥ 급수기 위에 전류가 흐르는 철사를 설치하는 것은 금지한다.</p>
준수사항	<p>(1) 일반농장이 동물복지 축산농장으로 전환하거나 일반농장에서 사육된 닭을 입식하여 동물복지 축산물을 생산·판매하려는 경우에는 입식 후 4주 이상을 동물복지 육계농장 인증기준에 따라 사육하여야 한다.</p> <p>(2) 농장 내에 육계 이외의 동물을 식용을 목적으로 사육해서는 안 된다.</p>
인도적 도태	<p>(1) 보행장애, 골절, 탈항 등 심각한 상처, 발작 등의 증상으로 회복이 곤란하거나, 참을 수 없을 정도의 극심한 고통을 겪고 있는 닭은 즉시 인도적인 방법으로 도태시켜야 한다.</p> <p>(2) 닭의 고통을 최소화하기 위한 인도적 도태 방법으로 다음 사항의 방법만 허용되며, 이에 대해 정확히 숙지하고 숙련되어 있는 자만이 인도적 도태를 수행할 수 있다.</p> <p>① 휴대용 전기충격기의 사용 후 즉시 방혈</p> <p>② 목의 탈구</p> <p>(3) 닭이 죽었는지 반드시 확인한 후 지체 없이 사체를 처리하여야 한다.</p>
사육시설	<p>(1) 계사의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 계사는 가능한 충분한 자연환기와 햇빛이 제공되도록 시설하여야 한다.</p> <p>② 사육 시설에 이용되는 재료와 구조는 날카로운 모서리나 돌출부 등 물리적·화학적인 요소로 인해 닭에게 스트레스를 주거나 해를 끼치지 않는 것이어야 하고, 철저히 소독하고 깨끗하게 관리해야 한다.</p>

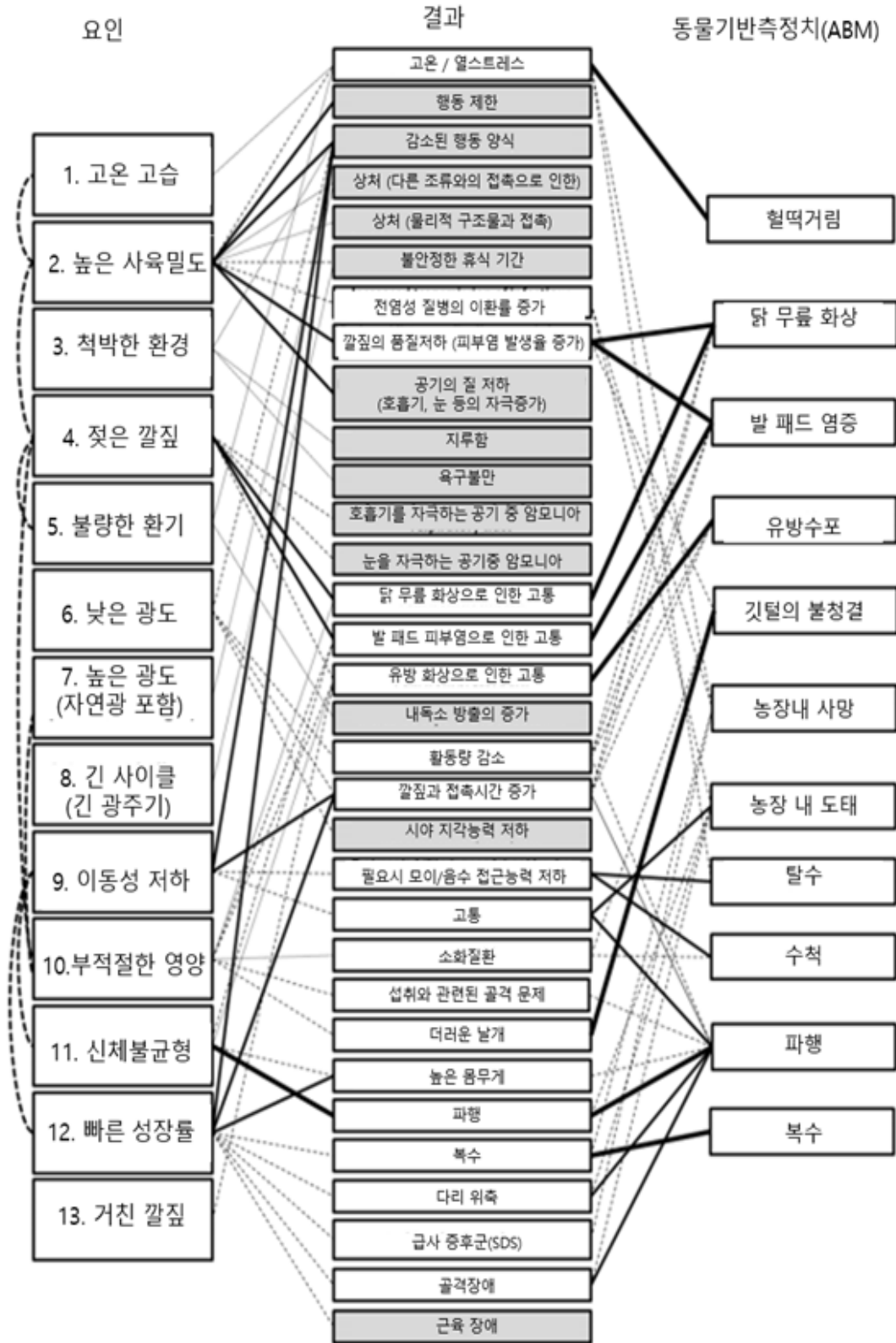
	<p>③ 계사 형태 및 사육 시설은 닭의 건강을 유지하고 생리적 욕구를 충족시킬 수 있어야 하며, 폐쇄형 케이지 등 에서 지속적으로 가두어 사육해서는 안된다.</p> <p>④ 계사는 관리자가 모든 닭을 쉽게 관찰할 수 있으며, 필요 시 적절한 조치를 취할 수 있도록 닭에게 즉시 접근할 수 있는 구조이어야 한다.</p> <p>⑤ 포식동물, 쥐 등 설치류, 해충, 기생충으로부터 닭이 피해를 입지 않도록 시설하고 정기적으로 구서작업을 하는 등 관리하여야 한다.</p> <p>(2) 화의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 육계 1,000수당(토종닭 800수당, 삼계 1,700수당) 헷대 2m를 제공해주어야 한다.</p> <p>② 화의 굵기는 직경 3~6cm (모서리가 둥글게 처리되고 폭이 약 4cm인 사각형 모양의 화를 권장한다), 화와 화 사이의 간격은 최소 30cm 이상이며 벽으로부터 20cm 이상 떨어져 있어야 하고 화의 높이는 바닥으로부터 약 10~100cm 높이어야 한다</p> <p>③ 쉽게 접근할 수 있어야 하고 닭에게 상처를 주지 않는 구조물로 만들어져야한다</p> <p>④ 화는 가능한 아래에 위치한 다른 닭이 배설물에 의해 오염되지 않는 장소에 설치한다.</p> <p>(3) 가능한 닭의 쪼는 행동욕구를 충족시킬 수 있도록 쪼는 물건(양배추등 각종채소류, 나무조각 등)을 제공하여야 한다</p> <p>(4) 깔짚의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 계사 내 모든 바닥은 전부 깔짚으로 덮여 있어야 하며, 닭이 모래목욕 등 생리적 욕구를 충족시키기에 충분한 깊이가 유지되어야 한다.</p> <p>② 깔짚은 충분히 깔아야 하며 위생적으로 관리되어야 한다</p> <p>③ 깔짚은 깨끗하고 마른 상태여야 하며, 깔짚이 건조하게 잘 유지되는지 매일 점검하여야 한다.</p> <p>④ 사용하는 깔짚이 물에 젖거나 오염되면 교체 또는 보충해주어야 하며, 깔짚을 주기적으로 교체하거나 소독하는 등 방역에 주의를 기울여야 한다.</p>
사육밀도	<p>(1) 계군의 크기, 계사 구조, 온도, 환기 등을 고려해 적절한 공간을 제공하여야 한다.</p> <p>(2) 모든 닭이 어려움 없이 정상적으로 일어서고, 돌아다니고, 날개를 뻗을 수 있고 화에 올라타거나 편안히 앉아 있을 수 있어야 한다.</p> <p>(3) 계사 내 닭의 최소 사육밀도는 아래 기준을 초과해서는 안된다</p> <ul style="list-style-type: none"> - 육계·토종닭 : 19수 이하 및 30kg/m² 이하 - 삼계 : 35수 이하 및 30kg/m² 이하
사육환경	<p>(1) 계사 내 조명(照明)의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 계사의 조명 시간은 매일 최소 8시간 이상의 연속된 명기(明期) 및 최소 6시간 이상의 연속된 암기(暗期)를 준수하여야 한다.</p> <p>② 자연광이 부족할 때에는 적절히 인공조명을 제공한다.</p> <p>③ 인공조명의 경우 단계적이거나 점진적인 방식으로 스위치가 작동하는 등 닭이 암기에 대비할 수 있도록 하여야 한다.</p> <p>(2) 계사 내 조명도(照明度)의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 낮 시간 동안 계사 내부는 닭이 어려움 없이 주변을 볼 수 있고 관리자가 닭을 제대로 관찰할 수 있도록 충분히 밝아야 한다.</p> <p>② 조명시설의 조명도는 최소 20lux 이상이 되어야 한다.</p> <p>③ 계사 내부 모든 곳의 조명도는 균일하여야 한다.</p> <p>(3) 계사 내 공기 오염도의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 먼지 및 가스 농도는 닭에게 해롭지 않은 수준이어야 하며, 사람이 감지할 수 있을 정도로 불쾌한 수준이어서는 안 된다.</p> <p>② 암모니아 농도는 10ppm 미만이 이상적이며 25ppm을 넘어서는 안 된다.</p> <p>③ CO₂ 농도는 5,000ppm을 넘어서는 안 된다.</p>

	<p>(4) 계사 내 온도의 기준은 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 적절한 단열 및 보온시설을 하여 극심한 고온 및 저온에서 닭이 스트레스를 받지 않도록 하여야 한다. ② 강렬한 직사광선에 닭이 오랫동안 노출되지 않도록 하여야 한다. <p>(5) 열 스트레스 감소를 위한 시설들을 갖추고 있어야 한다</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 적절한 환기와 송풍팬 등 활용하여 열스트레스를 감소시켜야 한다 <p>(6) 계사 내 소음의 기준은 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 닭에게 스트레스를 가할 정도로 소음이 나는 설비는 사용하지 않아야 한다. ② 환기 팬, 급이기 등의 시설로 인한 소음은 최소화해야 한다. ③ 큰소리나 잡음, 갑작스런 소음은 방지하여야 한다.
<p>자동화· 기계화 설비</p>	<p>(1) 닭의 사육에 이용하는 기계 및 자동화 설비는 1일 1회 이상 점검하여 결함이 없도록 관리해야 한다.</p> <p>(2) 설비의 결함이 발견되면 즉시 수리해야 하며, 바로 수리가 곤란할 경우에 대비하여 자동 급이·급수·환기 장치 등의 고장 시 대체할 수 있는 방법을 강구해 두어야 한다.</p> <p>(3) 설비의 결함 시 닭이 불필요한 고통과 스트레스를 받지 않도록 보호할 수 있는 조치를 즉시 취해야 하며 결함을 수리할 때까지 닭을 지속적으로 관리하여야 한다.</p> <p>(4) 주전원을 사용하는 모든 전기시설에 대해서는 다음 사항을 준수하여야 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 닭이 콘센트, 전선 등에 접근하지 못하도록 하여야 한다. ② 전선은 절연상태가 좋아야 한다. ③ 설치류에 의한 전기 사고를 예방하여야 한다. ④ 접지 상태가 적합하여야 한다. ⑤ 해당 관리 기관이나 자격 소지자에게 2년에 최소 1회 이상 검사를 받아야 한다. <p>(5) 보조전력 공급장치 등 전기 장치 고장이나 정전에 대비한 대책을 세워 두어야 하며, 주로 인공 환기시설로 환기를 하는 경우 정전 및 환기시설 고장 시 경보하는 장치를 설치하여야 한다.</p> <p>(6) 예비대책과 경보체계에 대해서는 최소 1주에 1회 이상 철저히 검사해야 하고, 결함이 발견되면 즉시 수리 하여야 한다.</p>
<p>방역 및 청소</p>	<p>(1) 계사 입구에는 방역을 위한 전실을 설치하고 소독조에서 장화 등 소독을 철저히 하여야 한다</p> <p>(2) 농장과 사육 관련 시설과 장비는 청결하게 유지하여야 한다.</p> <p>(3) 닭의 건강과 계사의 청소 및 소독을 위해 모든 계사를 동시에 비우는 올인-올아웃 시스템으로 사육한다. 다만, 올인-올아웃 시스템 적용이 어려운 농기는 고정식 소독장치 설치운영 등 방역 및 소독을 강화하여야 한다</p> <p>(4) 닭을 입식하기 전에는 계사를 비운 다음에 깨끗이 청소하고 철저히 소독하여야 한다.</p> <p>(5) 차단 방역을 위하여 계사 및 주변 소독을 정기적으로 실시하여야 한다.</p> <p>(6) 농장 출입차량에 대해 소독을 하여야 한다.</p> <p>(7) 계분은 퇴비로 만들어 농경지에 환원함으로써 유기적으로 순환토록 하는 것을 권장하며, 계분의 적절한 처리에 관해서는 「기축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 등 관련 법규를 준수하여야 한다.</p>

[자료 : 농림축산검역본부 고시 제2018-4호]

- 일부 국가에서는 인증기준에서는 육계에게도 햇대를 제공하도록 명시하고 있는데 1,000수당 2m의 햇대 제공을 요구하고 있으며, 채소류를 제공하여 육계의 건강을 향상시키도록 명시하고 있음. 물론 국내에서 햇대와 채소류 제공을 모두 수용하기는 쉽지 않을 것이나, 햇대의 제공은 설치에 많은 어려움이 동반되는 것이 아니며, 가축의 관리에 어려움을 초래하지 않기 때문에 인증기준 내용에 포함될 가능성이 높다고 판단됨.
- 자유방목에 대한 항목은 제외되거나 혹은 산란계와 마찬가지로 선택사항으로 추진될 것이나 「토양환경보전법」 및 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」과의 상충되는 부분에 대해 많은 검토가 선행되어야 할 것임.
- 육계는 닭고기를 얻기 위해 기르는 품종으로 사육기간과 용도 등에 따라 육계, 토종닭, 삼계로 구분해 인증토록 했으며 동물복지 육계농장으로 인증을 받으려면 다음기준을 준수해야 함. 먼저 동물의 입식 · 출하현황, 청소 및 소독내용, 질병예방프로그램, 약품 · 백신 구입 및 사용 등의 기록내용을 2년 이상 기록 · 보관해야 함. 둘째, 농장 내 사육시설은 개선된 형태로 해의 설치 및 닭의 쪼는 행동욕구를 충족시킬 수 있는 물건을 제공해야 한다. 셋째, 사육밀도는 기본적으로 모든 닭은 편안하게 일어서고, 돌아서고, 날개를 뻗을 수 있는 공간이 돼야 한다. 이에 따르면 축사시설의 바닥면적이 출하 전 기준으로 육계·토종닭은 m² 당 19수 이내와 총중량이 30 kg, 삼계 m² 당 35수 이내와 총중량 30 kg 이하를 유지해야 한다. 넷째, 사육환경에 대한 기준은 매일 최소 8시간 이상 밝은 상태와 6시간 이상 어두운 상태가 지속되어야 하며 내부 조명은 균일하게 20 lux 이상이어야 함. 마지막으로 자유방목을 추가인증을 받기 위해서는 사육시설에 별도의 방목장 면적이 3마리당 3.3 m² 이상 확보돼야 하며, 계사와 방목장 간 출입구는 높이 35 cm 이상 너비 40 cm 이상의 육계 출입이 가능하도록 적정하게 설치돼야 함.

■ 유럽연합의 동물복지에 대한 평가기준 - 육계



[육계의 동물 복지 요인과 결과 및 동물기반측정치(ABM) 다이어그램]

[표 2-1-93] 동물복지 품질측면에서 육계를 기반으로 동물복지의 정도를 측정(EFSA 권장사항)

결과(Consequence)	동물복지 측면에서 육계를 기반으로 측정(ABM ; animal-based measures)	
	Welfare Quality®(2009)	그 밖에 출처
폐사율(Mortality) ^㉔	<ul style="list-style-type: none"> - 농장 내 도태(Culls, F) - 농장 내 폐사율(Mortality, F) 	<ul style="list-style-type: none"> - 사체 발견^㉔(F) - 1 주 령 폐사율^㉔(F) - 누적 일간 폐사율 : 위원회 지침 2007 / 43 / EC(F) - 일간 폐사율(F)^㉔
근 골격계 질환 (전염성, 발달성, 퇴행성) ^㉔	<ul style="list-style-type: none"> - 보행점수^㉔(F) 	<ul style="list-style-type: none"> - 보행 분석 : Reiter and Bessei, 1997; Stojcic and Bessei, 2009 (F) - 디지털 모션 캡처 : Dawkins et al., 2009; Kristensen and Cornou, 2011(F) - 해부학 및 병리학 적 변화 : Butterworth and Arnould, 2009(F/S) - 활동의 자동화 기록 : Aydin et al., 2010 년(F) - 대기 검사 지연 시간(수욕 시험) : 주(week) 등 2002(F), 대기 검사 수정 대기 시간 : Berg and Sanotra, 2003 (F) - 포스 플레이트(Force Plate) 평가 : Sandilands et al., 2011 년(F), 검토를 위해 Butterworth and Arnould, 2009 년
근육 질환: 근육 병증(심부 근육 병증, 근육 위축병) 및 근육 손상 ^㉔		<ul style="list-style-type: none"> - 근육 손상의 생화학 지표^㉔ : Sandercock 외., 2009; McRae et al., 2006; Dinev 와 Kanakov, 2011 년(F/S) - 해부학 적 및 병리학 적 변화, 부검 : Gregory, 1998(F/S)
접촉 피부염 ^㉔	<ul style="list-style-type: none"> - 가슴(Breast) 화상(F/S) - 무릎(Hock) 화상(F/S) - 발바닥 피부염(F/S) 	<ul style="list-style-type: none"> - 발바닥 병변 : Ekstrand et al., 1998; Michel 등의 언론 보도(F/S) - 접촉 피부염 : Allain 그 외 여러분, 2009 년; 검토(Arnould et al., 2009) (F/S)
피부 질환	<ul style="list-style-type: none"> - 가슴 수포(F/S) 	<ul style="list-style-type: none"> - 가슴 수포 : 검토(Arnould 외.,) 2009 년(F/S)
복수(Ascites), 심낭염, 돌연사증후군 및 급증하는 폐사율 증후군 ^㉔		<ul style="list-style-type: none"> - 해부학 적 및 병리학 적 변화, 사후 검사, 부검 : Gupta, 2011(F/S) - 사체 발견, 폐사율, 일간 폐사율 : 위원회 지침 2007 / 43 / EC(F)
호흡기 및 짐막 질환 (전염성 및 환경 유래) ^㉔		<ul style="list-style-type: none"> - 폐사율(F) - 질병율(F) - 해부학 및 병리학 적 변화, 사후 검사 : Aziz and Barnes, 2010 (F/S)

[표 2-1-94] 동물복지 품질측면에서 육계를 기반으로 동물복지의 정도를 측정(EFSA 권장사항)

복지결과(Consequence)	동물복지 측면에서 육계를 기반으로 측정(ABM ; animal-based measures)	
	Welfare Quality®(2009)	그 밖에 출처
열 불쾌감(저온 스트레스)¶	뭉쳐있기(Huddling, F)	
행동 제약¶	- 질적 행동학 평가(QBA)(F) - 깃털의 청결도(F/S)	- 이동성(디지털 모션 감지) : Aydın et al., 2010; Kristensen and Cornou, 2011(F) - 지체 문제(위의 “근 골격계 질환” 참조) - 활동에 대한 동기 부여 : Bokkers and Koene, 2004 년(F) - 다른 행동 양식의 지속 시간 : 2006; Buijs 외., 2010(F) - 단위 시간당 움직인 거리 : Leone and Estevez, 2008a, b(F) - “수용밀도(Stocking density)”(실제 조류가 차지하는 최소 공간): Bokkers et al., 2011(F)
공포(SCAHAW, 2000)	회피 거리 테스트(ADT)	- 공포도 측정(회피 거리 테스트, 터치 테스트, 새로운 객체 테스트) : Forkman et al., 2009 년(F)
굶주림		- 체중(F/S) - 성장률, 사료 섭취량(F)
목마름	탈수도 측정(병아리의 정강이 피부색)(F/S)	- 음수 소비량(F) - 탈수도 측정(병아리 정강이 피부색) : Butterworth and Niebuhr, 2009 (F/S), - 자발적인 음수 소비량 : Sprenger et 외., 2009(F)
소화 기능 장애¶	깃털 청결도(F/S)	- 배설물의 상태(설사)(F)
쇠약함(Emaciation)	쇠약함(F/S)	- 체중, 신체 상태(F/S)
부상	- 깃털 손상(깃털 찢기, laying hen protocol)(F/S) - 상처난 벗(laying hen protocol)(F/S)	- 상처, 부상, 타박상 : Allain et al., 2009 년(F/S) - 부러진 날개 뼈, 부러진 다리 : Butterworth and Niebuhr, 2009; Knierim 및 Gocke, 003(F/S) - 공격적인 행동 : Cornetto 외., 2002; Ventura et al., 2012(F) - 부상으로 인한 도태(F)
기타 질병 (감염성 및 비감염성)	- 안구 병리학(laying hen protocol)(F/S) - 기생충(laying hen protocol)(F/S) - 폐혈증(F/S) - 간염(F/S) - 농양(Acesscesses, 피하고름)(F/S)	- 안구 염증 및 이상(F/S) - 기생충 감염(외부 기생충, 내부기생충)(F/S) - 패혈증(F/S) - 간염(F/S) 검토(Gregory, 1998; Butteworth and Niebuhr, 2009)

회색으로 표시된 텍스트는 이전 EFSA Scientific Opinion (EFSA, 2010a) 권장 사항에서 다루지 않은 결과에 대한 내용.

괄호 안의 문자는 농장(F) 또는 농장 및 도축장(F/S)에서 작성된 조치를 말한다. ¶ : EFSA (2010a)

[표 2-1-95] 동물복지 육계농장의 사양관리측면 권고사항(EFSA, 2010)

구분	권고사항	결과	이용가능한 동물기반측정치	
			사양관리 품질	그 밖에 측정치
동물복지 개요	1. 실제 계군에서 다리 문제, 발바닥 피부염, 복수(腹水), 돌연사 증후군(Sudden Death Syndrome) 등 전염성과 열악한 복지수준(고통의 정도)의 규모를 파악하기위해 건강문제를 포함한 육계 복지와 관련된 정보를 수집할 수 있는 감시 체계가 마련되어야 합니다. 이것은 또한 새로운 문제를 식별하는 데 도움이 될 것입니다.			
폐사율(Mortality)	2. 폐사율, 사체 발견 및 도태율과 같은 동물복지 결과의 지표에 대한 데이터를 기록해야 합니다. 또한, 폐사 및 도태의 이유, 사체로 발견된 수, 보행 점수 및 복수(腹水)를 기록해야 하고, 각각의 육계 유전 라인에 대해 육종회사에서 공개해야 합니다. 이 정보는 농부들이 구매할 계통을 선택할 때 당국에서 확인하기 위해 이용할 수 있습니다.	폐사율	- 농장 내 도태(Culls, F) - 농장 내 폐사율(Mortality, F)	- 사체 발견 ⁹ (F) - 1 주령 폐사율 ⁹ (F) - 누적 일간 폐사율 : 위윈회지침 2007 / 43 / EC(F) - 일간 폐사율(F) ⁹
근골격계 질환(전성, 발달성, 퇴행성) ⁹	3. 4와 5점을 받는 육계의 비율을 감소시키는 것을 최우선적으로 처리해야 하며 향상된 관리방안뿐만 아니라 높은 보행 점수에 기여하는 모든 요소들을 강제적으로 선택해야 함	근골격계 질환(전염성, 발달성, 퇴행성) ⁹	- 보행 점수 ⁹ (F)	- 보행 분석: <i>Ritter and Bessi, 1997; Stojic and Bessi, 2009</i> (F) - 디지털 모션 캡처: <i>Dawkins et al., 2009; Kristensen and Cornu, 2011</i> (F) - 해부학 및 병리학 적 변화: <i>Butterworth and Arnold, 2008</i> (F/S) - 활동의 자동화 기록: <i>Aydin et al., 2010</i> (년F) - 대기 감시자면 시간수속시험 : <i>주(walk)</i> 등 2002(F), 대기 감시수정 대기 시간: <i>Bag and Santra, 2008</i> (F) - 포스 플랫폼(Force Plate) 평가: <i>Sardlands et al., 2011</i> 년(F), 감도를 위해 <i>Butterworth and Arnold</i> 2009년
	4. 보행 점수(Gait score)는 모든 육계 생산 및 번식 농장에서 표준화된 방식으로 수행해야 합니다. 상당 비율의 육계가 3 점 이상이면 계군의 복지를 개선하기 위해 유전적인 선발, 관리 및 사육시스템에 대한 검토가 이루어져야 합니다. 관심 사항의 임계값을 설정해야 하며, 임계값이 설정되는 데에 따라 복지상의 문제가 근절되는 데에 여러 해가 걸릴 것으로 예상합니다.	근 골격계 질환(전염성, 발달성, 퇴행성) ⁹	권고사항 3번을 참고	
	5. 움직이기 어렵거나 전혀 움직이지 못하는 조류들은 도태해야 합니다(보행 점수 4, 5점)	근 골격계 질환(전염성, 발달성, 퇴행성) ⁹	권고사항 2, 3번을 참고	
	6. 육종 회사들은 상업 라인에서 육계의 보행 점수를 향상시키기 위한 선발에 적합한 형질을 식별하도록 권장해야 합니다.	근 골격계 질환(전염성, 발달성, 퇴행성) ⁹	'권고사항 3번을 참고	

[표 2-1-95] 동물복지 육계농장의 사양관리측면 권고사항(EFSA, 2010)

구분	권고사항	결과	이용가능한 동물기반측정치	
			사양관리 품질	그 밖에 측정치
근육 질환	권고사항 없음	근육 질환: 근육 병증(심부 근육 병증, 육 위축병) 및 근육 손상 ⁵	-	- 근육 손상의 생화학 지표 ⁵ : Sandercock 외, 2009; McRae et al., 2006; Dinev와 Kanakov, 2011년(F/S) - 해부학 적 및 병리학 적 변화 부검: Gregory, 1998(F/S)
접촉 피부염	7. 접촉성 피부염은 중도의 유전력으로 선발 프로그램에 포함 되어야 합니다.	접촉 피부염 ⁵	- 가슴(Breast) 화상(F/S) - 무릎(Hock) 화상(F/S) - 발바닥 피부염(F/S)	- 발바닥 병변: Ekstrand et al., 1998; Michel 등의 언론 보도(F/S) - 접촉 피부염: Alain 그 외 여러분, 2009년 검토(Amould et al., 2009) (F/S)
	8. 유럽에서는 접촉성 피부염 표준 분류 시스템을 개발해야 합니다.	접촉 피부염	권고사항 7번을 참고	
	9. 관리 및 유전적인 선발을 통해 향후 10년간 접촉성 피부염에 걸린 육계의 비율을 줄이기 위한 업계의 목표가 있어야 한다.	접촉 피부염	권고사항 7번을 참고	
	권고사항 없음	피부 질환	- 가슴 수포(F/S)	- 가슴 수포: 검토(Amould 외), 2009년(F/S)
복수심낭염, 돌연사 증후군 및 급증하는 폐사율 증후군 ⁵	10. 특히 빠르게 성장하는 라인에서 이러한 조건에 대한 선발이 지속되어야 하며, 낮은 수준으로 유지되도록 유병율을 모니터링해야 합니다.	복수(Ascites), 심낭염, 돌연사증후군 및 급증하는 폐사율 증후군 ⁵	-	- 해부학 적 및 병리학 적 변화 사후 검사 부검: Gupta, 2011(F/S) - 사체 발견 폐사율, 일간 폐사율: 위원회 지침 2007 / 43 / EC(F)
행동 제약 ⁵	11. 육계는 활동성을 증가하기 위해 운동성을 고려하여 선발되어야 합니다.	행동 제약 ⁵	- 질적 행동학 평가(QBA)(F) - 깃털의 청결도(F/S)	- 이동성(디지털 모션 감지): Aydin et al., 2010; Kristensen and Comou, 2011(F) - 지체 문제(위의 "근 골격계 질환" 참조) - 활동에 대한 동기 부여: Bokkers and Koene, 2004년(F) - 다른 행동 양식의 지속 시간: 2006; Buijs 외, 2010(F) - 단위 시간당 움직인 거리: Leone and Estevez, 2008a, b(F) - "수용밀도(Stocking density)"(실제 조류가 차지하는 최소 공간: Bokkers et al., 2011(F)
	12. 개체의 활동성을 장려하는 관리 시스템이 개발되어야 합니다.	행동 제약	권고사항 11을 참고	
열 스트레스	13. 육계가 고온 스트레스를 받지 않도록 관리 기술을 적용해야 합니다.	열 불쾌감(고온 스트레스) ⁵	헐떡거림 ⁵ (F)	- 헐떡거림 ⁵ : McLean et al., 2002(F) - 공간적 분포(밀집 등): Arnould and Faure, 2004 (F)
	14. 고온 스트레스를 줄이려면 환경의 주변 온도와 유전적인 계통조성이 함께 이루어져야 합니다. 이것은 또한 관리 기술로 성장률 감소를 의미할 수도 있습니다.	열 불쾌감(고온 스트레스) ⁵	권고사항 13번을 참고하세요.	
	권고사항 없음	열 불쾌감(저온 스트레스) ⁵	몽쳐있기(Huddling, F)	-

[표 2-1-95] 동물복지 육계농장의 사양관리측면 권고사항(EFSA, 2010)

구분	권고사항	결과	이용가능한 동물기반측정치	
			사양관리 품질	그 밖에 측정치
호흡기 및 점막 질환	15. 도축장에서 호흡기와 점막질환을 기록하기 위한 표준화된 시스템을 개발해야 합니다.	호흡기 및 점막 질환 (전염성 및 환경 유래) ⁶	-	- 폐사율(F) - 질병율(F) - 해부학 및 병리학적 변화, 사후 검사 : Aziz and Barnes, 2010 (F/S)
복지와 관련된 환경 요인	권고사항 없음	-	-	-
영양과 사료관리, 음수관리	권고사항 없음	굵주림	-	- 체중(F/S) - 성장률, 사료 섭취량(F)
	권고사항 없음	목마름	탈수도 측정(병아리의 정강이 피부색)(F/S)	- 음수 소비량(F) - 탈수도 측정(병아리 정강이 피부색) : Butterworth and Niebuhr, 2009 (F/S), - 사발적인 음수 소비량 : Sprenger et al., 2009(F)
소화기능	권고사항 없음	소화 기능 장애 ⁶	깃털 청결도(F/S)	- 배설물의 상태(설사)(F)
유전적 인 선발 환경과의 상호작용	16. 유전되는 것으로 밝혀진 복지 형질은 육종 프로그램과 선택 지표에 포함해야 하며, 또한 유전적인 선발 및 유전과 환경간의 상호 작용도 포함해야 합니다.	-	-	-
	17. 미래 시장 수요를 충족하고 까다로운 환경을 견딜 수 있는 계통을 개발하기 위해서는 육종회사가 유전적 다양성을 유지해야 합니다.	-	-	-
	18. 만속종 계통(Slower growing lines)을 사용해야 하며, 더운 기후에서는 더욱 더 선발해야 합니다.	-	-	-
	19. 다양한 형질들의 유전적 선발의 영향뿐만 아니라 표현형 경향을 평가하기 위해 여러 국가에 걸쳐 조화로운 시스템에서 상업군에 대한 복지의 표준(객관적) 모니터링을 실시해야 합니다.	-	-	-
	20. 육종 회사는 단순히 “불만제로”가 아닌 복지, 생산성 및 마케팅 관점에서 육계가 다양한 종류의 환경에 적응하는 능력을 보다 면밀히 검사하고 후속조치를 취해야 합니다. 이것은 미래의 선택을 위해 유전적인 선발 및 환경과의 상호작용에 대한 더 나은 정보를 제공할 것입니다.	-	-	-
	21. 육종가와 농가는 지역 환경에 적응할 수 있는 육계를 선택하여 복지 면에서 개선해야 합니다.	-	-	-
	22. 농부들이 특정 상황에 적합한 품종을 선택할 수 있도록 복지와 생산에 대한 모니터링 시스템이 제공되어야 합니다.	-	-	-
	23. 복지와 관련된 형질을 선택할 때 유전적 선발 및 기타 신기술도 고려해야 합니다.	-	-	-

[표 2-1-95] 동물복지 육계농장의 사양관리측면 권고사항(EFSA, 2010)

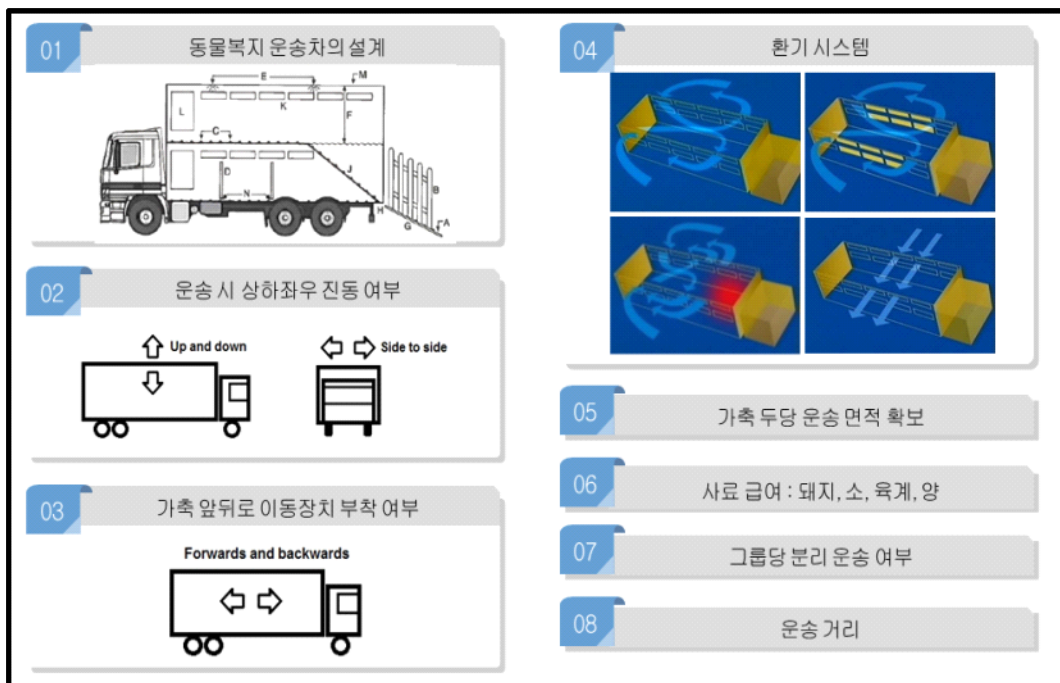
구분	권고사항	결과	이용가능한 동물기반측정치	
			사양관리 품질	그 밖에 측정치
-	-	쇠약함(Emaciation)	쇠약함(F/S)	- 체중, 신체 상태(F/S)
-	-	부상	- 깃털 손상(깃털 쫓기, laying hen protocol)(F/S) - 상처난 벗(laying hen protocol)(F/S)	- 상처, 부상, 타박상 : Allain et al., 2009 년(F/S) - 부러진 날개 뼈, 부러진 다리 :Butterworth and Niebuhr, 2009; Knierim 및 Gocke, 2003(F/S) - 공격적인 행동 : Cornetto 외., 2002; Ventura et al., 2012(F) - 부상으로 인한 도태(F)
-	-	공포(SCAHAW, 2000)	회피 거리 테스트(ADT)	- 공포도 측정(회피 거리 테스트, 터치 테스트, 새로운 객체 테스트) : Forkman et al., 2009 년(F)
-	-	기타 질병 (감염성 및 비감염성)	- 안구 병리학(laying hen protocol)(F/S) - 기생충(laying hen protocol)(F/S) - 폐혈증(F/S) - 간염(F/S) - 농양 (Abscesses, 피하 고름)(F/S)	- 안구 염증 및 이상(F/S) - 기생충 감염(외부 기생충, 내부기생충)(F/S) - 패혈증(F/S) - 간염(F/S) 검토(Gregory, 1998; Butteworth and Niebuhr, 2009)

(2) 운송 및 도축단계 동물복지 품질관리 방안

- 동물의 차량운송이 적절한 사료와 음수 공급, 난폭운전 등에 의한 가축의 상해방지 및 가축의 도축(도계) 및 살처분 시 먼저 기절시킬 후 인도적인 방법으로 처리하도록 규정하고 있음.



[그림 2-1-39] 국내 동물복지형 운송차량과 일반 운송차량



[그림 2-1-40] 유럽연합의 동물복지 운송차량

- 동물의 운송에 관련하여 『동물운송세부규정(동물보호법 제 9조 제 2항 및 제 3항의 규정에 의한 동물운송에 필요한 세부사항, 제 2013-3호)』을 고시하여 농장동물 운송차량의 구조 및 설비기준을 정하고 농장동물의 운송 밀도, 운송시 금지사항 및 적합한 차량의 이용 등의 내용도 세부적으로 정하고 있음

돼지가 스트레스 반응이 없는 상태

핸들러와 적당한 거리를 유지하려함

머리를 낮추고 몸은 편안한 상태를 유지함

걸거나 빠른 속도로 이동함

대부분 전방을 주시함

작은 소리를 냄



[그림 2-1-41] 동물 행동학적 관점에서 접근법



[그림 2-1-42] 돼지 스트레스 반응기준

- 축산농장에서 사육에서 운송·도축에 이르는 모든 단계에서 품질을 결정짓는데 중요하지만 이 중에서 가장 결정적인 단계는 도축단계임. 도축직전 농장동물을 취급 여하에 따라 축산물의 품질에 영향을 미친다고 할 수 있음
- 동물을 빠르게 운송용 차량에 상차시키기 위해 전기봉, 막대기 등 동물에게 고통 및 두려움을 줄 수 있는 방법을 사용해야 한다. 양계의 경우 운송용 케이지에 넣을 때 작업자가 한 손에 여러 마리를 잡아 운반하므로 날개 부상, 대퇴골 탈골 등의 부상을 입으며 스트레스를 받게 됨. 그러므로 상하차 시 적합하지 않은 디딤판을 이용하여 돼지의 경우 부상을 입게 됨. 질병 및 부상을 입은 돼지들도 운송하여 돼지들이 고통 및 스트레스를 받고 운송 도중에 폐사하기도 하였음.
- 운송차량에 동물을 과밀집 운송을 하여 적정 체온 범위가 좁은 양돈과 양계가 열스트레스 등에 취약하여 폐사하는 상황이 발생한다. 과밀집 운송으로 동물들이 서로 부딪히거나 깔리는 등의 부상을 입으며 스트레스를 받게 된다. 특히 양계에서 운송 도중 폐사 비율이 높은 것으로 나타남. 장기간 운송으로 인하여 동물이 피로와 스트레스를 느끼며 심하면 탈진상태가 되고, 물 등은 차량에서 제공되지 않아 갈증과 탈수 등의 문제가 발생하여 심각한 문제가 발생되기도 함. 차량 내의 적정 온도 유지가 안 되며, 너무 덥거나 추운 날씨에도 운송하여 일사병, 동상 등의 문제가 발생하고 심할 경우에는 운송 도중에 동물이 폐사함.

[표 2-1-96] 동물복지 양돈 육계농장에서의 구간별 운송밀도

축종	구분	체중	두당 운송밀도(m ²)
돼지	자돈·육성돈	25kg 이하	0.15미만
		25kg 이상~60kg미만	0.15~0.35
		60kg 이상~80kg미만	0.35~0.40
	비육돈	80kg 이상~100kg미만	0.40~0.42
		100kg 이상~120kg미만	0.42~0.51
		120kg 이상	0.51이상
육계	병아리	-	21~
	성계	1kg 미만	180~250cm ² /kg
		1kg 이상~2kg미만	160~210cm ² /kg
		2kg 이상~3kg미만	170~230cm ² /kg
		3kg 이상~5kg미만	115cm ² /kg
		5kg이상	105cm ² /kg

[자료: 농림축산식품부]

- 농장동물을 상하차 시킬 때 동물을 인도적으로 이동시키기 위해서 작업자가 동물의 행동을 이해할 수 있어야 하며, 교육이 진행되어야 함. 가축을 이동시킬 때 인도적으로 사용할 수 있는 깃발, 망토와 같은 도구들을 이용하며, 동물을 놀래키거나 겁을 먹게 끄 하는 행동을 자제해야 함.
- 돼지를 운송용 차량에 상·하차 시킬 때 동물이 미끄러지지 않고 다리가 빠지지 않는 안전하고 적합한 디딤판을 이용해야 함. 운송차량내의 돼지의 운송밀도는 적당한 수준으로 운송을 하며, 과밀집 운송은 금지. 운송차량 내에는 동물이 물을 마실 수 있는 공간과 급수기 등이 제공되어야 함.
- 날씨가 너무 덥거나 추운 날에는 운송을 하지 않으며, 태양광이 심하거나 비가 내리는 날에는 운송차량에 천이나 방수막 등을 설치하여야 함. 질병에 걸렸거나 부상이 심한 동물 혹은 임신 말기에 있는 동물들은 운송을 금지 해야 함



[그림 2-1-43] 돼지 동물복지 도축장 공정도

- 도축장 내의 계류장에서 동물을 과밀집 상태로 계류하여 운송 때 생긴 피로감을 회복하지 못하며 스트레스를 받아 같은 계류장 내의 동물과 싸움을 하여 부상을 입는 일이 발생함. 양계를 도축하기 위하여 현수를 시킬 때 양계들은 발버둥을 치며 이 과정에서 날개, 다리 부상이 생기며, 큰 공포와 스트레스를 느끼게 된다. 국내에서 양계 도축장 대부분은 전기 기절법으로 기절시키며 기계가 자동으로 칼로 양계를 방혈을 시키지만, 빠른 도축라인 속도로 인하여 양계가 기절하지 않은 상태로 목이 잘리며, 아직 죽지 않은 개체들도 탕적과정에 들어가게 되는 심각한 복지 문제가 발생함.



[그림 2-1-44] 돼지 동물복지 도축장 하차대 및 유도로

- 돼지는 계류장에서 도축장으로 이동시킬 때 미숙한 핸들링 및 빠른 진행을 위해 동물들에게 끊임없이 전기봉 및 막대기 등으로 고통을 주어 강제적으로 이동을 시켜, 동물은 통증, 불안 및 스트레스를 느끼며 갑작스러운 돌발행동 등을 일으키기도 함
- 국내에서는 돼지는 전기기절법으로 기절을 시키지만 이 중 기절이 제대로 안되거나 다시 깨어나는 개체들이 발생하며 깨어있는 상태에서 방혈이 진행이 되어 동물이 극심한 공포와 고통을 느끼는 심각한 복지적 문제가 발생함
- 계류장 내의 동물들은 충분한 휴식공간이 제공되며, 최소 8시간 이상 휴식을 취할 수 있는 시간을 제공해야 함. 계류장 내 모든 동물들이 간편하게 물을 마실 수 있는 급수공간이 제공되어야 하고 질병에 걸렸거나 부상을 당한 동물을 따로 격리할 수 있는 격리실을 마련해야 함.

축종별 핵심프로세스에 대한 이해도 및 프로세스 정립		
핵심 포인트	주요 공정	향후 과제
<p>동물학대금지 스트레스 최소화</p>	수송차량	차량외부 : 외관(색), 상하차각 조절, 수송 중 외부 노출 정도 차량내부 : 환기, 15두분리수용, 수송 밀도
	계류장	하차대 : 유동성 하차대(하차각 15도 미만), 외부 환경 스트레스 요인 물이통로 : 곡선, 스트레스 받지 않는 벽면색, 미끄럼 방지, 바닥 패임 정도 계류돈방 : 수용두수 15두(최적), 바닥난방 유무, 물고임 방지(경사각 등) 계류장 환경 : 스트레스 저감 색상, 환기 시스템(쾌적한 공기), 눈부심 방지
	돼지 몰이	전용몰이도구사용, 전기봉 금지, 구타 금지 작업복 : 녹색(돼지에게 스트레스를 주지 않는 색의 작업복 착용)
	실신시스템	자동몰이시설, 1회 15두 몰이, 작업자·타격에 의한 스트레스 방지 실신기 진입로 : 경사각 제로, 스트레스를 주는 요인(빛 반사, 빛 정도 등) 실신기 : 동물복지에 적합한 CO2 실신, 전기실신 시 돼지의 상태(눈 깜박임, 킁킁이없어야함)

[그림 2-1-45] 돼지 동물복지 운송·도축시 핵심 프로세스



[그림 2-1-46] 육계의 동물복지 도계장 공정도

- 양돈과 육계의 기절법은 전기 기절법 보다 가스 기절법으로 사용할 시 모든 동물을 더 용이하게 기절시킬 수 있음. 하지만 도축장에서 가스 기절법으로 기계 설비를 바꿀 수 없을 시, 도축라인의 속도를 줄이는 것으로 기절하지 않은 개체의 수를 줄일 수 있음. 기절

하지 않았거나 깨어난 동물을 발견할 시 곧바로 다시 기절시킬 수 있도록 예비용 전기 기절 도구를 준비해야 한다.

- 타격 기절법으로 기절을 시킬 시 정확한 타격부위에 타격을 하며, 동물이 제대로 기절을 하였는지 확인을 한 이후에 방혈을 시켜야 한다. 만일 기절이 제대로 되지 않았다면 곧바로 다시 기절시킬 수 있도록 항상 예비용 타격 도구를 준비해야 함.
- 방혈을 시킬 때 동물이 기절한 상태에서만 진행하며, 숙련자가 동물의 경정맥 및 경동맥을 한 번에 모두 잘라야 함. 방혈용 칼은 언제나 깨끗하고 날카로운 상태를 유지하고 있어야 함. 육계의 경우 방혈을 시키는 기계의 칼날이 깨끗하고 날카롭도록 점검을 매일 하며, 기계가 고장이 나지 않도록 정기 점검을 함.

[표 2-1-97] 동물복지 도계장과 일반도계장의 차이

공정	동물복지 도계장		일반도계장	
	특성	효과	특성	효과
포획 운송 계류	-Auto Catching 실행 -운송전용 모듈, 드로워 사용 - 최적 환기, 온/습도 계류장 사용	스트레스 방지 -운송 최적 환경 유지 -생산성 향상 -비품 발생 방지 -대기환경 오염 최소화	-상치반에의한 수직업 (강제포획) -어리장을 이용한 운반 -환기가능한계류장운영	스트레스 발생 -계류시온도 스트레스 발생 -운반시대기환경 부담
Gas Stunning	-CO ₂ gas에 의한 실신	-스트레스 방지 -방혈 효과 증대	전기충격에의한실신 -현수 후 이동시 날개 움직임 발생	스트레스 발생
현수	실신상태에서 현수 -전용 운반용구 자동 세척	닭/작업자 스트레스 방지 -비품발생 방지	-팀핑에 의한 움직임 발생	-스트레스 발생 -피부 손상 발생(비품) -방혈 탈모 효과 감소
탕적	-53~57℃ 중, 저온 탕적	탈모효과 증대 -선도 유지기간 확장	-59.5℃ 고온 탕적 실시	-기슴살 쿠킹 현상
냉각	-Full Air Chilling 공정 최단시간 냉각 (40℃ → 4℃미만) -체중에 따른 Aging time 조절	-닭고기 고유풀미 유지 -유통과정 신선도 유지 -수분 Drip 무발생 (무감량)	Water Chilling -Air Chilling겸용 60분 이내	일정시간 경과 후 Drip 현상 (증체 후 감량현상)
선별창고	작업장내부8℃유지	신선도 유지	-작업장내부13~14℃ 유지	-온도변화에 의한 변화발생

(3) 유통단계 동물복지 품질관리 방안

- 1차 가공 후 포장에 이루어짐에 따라 제품의 보관, 운송, 진열, 판매, 그리고 소비되기 전 까지 모든 과정에 있어서 식육은 포장식품으로써 유통됨. 식육의 포장은 품질 변화를 방지하며 제품을 규격화 할 수 있도록 하고 취급을 편리하게 하여 상품 가치를 향상시킴.
- 냉장 또는 수송 중 외부로부터의 오염을 방지하고 수분증발에 의한 중량 손실을 줄이기 위하여 포장됨. 이에 이용되는 포장재는 얇은 두께의 polyethylene(PE), polypropylene(PP), 연질염화비닐(plasticized PVC)과 같은 플라스틱 필름이며, 이와 같은 플라스틱 필름들은 기체투과성은 높으나 수증기 투과성은 낮으므로 포장하기 전에 도체나 분할육을 충분히 냉각시켜야 육표면과 포장재 사이에 응축수가 생성되는 것을 방지할 수 있음.
- 장기 저장의 필요성에 따라 polyamide(PA)나 polyester(PET)에 polyethylene을 접착시킨 다중접착필름(laminated film), 산소 수증기 차단성을 강화하기 위하여 다중접착필름의 사이에 염화비닐리덴(PVDC)층을 입힌 필름이나 PVC, PVDC를 중첩시킨 copolymerisate 등이 이용됨. 더욱 높은 차단성이 필요한 경우에는 염화비닐알콜(PVAL)이나 에틸렌비닐알콜(EVAL)류의 필름이 중첩됨.
- 이외에도 신선육 및 육제품의 품질 유지를 위해 다양한 연구가 진행되고 있음. 새롭게 연구되고 있는 나노기술은 물질의 크기가 나노미터 이하가 되면 본래 거대분자와는 다른 현상이나 특성이 나타나는 것을 이용하는 것으로서, 나노기술을 적용한 포장재는 순수한 고분자 중합체로 이루어진 포장재에 비하여 물리적인 강도가 증가하고, 열적 특성과 광학적 특성이 우수하며 기체투과도가 감소하는 등의 특성을 나타냄. 또한 항균성, 항산화성을 지니는 나노물질의 개발을 통하여 새로운 포장재를 만드는 기술이 연구되고 있으나 기능성 및 위해도 평가 연구가 부족하여 현재로서는 상용화가 어려움.
- 천연유래물질을 이용한 포장재도 다양하게 연구되었으며 전분, 알긴산, 키토산, 펙틴, 카라게닌, 지질, 단백질 등을 이용한 포장재가 있음. 포장재 개발은 기존 합성 포장재의 강도, 열저항성, 항균성, 항산화성을 향상시키며 공기투과성을 줄이는 방향으로 이루어져 왔음.
- 포장 방법은 크게 진공포장과 가스치환 포장법이 이용되며 진공포장법은 진공펌프를 이용하여 탈기한 후 밀봉하는 방법으로써 외기와 접촉을 막아 식육의 변질을 막는 포장법임. 가스치환 포장은 진공포장과 동일하게 탈기과정을 거친 후 탄산가스와 질소를 혼합 또는 단독으로 주입하여 열봉합 포장함.
- 랩 포장상태에서는 육색이 소비자 선호도가 높은 선홍색으로 유지되지만, 저장성이 짧은 단점이 있는 반면, 진공포장이나 가스치환 포장에서는 저장성이 연장되나 육색이 적자색으로 나타남. 육색이 변화하는 것은 육색소의 대부분을 차지하는 myoglobin이 주변 산소 농도가 줄면서 oxymyoglobin(선홍색)에서 reduced myoglobin(적자색)이나 metmyoglobin(갈색)으로 화학적 상태가 바뀌며 색이 변하기 때문임
- 따라서 유통단계에 따른 포장 방법의 변경이 새로운 포장 방법이 될 수 있음. 예를 들어 진공포장을 이용하여 도매유통 된 후에 통기성 랩 포장이나, 높은 산소농도(80% 이상)로

포장하여 진열/판매하는 것으로서 선행연구에 따르면 비분쇄 상태의 신선육이라면 진공 포장상태에서 최대 90일, 가스치환포장으로 최대 16일 정도 유통할 수 있음

- 진공포장과 가스치환포장방법의 육색 변질 현상을 보완한 것이 공기조절 포장(MAP, modified atmosphere packaging)으로 탈기 후 포장재 내에 인위적으로 산소, 질소, 탄산가스 등의 비율을 조절 후 주입시킴. 일반적으로 70% 내외의 산소와 20~30% 정도의 탄산가스를 주입시키며 용기가 위축되는 현상을 막기 위하여 질소가스를 주입하거나 가스 차단성이 좋은 포장재를 이용하기도 함.

[표 2-1-98] 활성포장 방법 및 첨가제

방법	세부 방법	이용 제품
산소 흡수제	산화철 분말, FeCO ₃ , Fe/S, 금속촉매, Glucose oxidase, Alcohol oxidase	과자, 가공육류, 빵, 피자, 떡
이산화탄소 발생제/흡수제	FeO, Ca(OH) ₂ 분말, FeCO ₃ /금속 염화물	커피, 신선 육류 및 어류
에틸렌 흡수제	KMnO ₄ , SiO ₂	과채류
보존료 방출제	BHA/BHT, Sorbate, Zeolite, 와사비 추출물	과채류, 육류, 어류, 빵, 곡류, 치즈, 신선냉장식품
에탄올 발산제	알코올 spray, Encapsulated ethanol	케이크, 빵, 어류
수분 흡수제	실리카겔, 산화칼슘, PVA 덩개	건조식품, 어류, 육류
온도 제어제	다공성 플라스틱, PET 용기, 발포 플라스틱	조리냉장식품, 육류, 어류

[자료:한국식품과학회, 2004]

- 최근에 가장 각광받고 있는 포장방법은 active packaging과 intelligent packaging임. Active packaging(활성포장)은 MAP가 발전된 형태로써, 식품의 품질을 유지하기 위하여 본래 포장필름이나 용기 내에 특수한 첨가제(표 2-1-109)를 넣어 포장 내부 환경과 능동적으로 상호작용을 하게 함. 이는 포장재와 제품 간의 반응을 물리적, 화학적, 생물학적으로 변화시켜 원하는 저장성이나 안전성 혹은 관능적인 품질 유지를 획득하는 포장법임. 우리나라에서는 맛김에 쓰이는 실리카겔 수분탈습제, 김치의 필름포장에 쓰이는 CO₂ 흡수제, 어묵이나 유지함유식품에 사용하는 탈산소제 등이 사용되고 있음.
- 신선육의 포장에는 CO₂ 생성 혹은 O₂ 포집자로서 작용하는 Codimer사(프랑스)의 VerifraisTM(그림 29)나 Mitsubishi gas Chemical사(일본)의 Ageless[®] G, Multisorb Technologies사(미국)의 FreshPax[®] M 등의 첨가물질이 사용되며, 포장지로는 Sirane사(영국)의 Dri-FreshTM이 저장성 증대 및 품질 유지의 목적으로 주로 쓰이고 있음.
- Intelligent packaging(지능형 포장)법은 포장된 식품의 정보를 포장지나 포장지에 접착된 센서, RFID(Radio frequency identification) 태그 등으로 식품의 품질과 환경조건을 모니터링 할 수 있게 해주는 포장법임. Intelligent packaging은 품질관리 및 환경조건 최적화가 용이하며 소비자들도 품질 정보를 직관적으로 알아볼 수 있다는 장점을 가짐. 현재 시간-온도 센서 또는 산소 함량 센서를 이용한 intelligent packaging 법이 주로 이용됨

- intelligent packaging은 Fresh-Check®(신선도), OnVu TTI™(시간-온도), CheckPoint® labels(pH), TRACEO®(온도, 콜드체인 점검), 3M MonitorMark™(온도, 콜드체인 점검), SensorQ™(미생물 수), TIMESTRIP®(유통기간)등이 있음.
- 이외에도 항생물질을 첨가하여 미생물의 생육을 막아 저장성 및 안전성을 증진시키는 방법이 있는데, 1) 소르빈산과 같은 유기산이나 염을 첨가하는 방법, 2) 트리클로산 등의 항미생물 효과를 지니는 다양한 화합물을 첨가하는 방법, 3) 나이신과 같은 천연의 무독성 보존료(박테리오신) 첨가, 4) 양념이나 허브류 추출물 첨가 등이 이용됨. 현재 판매되고 있는 제품에는 AgION™(농축액), AgION Technologies LLC Nisaplin®(추출물) and Microgard™(포장지), Danisco 등이 있음.
- 새로운 포장기술의 도입으로 인한 기계 설치 및 시스템 적용을 위한 비용이 발생하여 원가가 상승하게 되는 단점이 있으나, 장기적으로 보았을 때 소비자들에게 브랜드 효과를 극대화시켜 품질의 우수성 및 신뢰성을 고양시키는 효과를 통한 고품질 돈육으로서의 차별화된 브랜드 이미지 홍보 및 소비자 인식의 제고가 있을 것으로 예상됨.

나. 사육환경 변이(스트레스 지수)에 따른 돼지고기/닭고기의 맛 성분 및 대사물질 분석

(1) 공시재료 및 분석항목

(가) 공시재료

- 계류시간에 따른 돈육의 맛 성분 및 대사물질을 비교·분석하기 위하여 입고 당일 도축된 당일도축 거세돈 12두와 입고 하루 뒤 도축된 초과계류 거세돈 12두를 각각 확보하였음 (표 2-1-99). 각 처리군의 생체중 평균은 당일도축 처리군이 117.85 kg, 초과계류 처리군이 117.53 kg이었다. 돼지는 동물복지형 도축장인 도드람 LPC(안성)에서 동일한 날짜에 도축되었으며 이튿날 가공장에서 등심 부위를 채취하여 진공포장 후 신속히 실험실로 운반하였다. 등심 시료는 믹서(5KPM5/5K5SS, Kitchenaid, Seoul, Korea)를 이용하여 균질 후 영하 70°C에 보관하였음.

[표 2-1-99] 대상 시료 정보

처리구	입고일	도축일	농장명	도축장
당일도축	2020-07-07	2020-07-07	명산농장	도드람 LPC
초과계류	2020-07-06	2020-07-07		

(나) 근육 내 맛 성분 및 대사물질 분석

- 시료 5 g에 0.6 M perchloric acid를 20 mL 첨가한 후 균질기(T25 digital ULTRA-TURRAX, IKA Works, Staufen, Germany)를 이용하여 16,000 rpm에서 1분간 균질하였음. 균질물은 3,500×g에서 20분간 원심분리(Continent 512R, Hanil Co., Ltd., Daejeon, Korea) 후 상층액의 pH가 7.0이 되도록 sodium hydroxide 용액을 이용하여 적정하였음. 위와 동일한 조건으로 원심분리(Continent 512R, Hanil Co., Ltd.)하고 여과지(Whatman No. 1, Whatman PLC., Brentford, Middx, UK)을 이용하여 상층액을 여과하였다. 추출물은 동결건조(Freezer dryer 18, Labco Corp., Kansas City, MO, USA) 후 1 mM TSP[3-(trimethylsilyl)propionic-2,2,3,3-d₄ acid]가 포함된 deuterium oxide을 이용하여 제조한 10 mM phosphate 완충용액(pH 7.4)에 희석하였음.
- 시료는 3,000×g으로 20분간 원심분리(Continent 512R, Hanil Co., Ltd.) 후 상층액을 마이크로튜브에 옮겨 17,000×g에서 10분간 원심분리(HM-150IV, Hanil Co., Ltd.)하여 핵자기 공명분광법(NMR) 시료로 준비하였음.
- ¹H NMR 스펙트럼은 Bruker 850 MHz cryo-NMR spectrometer(Bruker Biospin GmbH, Rheinstetten, Germany)을 이용하여 측정하였으며 분석은 pulse program으로 zg30(relaxation delay 1초)을 사용하여 sweep width 17,006 Hz, 128 scan으로 진행되었음. ¹H NMR 스펙트럼의 화학적 이동(chemical shift)는 TSP를 기준으로 하여 δ(ppm)으로 표시하였음. 스펙트럼 분석은 Topspin 4.0.8(Bruker GmbH, Rheinstetten, Baden-Württemberg, Germany)을 이용하여 수행하였으며 각 피크는 Chenomx NMR suite 7.1(Chenomx, Inc., Edmonton, AB, Canada)와 Human Metabolome Database (www.hmdb.ca)을 이용하여 식별하였다. 추출물의 농도는 다음과 같이 계산하였음.

$$\begin{aligned} \text{추출물의 농도} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) &= \\ \frac{\text{추출물의 강도}}{\text{TSP의 피크 강도}} \div \frac{\text{추출물의 양성자수}}{\text{TSP의 양성자수}} \times \text{TSP의 농도} \left(\frac{\text{mmol}}{\text{L}} \right) \times \\ \text{추출물의 분자량} \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) \div \text{용매의 밀도} \left(\frac{1000\text{g}}{\text{L}} \right) \times 10 \end{aligned}$$

(다) 근육 내 글리코젠 분석

- 글리코젠 함량은 Dreiling 등(1987)의 iodine method를 일부 변형하여 실시하였음. 냉동 상태의 시료 2 g에 10% (v/v)의 perchloric acid를 10mL 첨가한 후 12,000 rpm에서 30초간 균질(T25 digital ULTRA-TURRAX, IKA Works, Staufen, Germany) 후 균질물을 12,578×g에서 20분간 원심분리(Combi R515, Hanil Co., Ltd., Daejeon, Korea)하였다. 상층액은 유리솜을 이용하여 여과하였으며. 침전물에 잔류되어 있는 글리코젠을 추출하기 위해 10%의 perchloric acid를 3.5 mL 첨가하고 위의 과정을 반복하고 추출물의 부피가 20 mL이 되도록 10% perchloric acid를 첨가하였다. 그 후 시료 0.6 mL에 3.9 mL의 발색시약[0.24% (w/v) iodine-2.36% (w/v) potassium iodide in saturated CaCl₂]을 첨가하

여 30분간 암실에서 발색 반응을 진행하였다. 흡광도는 분광광도계(X-ma 3100, Human Co. Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 460 nm에서 측정하였으며 함량은 bovine liver glycogen의 standard curve를 이용하여 산출하였음.

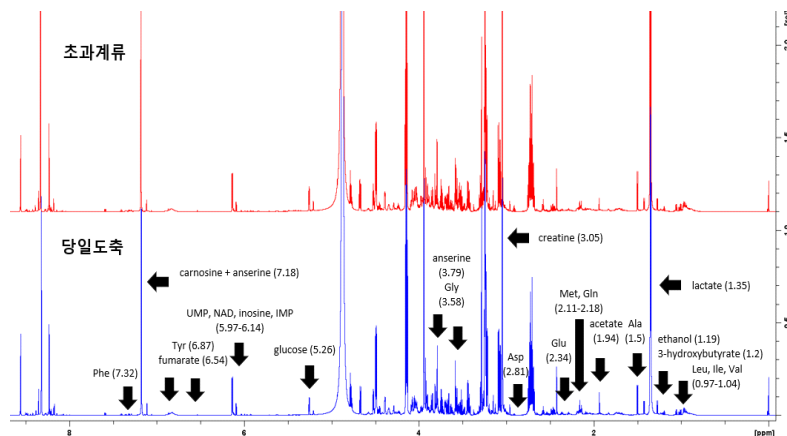
(라) 통계분석

- 실험 결과의 분석은 SAS 프로그램(ver. 9.4, SAS Institute Inc., NC, USA)의 general linear model procedure을 이용하여 분산분석을 실시하였음. 평균값 간의 유의성 검정을 위하여 Tukey의 다중검정법을 이용하여 통계분석(p<0.05)을 실시하였으며, 결과는 평균값과 표준오차로 표시하였음. 주성분분석(principal component analysis; PCA), 부분최소자승판별분석(partial least squares-discriminant analysis; PLS-DA), 직교부분최소자승판별분석(orthogonal partial least squares-discriminant analysis; OPLS-DA), 대사경로 분석(pathway analysis) 및 대사체 집합 농축 분석(metabolite set enrichment analysis; MSEA)은 MetaboAnalyst 4.0(www.metaboanalyst.ca)를 이용하여 수행하였으며 데이터 베이스는 KEGG pathway library(www.genome.jp/kegg)를 사용하였음.

(2) 실험 결과

(가) 근육 내 맛 성분 및 대사물질 분석

- NMR 스펙트럼에서 당일도축 및 초과계류 샘플에서 11종의 유리아미노산, 2종의 해당과정 산물(포도당 및 젖산)을 포함하여 총 24종의 대사체를 정량분석 하였음(그림 2-1-47). 식별된 맛 성분 및 대사물질 중 creatine, isoleucine, methionine, phenylalanine, valine의 함량에서 유의적 차이가 발견되었으며 모두 초과계류 샘플에서 높게 검출되었다(표 1-17). Dokmanovic 등(2014)은 계류시간이 1.36시간에서 17.01시간으로 연장될 때 돈육 내 젖산이 증가하였다고 보고하였고, Zhen 등(2013)은 24시간 동안 계류를 한 돈육 등심이 0시간, 3시간, 8시간 계류한 돈육 등심보다 유의적으로 낮은 젖산 수치를 보였다고 보고하였으나 본 실험에서는 해당과정 산물 내 유의적 차이는 발견되지 않았다. 글리코젠 함량은 현재 분석 중에 있음.



[그림 2-1-47] 처리군별 NMR 스펙트럼

[표 2-1-100] 계류시간에 따른 돈육 등심 내 맛 성분 및 대사물질 분석 결과(mg/100 g)

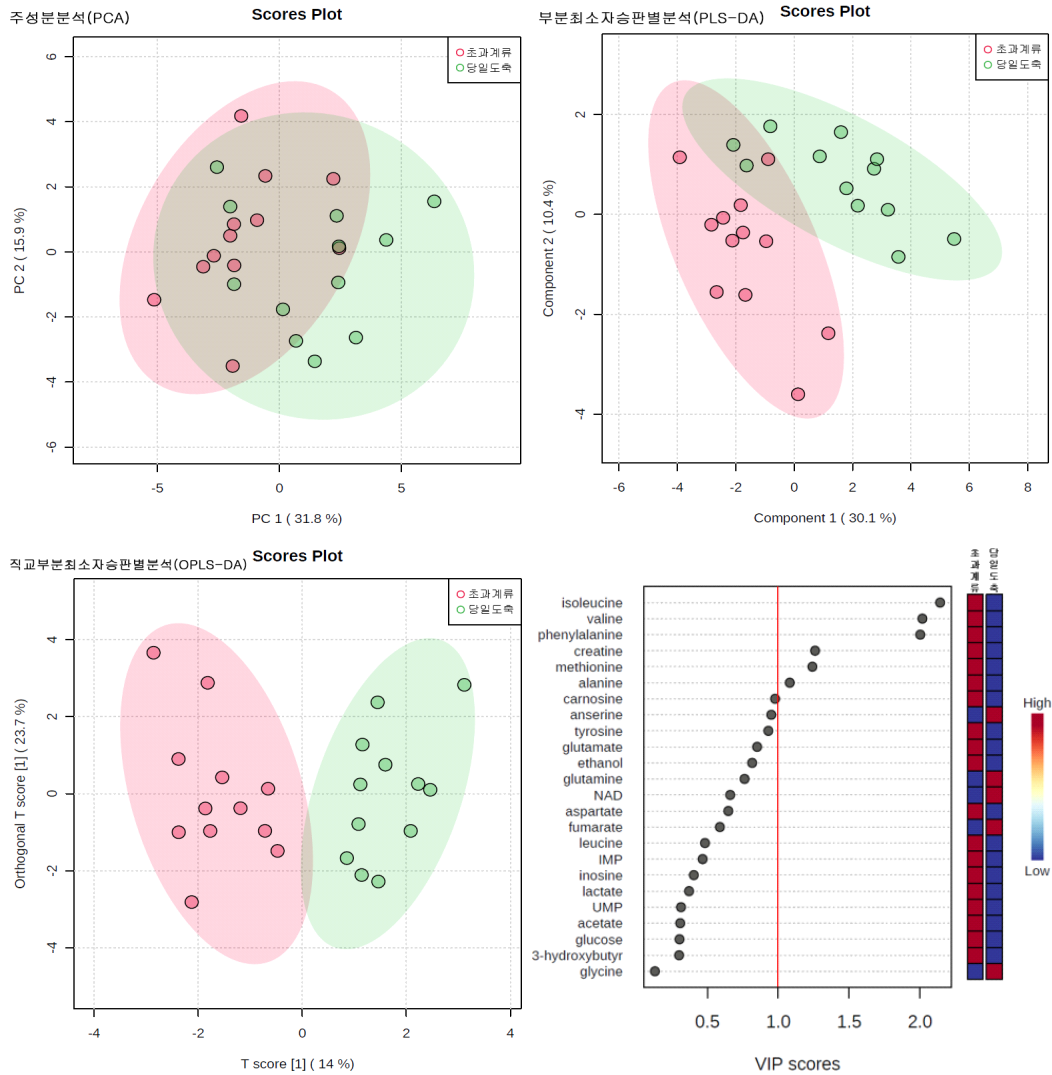
항목	당일 도축	초과 계류	SEM ¹
<i>Free amino acids</i>			
Alanine	12.06	13.24	0.469
Aspartate	0.71	0.86	0.106
Glutamate	5.22	5.67	0.213
Glutamine	48.00	46.51	0.820
Glycine	27.26	26.89	1.372
Isoleucine	1.90 ^b	2.59 ^a	0.091
Leucine	3.80	4.18	0.285
Methionine	2.25 ^b	2.59 ^a	0.111
Phenylalanine	2.83 ^b	3.48 ^a	0.106
Tyrosine	5.53	6.11	0.257
Valine	2.95 ^b	3.70 ^a	0.113
<i>Glycolytic potential-related products</i>			
Glucose	65.36	68.46	5.742
Lactate	775.55	785.53	12.391
<i>Others</i>			
3-Hydroxybutyrate	1.49	1.53	0.080
Acetate	2.68	2.77	0.110
Anserine	40.83	37.59	1.424
Carnosine	473.64	507.54	13.959
Creatine	411.07 ^b	438.53 ^a	8.455
Ethanol	1.06	1.21	0.086
Fumarate	0.20	0.18	0.026
IMP	158.30	161.00	2.680
Inosine	35.36	36.64	1.204
NAD	8.43	7.61	0.560
UMP	3.76	3.86	0.152

^{a,b}Different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

¹Standard error of mean ($n = 24$).

(나) 다변량분석

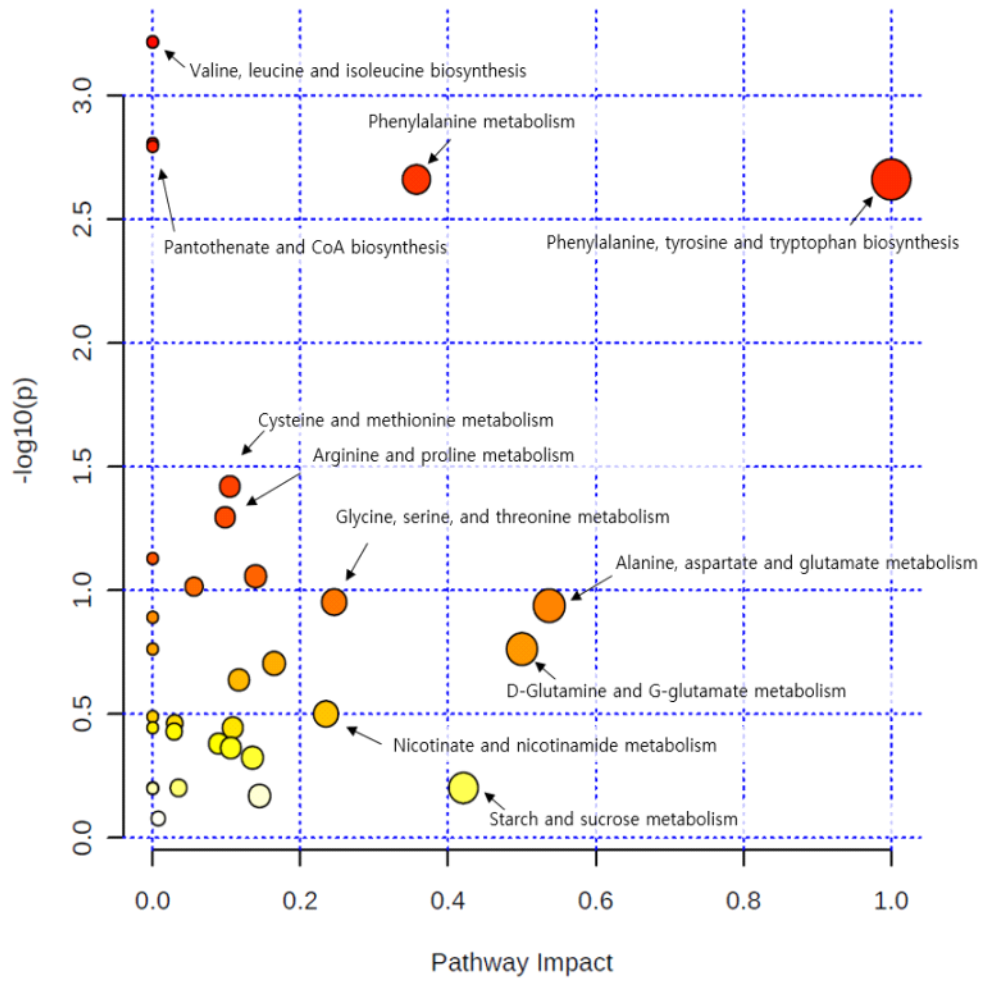
- 다변량분석 결과 주성분분석 및 부분최소자승판별분석으로는 당일도축 및 초과계류 샘플을 명확히 분리할 수 없었음(그림 2-1-48). 그러나 직교부분최소자승판별분석 결과 두 처리군이 분류되는 것을 확인하였다. 변수 중요도 척도(variable importance in projection; VIP) 값이 1 이상인 대사체로는 alanine, creatine, isoleucine, methionine, phenylalanine, valine이 존재하였으며 alanine을 제외한 물질들은 모두 초과계류 샘플에서 유의적으로 높게 존재하였다. 위 결과로부터 creatine, isoleucine, methionine, phenylalanine, valine이 계류 시간에 의한 스트레스 지수 변화의 영향을 받는 주요한 맛 성분 및 대사물질일 것으로 판단된다. Creatine은 척추동물의 근육 내에 고에너지 인산결합물로 존재하여 근육 활동에 필요한 에너지를 공급하며, isoleucine, methionine, phenylalanine, valine은 gluconic amino acid에 해당하여 gluconeogenesis 경로를 거쳐 포도당으로 전환될 수 있음.



[그림 2-1-48] 처리군별 대사물질 함량에 따른 다변량분석 및 변수 중요도 척도 결과

(다) 대사경로 분석

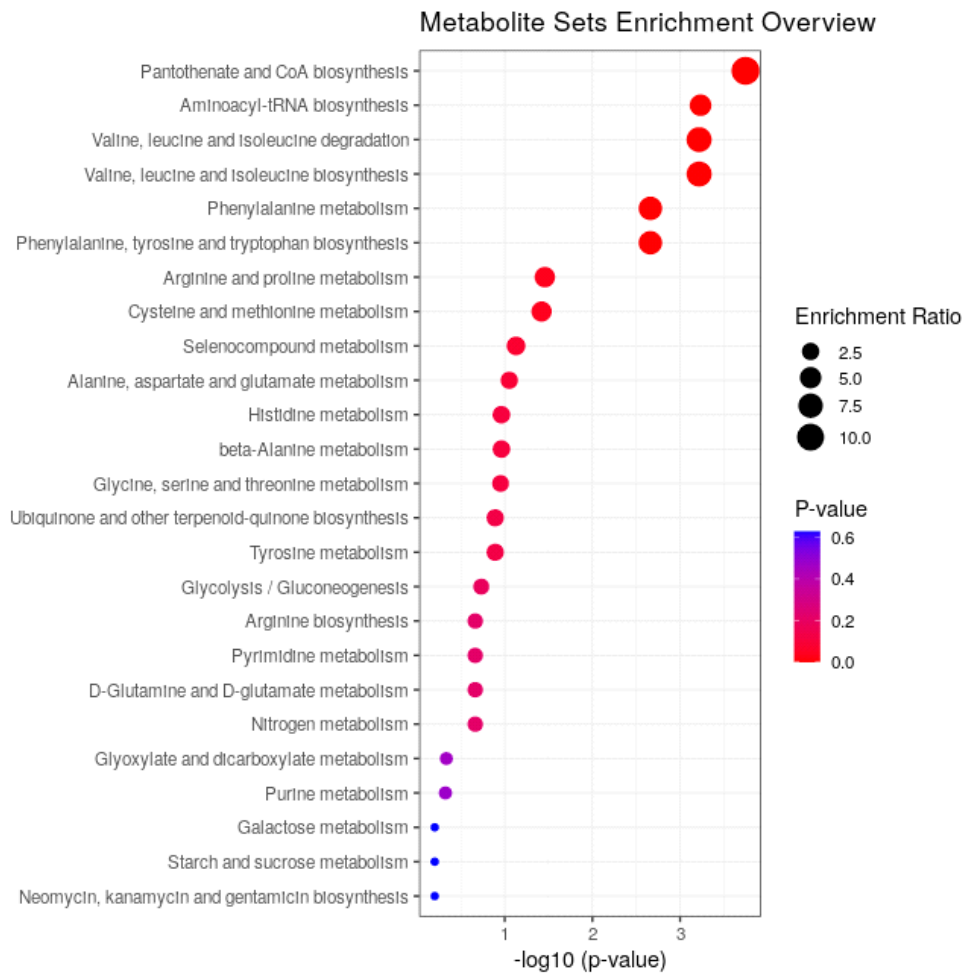
- 검출된 24종의 대사물질과 연관성을 갖는 33가지의 대사경로를 분석하였음(그림 2-1-54). 이 중 'Phenylalanine, tyrosine and tryptophan biosynthesis'가 가장 높은 pathway impact (1.0)을 가졌고, 그 뒤를 'Alanine, aspartate and glutamate metabolism', 'D-Glutamine and D-glutamate metabolism', 'Starch and sucrose metabolism' 등이 이었다. 유의적 차이를 나타낸 4종의 대사물질은 대사경로 중 'Valine, leucine and isoleucine biosynthesis', 'Pantothenate and CoA biosynthesis', 'Phenylalanine metabolism', 'Phenylalanine, tyrosine, and tryptophan biosynthesis', 'Cysteine and methionine metabolism', 'Arginine and proline metabolism', 'Glycine, serine, and threonine metabolism'과 연관되어 있어 계류시간의 차이로 인한 스트레스 지수의 변화가 해당 대사경로의 활성 정도에 영향을 미치는 것으로 사료됨.



[그림 2-1-49] 대사경로 분석 결과

(라) 대사체 집합 농축 분석

○ 대사물질 정량 데이터를 기반으로 대사체 집합 농축 분석 결과 28종의 대사경로 중 ‘Pantothenate and CoA biosynthesis’, ‘Aminoacyl-tRNA biosynthesis’, ‘Valine, leucine, and isoleucine biosynthesis and degradation’, ‘Phenylalanine metabolism’, ‘Phenylalanine, tyrosine and tryptophan biosynthesis’ 등이 유의적으로 중요한 biological pattern으로 파악되었음.



[그림 2-1-50] 대사체 집합 농축 분석 결과

4. 4차년도 연구결과

가. 동물복지 축산물의 품질 차별화를 위한 인증개선 및 향후 전망

(1) 세계 주요국의 동물복지 농장 기준 비교

- 모돈 스톨(임신기간 중)
 - 영국과 스웨덴: 1999년 이후 이미 사용 금지
 - EU국가들의 대부분: 교배 후 4주까지 가능
 - 미국: 9개 주에서 사용 금지(주에 따라서는 장래 금지). 그 이외의 주에서는 임신기간 전체 16주간 스톨사용 허용. 가장 큰 돈육 생산 업체 스미스 필드 푸즈와 호멜 푸드는 올해부터 임신 스톨을 단계적으로 폐지할 예정
 - 캐나다: 아직 스톨 허용. 2014년 7월 이후 신규 또는 리모델링할 경우 모든 시설에서는 교배된 후보 돼지와 모돈은 반드시 군사 사육시설로 개조해야하고 단, 스톨은 최대 임신초기 5주일 동안 사용 가능
 - 브라질: 법적으로 사용 허가. 최대의 돼지고기 생산자인 BRF 사는 2026년까지 스톨을 단계적으로 폐지하고 2번째 큰 생산자인 Seara사는 스톨사용 불가 방침이다.
- 분만틀
 - 스웨덴: 금지, 예외적 상황에서는 분만시에 잠시 이용은 가능
 - 영국과 EU국가들의 나머지 대부분: 모든 분만의 7일 전부터 이유까지 분만틀 사용 가능
 - 브라질, 미국, 캐나다: 합법적 사용 가능
- 돈방바닥에 밀짚/옥외사육시스템
 - 영국: 야외에서 사육되는 모돈의 40% 옥내 사육 모돈의 90%, 비육 돼지 60%는 밀짚을 깔 바닥에서 사육된다. 비육 돼지 2미국 3%는 방목으로 역시 비육 돼지 0.6%는 오가닉
 - 스웨덴: 모돈과 비육 돼지 90%이상이 밀짚 깔 바닥 돈방에서 사육된다. 스웨덴의 돼지의 1%는 야외에서 사육되고 있으며 모두 유기농 양돈장이다.
 - 다른 EU국가, 미국, 캐나다, 브라질: 대부분의 돼지가 옥내사육하고 있으며 밀짚까는 돈사가 거의 없다. 대부분이 전면 콘크리트 슬라트 바닥에서 사육되고 있다. 유기농 돼지는 극히 소수에 불과.
- 성장 촉진제로 항생제 사용
 - 영국과 EU국가들의 대부분: 2006년 이후 금지
 - 스웨덴, 덴마크: 1989년과 2000년 이후 각각 금지
 - 미국: 사용 가능. 그러나 2017년 1월부터 인체치료용으로 의학적으로 중요한 항생제를 생산성 향상 목적으로 사용하는 것은 금지
 - 캐나다: 사용 가능. 법률적인 감독 없이 생산자는 자가사용을 위해 항생제를 대량으로 캐나다로 수입가능. 인체 치료용으로 중요한 많은 항생제가 수의사의 감시없이 자유롭게 입수할 수 있음.
 - 브라질: 사용 가능 성장 촉진용 항생제(AGP)가 돼지 농장에서 통상 사용되고 있음.

- 락토파민(정육 증가용 사료 첨가제)
 - 영국과 기타 EU국가들: 1996년 이후 금지
 - EU: 락토파민 첨가로 사육된 돼지의 고기 수입을 금지
 - 미국, 캐나다, 브라질: 돼지용 사료 첨가제로 사용 허용. 그러나 미국, 캐나다는 수출용 돼지고기 생산을 위해 락토파민 free 증명 제도가 정비되고 있음.
- 거세
 - EU: 허용. 훈련을 받은 사람이 실시해야 하며 생후 7일째 이후는 마취제 또는 진통제를 사용하고 수의사에 의해서만 거세를 할 수 있다. 외과적 거세는 2018년부터 폐지하려는 자발적 합의가 2012년 이루어졌음.
 - 영국: [Red Tractor]인증 제도에서는 허가되지 않아 비육 수컷 돼지의 불과 2%만이 거세되고 있다. 이것은 다른 유럽국가의 거세율 스웨덴(94%), 덴마크(95%), 네덜란드(20%), 독일(80%), 스페인(20%)과 비교할 때 현저히 낮은 것임.
 - 미국, 캐나다, 브라질: 법적으로 허용. 미국과 브라질은 시행 시기와 마취제나 진통약을 사용해야하는 규정은 없다. 캐나다에서는 거세시기와 통증의 완화를 행정지침으로 하고 있음.
- 단미
 - EU: 자돈 꼬리를 물어뜯는 사태가 발생했을 때 꼬리의 일부 절단을 법적으로 허용하고 있다. 단미가 실행되기 전에 꼬리 물기 습성을 방지하는 조치를 강구해야 한다. 단미는 수의사 또는 훈련을 받은 사람이 실시해야 한다. 덴마크에서는 약간 다른 기준이 있고, 스웨덴에서는 단미가 금지되어 있음.
 - 영국: 동물 복지 보고서에 따르면 영국의 돼지 70%가 단미되고 있다. 이는 덴마크, 네덜란드, 독일의 거의 모든 돼지는 단미되고, 스페인은 92%가 단미되고 있다.
 - 미국, 캐나다, 브라질 : 단미는 법적으로 허용되고 있다. 미국과 캐나다에는 어떻게 실행해야 할지에 대한 권장 사항이 있음.

[표 2-1-94] 유럽연합(EU)의 동물복지 지침보다 강화된 지침을 가진 회원국

요구사항	개선된 추가지침	강화된 지침추가
최소바닥공간 (자돈, 육성비육돈)	오스트리아	독일, 네델란드, 스웨덴
최소바닥공간 (웅돈, 후보돈, 모돈)	오스트리아, 독일	덴마크, 네델란드, 스웨덴
평바닥 및 최대 배수구 크기		덴마크, 독일, 네델란드, 스웨덴
임신돈과 후보돈 그룹관리	덴마크	영국, 스웨덴, 네델란드
조도		오스트리아, 불가리아, 독일, 스웨덴
축사환경과 휴식공간	불가리아, 벨기에, 스웨덴	덴마크
신선한 물공급	오스트리아, 독일, 스웨덴	

(2) 일반 양돈장대비 동물복지 양돈장 전환시 문제

○ 자돈 단미

- 단미는 양돈장에서 자돈이 성장할 때 서로 꼬리를 무는 위험요소를 감소시키기 위해 행해짐. 돼지는 근본적으로 호기심이 많고 조심스러운 동물로서 사육환경의 변화와 부자유스러운 환경에서 스트레스를 받게 되면 여러 가지 문제가 발생하게 됨. 그중에서도 꼬리물기는 고통스럽고 심각한 부상으로 이어질수 있으며 발생 원인으로는 환경관리상의 문제, 영양적 요인, 질병적요인 등이 있으나 영국에서 조사 보고된 원인으로는 밀집사육4)에 의한 영향이 가장 크게 나타났음. 영국에서 자돈의 꼬리자르기는 대략 80%정도 수행되어지고 있으며 세계적으로 양돈장에서 관행적으로 이루어지고 있음. 그러나 밀짚 같은 환경적인 강화물질을 제공하거나 돼지들을 위한 더 많은 공간을 제공하거나 급이기를 증가시키면 감소시킬 수 있음

○ 자돈 절치

- 자돈의 절치는 자돈 포유시 암돼지의 젖꼭지를 손상시키거나 다른 새끼 돼지들에 피해를 줄 수 있기 때문에 실행되어짐. 하지만 절치후 자돈의 통증으로 인해 젖먹는 것을 거부하는 현상이 생기기도 하며 절치를 정교하게 자르지 못했을 경우 염증 등의 후유증과 스트레스에 시달릴 수도 있음. 절치 역시 관리의 편의성에 따라 관행적으로 행해지는 것인데, 일본에서는 절치를 하지 않는 양돈장이 다수가 있으며, 영국은 단미와 절치를 수행하여서는 안됨

○ 수퇘지 거세

- 거세는 대부분의 양돈장에서 수퇘지에 대해 생후 3일령이내에 수행됨. 거세는 돼지고기 조리시 발생하는 웅취(boar taint)로 인해 소비자가 기피하게 되는 현상으로 인해 수행됨. 마취없이 수행되어지는 거세는 자돈의 수컷 새끼돼지에게 고통과 스트레스 발생시켜 돼지의 주요 복지 문제로 거론되고 있으며 EU에서는 매년 80%의(대략 1억마리) 수컷 자돈들이 거세가 이루어지고 있음. EU에서는 생후 7일령에만 시행되어진다면 합법적이지만 영국에서는 법적으로 금지되어 있음

○ 모돈 스톨 (Sow stall)

- 독일과 프랑스, 스페인 등 유럽연합(EU)회원국 많은 양돈 농가들이 2013년 1월 1일자로 발효된 EU의 동물 복지 규정을 준수하지 못하는 것으로 밝혀지고 있음. EU지역에서 사육중인 1천 200만두의 모돈 중 4분의 1이 아직도 ‘스톨(stall)’에서 사육되고 있음. EU는 이 스톨을 금지하기로 2001년 처음 합의하였음. 스웨덴과 룩셈부르크 같은 국가들은 EU의 금지조치 발효에 앞서 이를 금지하였음. 영국 역시 1999년부터 스톨의 사용을 금지하였음. EU 회원국 중 오스트리아와 불가리아, 에스토니아, 라트비아, 룩셈부르크, 루마니아, 슬로바키아, 스웨덴, 영국 등 총 10개국이 이 금지조치의 이행 마감시한을 준수했음. 몰타와 헝가리 역시 이후 이 금지조치를 이행했다고 밝혔음. 그러나 EU집행위에 제출한 자료에 따르면 프랑스와 같은 대규모 양돈 국가에서 불이행 비율이 높았

음. EU집행위원회에서 이 조치로 인해 2014년이면 EU의 돼지고기 생산이 5% 감소할 것으로 예상된다고 밝혔음.

- 유럽위원회 통계청(Eurostat)은 2013년 9월 6일, 주요 양돈 생산국 14개국의 돼지 사육 두수(2013년 5,6월 현재)를 발표하였음. 유럽연합(EU)에서는 돼지에 대한 복지 (Animal Welfare ;AW) 규제가 강화되고 2001년 8월에 결의된 이사회 지침(2001/88/EC)에 따라 2013년 1월부터 임신모돈의 스톨 사육이 금지된 규제강화로 번식 모돈이 감소 경향이 통계로 나타난 것이다. 2013년 6월 기준 EU의 총 사육두수는 전년 대비 1.4% 감소했다. 특히 번식 모돈은 동 2.7% 감소하면서 돈가는 급등하였음

○ 분만틀

- 암돼지들은 대부분 분만 1주일전에 분만틀로 이동함. 분만틀은 암돼지가 신생자돈의 압수를 예방하기 위해 고안된 것으로 분만모돈의 몸을 돌릴 수 없게 하는 제한된 공간임.

(3) 동물복지 축산농장 인증제도 향후 전망

○ 동물복지 강화 요인

- 복지 제공에 대한 과학적 장점 발견(축산물품질)
- 소비자의 복지 존중 성향 괄목 성장
- 축산업에 대한 세계적인 패러다임 변화 및 이동

○ 동물복지 약화 요인

- 최선의 복지 수준에 대한 변동
- 소비자와 생산자의 절충안 반영
- 소비 경제 규모 위축에 따른 시장축소

■ 동물복지형 축산농장 및 축산물의 확대 필요성과 시장확산 조건

○ 동물복지형 축산농장 및 축산물 확대 필요성

- 생산자 측면 : 안정적 출하·유통 수요업체 확대를 통한 부가가치 제고
- 유통업체 측면 : 동물복지 인증농장 확대로 안정적 공급선 확보와 부가가치 제고
- 소비자 측면 : 안정성, 신뢰성 보장 가능 제도와 안정적인 공급 시스템

○ 동물복지형 축산물의 시장 확산 조건

- 첫째, 동물복지 축산농장의 인증제도 표준화 보완
- 둘째, 일반축산물대비 동물복지 축산물의 과학적 우수성 검증을 통한 품질 차별화
- 셋째, 일반축산물과 동물복지 축산물을 판별할 수 있는 과학적 근거 마련되어야 함

나. 사육환경 변이(스트레스 지수)에 따른 돼지고기/닭고기의 맛 성분 및 대사물질 분석

(1) 공시재료 및 분석항목

(가) 공시재료

- 계류시간에 따른 돈육의 맛 성분 및 대사물질을 비교·분석하기 위하여 LYD 거세돈을 두 그룹으로 나누었음[표 2-1-95]. 당일도축 그룹(n=20)은 계류를 진행하지 않고 입고 당일 도축하였으며, 추가계류 그룹(n=20)은 입고 후 24시간 계류를 진행한 뒤 도축하였음. 돼지는 동일한 날짜에 도축되었으며 이튿날 가공장에서 등심 부위를 채취하여 진공포장 후 신속히 실험실로 운반하였음. 등심 시료는 믹서(5KPM5/5K5SS, Kitchenaid)를 이용하여 균질 후 영하 70°C에 보관하여 추후 실험에 사용하였음.

[표 2-1-95] 계류시간에 따른 돈육의 맛 성분 및 대사물질 분석을 위한 공시재료 정보

처리구	생체중(kg)	입고일	도축일	농장명
당일도축	115.31±0.91	2021-06-21	2021-06-21	윤우농장
추가계류	118.11±5.01	2021-06-21	2021-06-22	

- 사육환경 및 품종(도계장)에 따른 계육의 맛 성분 및 대사물질을 비교·분석하기 위하여 일반농장과 동물복지농장에 동일한 수의 Cobb종 브로일러를 사육하였음[표 2-1-96]. 마찬가지로, 품종에 따른 대사물질의 차이를 살펴보기 위하여 Ross 308종 브로일러를 동일하게 일반농장과 동물복지농장에서 각각 사육하였음. Cobb종 브로일러는 하림, Ross종 브로일러는 참프레 도계장에서 도계하였음. 이후 냉장 온도(4 ± 2°C)에서 신속히 실험실로 운반하여 가슴육과 다리육을 발골 후 균질하여 영하 70°C에 보관하였음.

[표 2-1-96] 사육환경 및 품종(도계장)에 따른 계육 내 맛 성분 및 대사물질 분석을 위한 공시재료 설정

사육환경	품종(도계장)	부위
일반농장, 동물복지농장	Cobb(하림), Ross(참프레)	가슴육, 다리육

○ 근육 내 맛 성분 및 대사물질 분석

- 시료 5 g에 0.6 M perchloric acid를 20 mL 첨가한 후 균질기(T25 digital ULTRA-TURRAX, IKA Works, Staufen, Germany)를 이용하여 16,000 rpm에서 1분간 균질하였음. 균질물은 3,500×g에서 20분간 원심분리(Continent 512R, Hanil Co., Ltd., Daejeon, Korea) 후 상층액의 pH가 7.0이 되도록 sodium hydroxide 용액을 이용하여 적정하였음. 위와 동일한 조건으로 원심분리(Continent 512R, Hanil Co., Ltd.)하고 여과지(Whatman No. 1, Whatman PLC., Brentford, Middx, UK)을 이용하여 상층액을 여과하였다. 추출물은 동결건조(Freezer dryer 18, Labco Corp., Kansas City, MO, USA) 후 1 mM TSP[3-(trimethylsilyl)propionic-2,2,3,3-d4 acid]가 포함된 deuterium oxide을 이용하여 제조한 10 mM phosphate 완충용액(pH 7.4)에 희석하였음.
- 시료는 3,000×g으로 20분간 원심분리(Continent 512R, Hanil Co., Ltd) 후 상층액을 마이크로튜브에 옮겨 17,000×g에서 10분간 원심분리(HM-150IV, Hanil Co., Ltd)하여 핵자기공명분광법(NMR) 시료로 준비하였음.
- 1H NMR 스펙트럼은 Bruker 850 MHz cryo-NMR spectrometer(Bruker Biospin GmbH, Rheinstetten, Germany)을 이용하여 측정하였으며 분석은 pulse program으로 zg30(relaxation delay 1초)을 사용하여 sweep width 17,006 Hz, 128 scan으로 진행되었음. 1H NMR 스펙트럼의 화학적 이동(chemical shift)는 TSP를 기준으로 하여 δ(ppm)으로 표시하였음. 스펙트럼 분석은 Topspin 4.0.8(Bruker GmbH, Rheinstetten, Baden-Württemberg, Germany)을 이용하여 수행하였으며 각 피크는 Chenomx NMR suite 7.1(Chenomx, Inc., Edmonton, AB, Canada)와 Human Metabolome Database (www.hmdb.ca)을 이용하여 식별하였다. 추출물의 농도는 다음과 같이 계산하였음.

$$\begin{aligned} \text{추출물의 농도} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) &= \\ \frac{\text{추출물의 강도}}{\text{TSP의 피크강도}} \div \frac{\text{추출물의 양성자수}}{\text{TSP의 양성자수}} \times \text{TSP의 농도} \left(\frac{\text{mmol}}{\text{L}} \right) \times \\ \text{추출물의 분자량} \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) \div \text{용매의 밀도} \left(\frac{1000\text{g}}{\text{L}} \right) \times 10 \end{aligned}$$

○ 통계분석

- 실험 결과의 분석은 SAS 프로그램(ver. 9.4, SAS Institute Inc., NC, USA)의 general linear model procedure을 이용하여 분산분석을 실시하였음. 평균값 간의 유의성 검정을 위하여 Tukey의 다중검정법을 이용하여 통계분석(p<0.05)을 실시하였으며, 결과는 평균값과 표준오차로 표시하였음. 주성분분석(principal component analysis; PCA), 부분최소자승판별분석(partial least squares-discriminant analysis; PLS-DA), 직교부분최소자승판별분석(orthogonal partial least squares-discriminant analysis; OPLS-DA), 대사경로 분석(pathway analysis) 및 대사체 집합 농축 분석(metabolite set enrichment analysis; MSEA)은 MetaboAnalyst 4.0(www.metaboanalyst.ca)를 이용하여 수행하였으며 데이터베이스는 KEGG pathway library(www.genome.jp/kegg)를 사용하였음.

(2) 실험 결과

□ 계류시간에 따른 돈육의 맛 성분 및 대사물질 분석

○ 근육 내 맛 성분 및 대사물질 분석

- 당일도축 및 추가계류 시료에서 총 24종의 대사물질을 정량분석하였음[표 2-1-97].
- 식별된 대사물질 중 5종의 대사물질(creatine, isoleucine, methionine, phenylalanine, valine)의 함량에서 유의차($p < 0.05$)가 나타났으며 모두 추가계류 시료에서 높게 나타남.

[표 2-1-97] 계류시간에 따른 돈육 등심 내 대사물질 분석 결과(mg/100 g)

항목	당일도축	추가계류	SEM ¹
3-Hydroxybutyrate	1.49	1.53	0.080
Acetate	2.68	2.77	0.110
Alanine	12.06	13.24	0.469
Anserine	40.83	37.59	1.424
Aspartate	0.71	0.86	0.106
Carnosine	473.64	507.54	13.959
Creatine	411.07 ^b	438.53 ^a	8.455
Ethanol	1.06	1.21	0.086
Fumarate	0.20	0.18	0.026
Glucose	65.36	68.46	5.742
Glutamate	5.22	5.67	0.213
Glutamine	48.00	46.51	0.820
Glycine	27.26	26.89	1.372
IMP	158.30	161.00	2.680
Inosine	35.36	36.64	1.204
Isoleucine	1.90 ^b	2.59 ^a	0.091
Lactate	775.55	785.53	12.391
Leucine	3.80	4.18	0.285
Methionine	2.25 ^b	2.59 ^a	0.111
NAD	8.43	7.61	0.560
Phenylalanine	2.83 ^b	3.48 ^a	0.106
Tyrosine	5.53	6.11	0.257
UMP	3.76	3.86	0.152
Valine	2.95 ^b	3.70 ^a	0.113

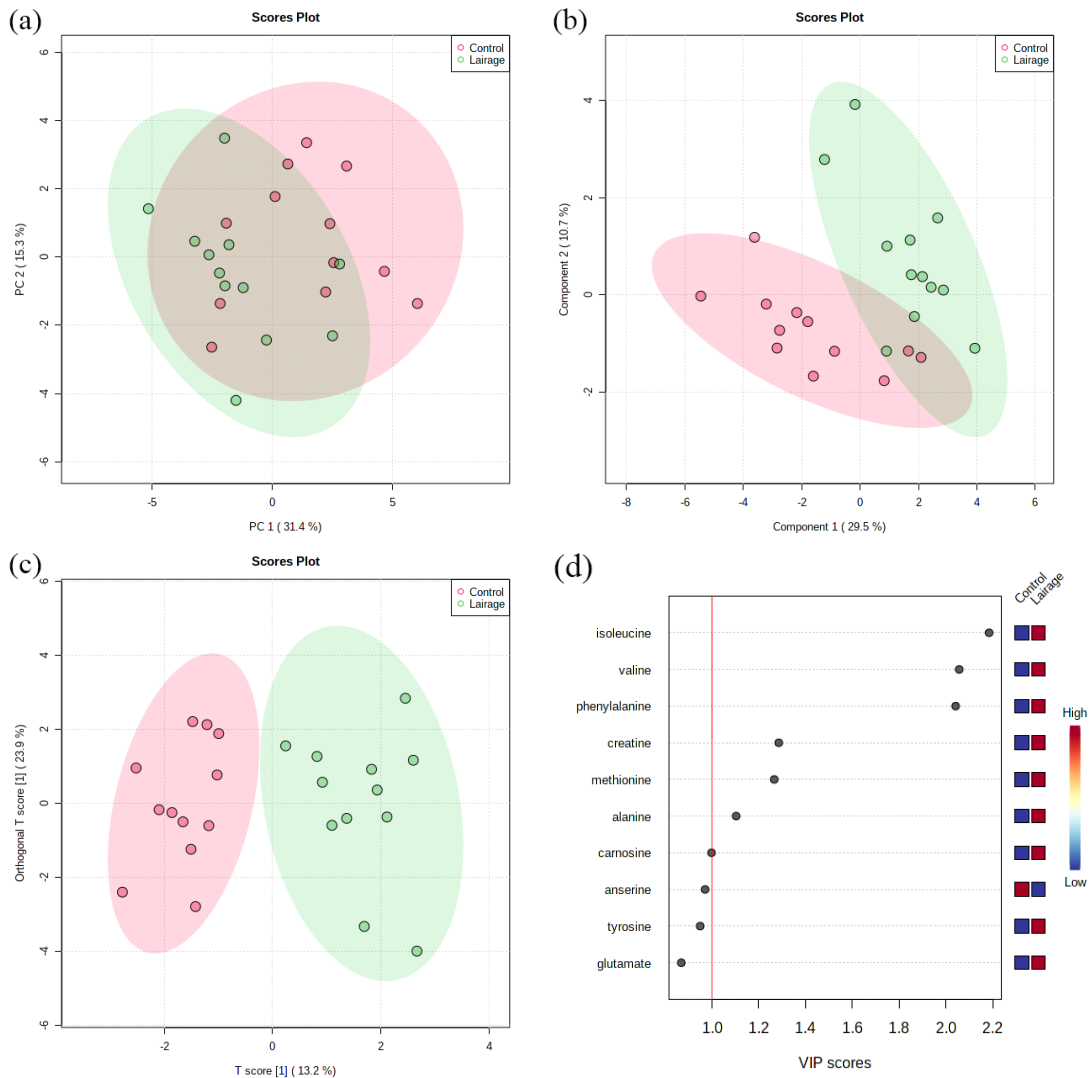
¹Standard error of mean (n = 24).

^{a,b}Different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

IMP, inosine monophosphate; NAD, nicotinamide adenine dinucleotide; UMP, uridine monophosphate.

○ 다변량분석

- PCA 및 PLS-DA으로는 당일도축 및 추가계류 샘플을 명확히 구분할 수 없었으나[그림 2-1-51a, b], OPLS-DA 결과 두 그룹이 뚜렷하게 구분되었음[그림 2-1-51c].
- OPLS-DA 결과 변수 중요도 척도(variable importance in projection; VIP) 값이 1 이상인 대사물질로는 유의차가 나타난 5종의 화합물(creatine, isoleucine, methionine, phenylalanine, valine), 그리고 alanine이 존재하였음[그림 2-1-51d].



[그림 2-1-51] 처리군별 대사체 함량에 따른 PCA(a), PLS-DA(b), OPLS-DA(c), VIP(d) 결과. Control, 당일 도축; Lairage, 초과 계류. 다변량분석 도표에서 적색 및 녹색 점은 돈육 시료를 가리키며 적색 및 녹색 타원 음영은 각 그룹의 95% 신뢰범위를 나타냄. Control, 당일도축; Lairage, 추가계류.

○ Glycolytic potential

- 계류시간이 돈육 등심 내 글리코겐 함량 및 glycolytic potential에 미치는 영향을 분석한 결과 당일도축 및 추가계류 시료 간 유의적인 차이는 발견되지 않았음[표 2-1-98].

[표 2-1-98] 계류시간에 따른 돈육 등심 내 글리코겐 함량, glycolytic potential 및 umami intensity

항목	당일도축	추가계류	SEM ¹
Glycogen (mg/100 g)	186.15	196.91	15.673
Glycolytic potential (μmol/g) ²	98.94	100.71	1.944

¹Standard error of mean (n = 24).

²22 × [Glycogen (μmol/g)] + [Lactate (μmol/g)] (Monin & Sellier, 1985).

○ 대사경로 분석

- 검출된 24종의 대사물질 및 글리코겐과 연관성을 갖는 30가지의 대사경로를 분석하였음. 분석된 대사경로 중 7가지의 대사경로에서 통계적 유의성(p<0.05)이 확인되었으며, 이 중 3가지 대사경로가 (phenylalanine, tyrosine and tryptophan biosynthesis; phenylalanine metabolism; cysteine and methionine metabolism)가 처리군 간 차이를 보여주는 데 있어 높은 영향력(pathway impact)을 가지는 것을 확인함[표 2-1-99].
- 본 실험에서 검출된 대사물질 중 phenylalanine과 tyrosine은 phenylalanine, tyrosine and tryptophan biosynthesis 및 phenylalanine metabolism에, methionine은 cysteine and methionine metabolism에 참여 또는 생성되는 물질로 확인됨.

[표 2-1-99] 당일도축 및 추가계류 시료 간 대사경로 분석을 통해 통계적 유의성이 확인된 대사경로 목록

Pathway	Match status	Pathway impact
Phenylalanine, tyrosine and tryptophan biosynthesis	2/4	1.000
Phenylalanine metabolism	2/10	0.357
Cysteine and methionine metabolism	1/33	0.104
Aminoacyl-tRNA biosynthesis	11/48	0.000
Pantothenate and CoA biosynthesis	2/19	0.000
Valine, leucine and isoleucine biosynthesis	3/8	0.000
Valine, leucine and isoleucine degradation	3/40	0.000

Match status indicates the actually matched number from the data per total number of compounds in the pathway. Pathway impact value indicates the cumulative percentage of the importance of matched metabolites in each metabolic pathway.

- 요약하면, 5종의 대사물질(isoleucine, methionine, phenylalanine, valine, creatine) 함량이 당일도축 시료보다 추가계류 시료에서 유의적으로 높게 검출되었음.
- 계류 여부에 따라 glucose, glycogen, lactate 및 glycolytic potential에 차이가 나타날 것으로 예상하였으나 분석 결과 유의적인 차이는 나타나지 않음.
- 3종의 대사경로(phenylalanine, tyrosine and tryptophan biosynthesis, phenylalanine metabolism, cysteine and methionine metabolism)가 당일도축 및 추가계류 시료 간 유의적인 차이를 나타내는 중요한 대사경로로 나타남.
- 위의 결과로부터 isoleucine, methionine, phenylalanine, valine, 그리고 creatine을 일반 및 동물복지 돼지고기 판별의 지표 후보 물질로 삼을 수 있을 것이며 특히 phenylalanine이 주요한 역할을 할 수 있을 것으로 사료됨.

□ 사육환경 및 저장기간에 따른 계육의 맛 성분 및 대사물질 분석

○ 가슴육 내 맛 성분 및 대사물질 분석

- 일반 및 동물복지농장에서 사육된 닭 가슴육에서 총 25종의 대사물질을 정량분석하였음 [표 2-1-100]. 일반농장에서 사육된 닭 가슴육 시료 내 glycine 및 phenylalanine의 함량이 모든 저장일차에 걸쳐 동물복지농장 시료보다 유의적으로 높았음. Alanine, isoleucine, leucine, valine의 함량은 저장 1, 5, 7일차에서 동물복지농장 시료보다 일반농장 시료에서 더 많이 존재하였으며, acetate, NAD, tyrosine, UMP, uracil은 특정 저장일차에 한해 일반농장 시료에서 더 높은 수치를 기록하였음($p < 0.05$).
- 동물복지농장에서 사육된 닭 가슴육은 methylmalonate가 저장 1일차, anserine과 lactate가 저장 1, 3일차, glucose가 저장 3일차에서 일반농장 닭 가슴육에 비해 유의적으로 높은 수치를 보였음.
- 저장기간이 증가함에 따라 일반 및 동물복지농장 시료 내 acetate, alanine, aspartate, hypoxanthine, inosine, isoleucine, leucine, phenylalanine, tyrosine, valine의 함량이 증가하였고, IMP 및 NAD는 감소하였음($p < 0.05$).

[표 2-1-100] 사육환경 및 저장일차에 따른 닭 가슴육 내 대사물질 분석 결과(mg/100 g)

항목	사육농장	저장일차				SEM ¹
		1	3	5	7	
Acetate	일반	3.73 ^{bx}	4.05 ^{ab}	4.63 ^{ab}	5.13 ^{ax}	0.297
	동물복지	2.89 ^{by}	3.72 ^a	4.04 ^a	3.94 ^{ay}	0.168
	SEM ²	0.241	0.233	0.260	0.231	
Alanine	일반	31.80 ^{cx}	37.42 ^{bcx}	43.01 ^{ab}	47.44 ^{ax}	1.823
	동물복지	21.83 ^{by}	30.99 ^{ay}	37.17 ^a	39.53 ^{ay}	2.217
	SEM ²	1.345	1.817	2.533	2.225	
Anserine	일반	372.18 ^y	382.58 ^y	374.35	386.75	17.016
	동물복지	441.57 ^x	465.89 ^x	410.36	440.59	19.908
	SEM ²	15.427	20.780	19.751	17.661	
Aspartate	일반	14.78 ^b	26.44 ^a	28.17 ^a	31.06 ^a	1.298
	동물복지	15.81 ^c	23.77 ^b	26.06 ^b	31.14 ^a	1.179
	SEM ²	1.149	1.464	1.170	1.149	
Creatine	일반	385.61	389.54	374.35	358.39	8.896
	동물복지	369.17	370.78	365.83	366.80	11.064
	SEM ²	9.603	12.186	10.109	7.758	
Ethanol	일반	1.29	2.00	1.30	1.57	0.185
	동물복지	1.39	1.34	1.42	1.28	0.104
	SEM ²	0.065	0.250	0.117	0.099	
Fumarate	일반	0.04	0.08	0.16	0.11	0.038
	동물복지	0.08	0.15	0.10	0.12	0.026
	SEM ²	0.020	0.024	0.054	0.017	
Glucose	일반	22.73	14.32 ^y	14.86	14.18	3.248
	동물복지	25.91 ^a	23.91 ^{abx}	18.61 ^{ab}	16.11 ^b	2.296
	SEM ²	4.541	2.202	1.851	1.658	
Glutamate	일반	28.17	34.38	41.08	47.40	2.611
	동물복지	20.85	26.68	33.80	36.60	1.817
	SEM ²	2.827	1.679	1.851	2.449	
Glycine	일반	38.66 ^{bx}	44.91 ^{abx}	51.59 ^{ax}	52.73 ^{ax}	2.162
	동물복지	27.11 ^{by}	34.03 ^{aby}	39.97 ^{ay}	37.80 ^{aby}	2.844
	SEM ²	2.459	2.373	3.204	1.893	
Hypoxanthine	일반	12.79	13.79	17.48	18.12	1.324
	동물복지	8.96 ^b	13.53 ^{ab}	13.90 ^{ab}	18.57 ^a	1.718
	SEM ²	1.507	1.343	1.726	1.534	
IMP	일반	157.75 ^a	142.30 ^a	108.96 ^b	108.31 ^b	7.302
	동물복지	163.02 ^a	126.24 ^b	127.54 ^b	108.62 ^b	6.113
	SEM ²	4.847	6.165	6.914	8.490	
Inosine	일반	59.87 ^b	71.60 ^{ab}	83.41 ^a	81.66 ^a	4.061
	동물복지	57.67 ^b	75.92 ^a	73.50 ^{ab}	77.37 ^a	4.045
	SEM ²	3.913	3.927	4.135	4.228	
Isoleucine	일반	7.85 ^{cx}	11.58 ^b	12.51 ^{abx}	14.70 ^{ax}	0.693
	동물복지	5.42 ^{cy}	8.78 ^b	10.55 ^{aby}	11.67 ^{ay}	0.561
	SEM ²	0.621	0.951	0.382	0.393	

[표 2-1-100] 사육환경 및 저장일차에 따른 닭 가슴육 내 대사물질 분석 결과(mg/100 g)

항목	사육농장	저장일차				SEM ¹
		1	3	5	7	
Lactate	일반	627.98 ^y	642.13 ^y	649.46	637.97	22.933
	동물복지	715.72 ^x	723.72 ^x	683.99	688.91	19.649
	SEM ²	22.261	16.704	23.961	21.801	
Leucine	일반	7.85 ^{cx}	11.58 ^b	12.51 ^{abx}	14.70 ^{ax}	0.693
	동물복지	5.42 ^{cy}	8.78 ^b	10.55 ^{aby}	11.67 ^{ay}	0.561
	SEM ²	0.621	0.951	0.382	0.393	
Methylmalonate	일반	6.42 ^{by}	7.15 ^a	7.08 ^{ab}	7.40 ^a	0.176
	동물복지	7.15 ^x	7.27	7.52	7.17	0.242
	SEM ²	0.214	0.191	0.248	0.188	
NAD	일반	14.00 ^a	11.65 ^{ab}	11.11 ^{bx}	9.44 ^b	0.679
	동물복지	13.22 ^a	11.02 ^b	8.66 ^{cy}	8.23 ^c	0.395
	SEM ²	0.421	0.755	0.446	0.536	
Niacinamide	일반	6.93	7.67	7.70	7.62	0.206
	동물복지	7.28	7.51	7.29	7.67	0.197
	SEM ²	0.235	0.180	0.226	0.153	
Phenylalanine	일반	7.82 ^{cx}	11.35 ^{bx}	11.75 ^{bx}	14.46 ^{ax}	0.589
	동물복지	5.83 ^{cy}	8.31 ^{by}	10.30 ^{aby}	11.30 ^{ay}	0.596
	SEM ²	0.560	0.800	0.404	0.536	
Tyrosine	일반	17.78 ^{bx}	20.65 ^{ab}	20.47 ^{ab}	23.53 ^{ax}	1.033
	동물복지	12.57 ^{by}	17.47 ^a	19.05 ^a	20.59 ^{ay}	0.782
	SEM ²	1.263	1.018	0.521	0.674	
UMP	일반	3.56	2.47	2.43	2.44 ^x	0.388
	동물복지	3.06 ^a	2.31 ^b	1.46 ^c	1.41 ^{cy}	0.140
	SEM ²	0.453	0.098	0.303	0.186	
Uracil	일반	1.25	0.89 ^x	1.17	1.69 ^x	0.294
	동물복지	0.38	0.46 ^y	0.59	0.58 ^y	0.169
	SEM ²	0.344	0.086	0.277	0.167	
Valine	일반	10.03 ^{cx}	15.19 ^b	16.68 ^{abx}	20.09 ^{ax}	0.902
	동물복지	6.40 ^{cy}	11.08 ^b	13.29 ^{aby}	15.37 ^{ay}	0.876
	SEM ²	0.695	1.363	0.511	0.748	
β-alanine	일반	33.42	36.73	39.63	32.79	4.209
	동물복지	20.78	22.90	25.32	19.99	3.888
	SEM ²	3.461	4.251	4.245	4.195	

¹Standard error of mean (n = 20), 2(n = 10).

^{a-d}Different letters within the same row differ significantly (p < 0.05).

^{x,y}Different letters within the same column differ significantly (p < 0.05).

IMP, inosine monophosphate; NAD, nicotinamide adenine dinucleotide; UMP, uridine monophosphate.

○ 다리육 내 맛 성분 및 대사물질 분석

- 일반 및 동물복지농장에서 사육된 닭 다리육에서 총 26종의 대사물질을 정량분석하였음 [표 2-1-101]. 일반농장 시료에서 fumarate, glycine 및 hypoxanthine은 모든 저장일차에 걸쳐 동물복지농장 시료보다 유의적으로 높게 나타남. 저장 1, 5, 7일차에서는 acetate, aspartate, glutamate, isoleucine, leucine, phenylalanine, valine, β -alanine의 함량이 일반농장 시료에서 더 높았으며, alanine, creatine, inosine, niacinamide, tyrosine은 특정 저장일차에서 일반농장 시료가 더 높은 함량을 보였음($p < 0.05$).
- 동물복지농장에서 사육된 닭 다리육은 glucose와 UMP 함량이 저장 3일 및 7일차에, IMP와 lactate 함량이 저장 7일차에 일반농장 시료보다 높게 나타남($p < 0.05$).
- 저장기간이 증가하면서 일반 및 동물복지농장 닭 다리육 내 aspartate, hypoxanthine, isoleucine, leucine, phenylalanine, tyrosine, valine의 함량이 유의적으로 증가하였고, fumaric acid, IMP, NAD 및 UMP는 감소하였음.

[표 2-1-101] 사육환경 및 저장일차에 따른 닭 다리육 내 대사물질 분석 결과(mg/100 g)

항목	사육농장	저장일차				SEM ¹
		1	3	5	7	
Acetate	일반	4.39 ^{bx}	5.37 ^{ab}	6.47 ^{ax}	6.07 ^{abx}	0.422
	동물복지	3.13 ^y	4.41	4.30 ^y	4.45 ^y	0.373
	SEM ²	0.383	0.490	0.203	0.455	
Alanine	일반	43.21 ^x	43.72	47.61 ^x	51.23	2.501
	동물복지	28.25 ^{by}	35.98 ^{ab}	37.62 ^{aby}	41.44 ^a	2.710
	SEM ²	2.573	2.814	1.212	3.346	
Anserine	일반	133.41	141.34	142.05	133.08	6.328
	동물복지	159.55	136.51	150.16	151.25	8.448
	SEM ²	8.885	4.257	6.702	8.991	
Aspartate	일반	19.11 ^{cx}	23.67 ^{bc}	27.68 ^{bx}	37.57 ^{ax}	1.727
	동물복지	13.20 ^{cy}	20.10 ^b	22.48 ^{aby}	25.57 ^{ay}	1.143
	SEM ²	0.860	1.819	1.172	1.777	
Creatine	일반	281.94	276.57	291.54 ^x	268.21	11.789
	동물복지	303.87 ^a	251.89 ^b	254.19 ^{aby}	288.32 ^{ab}	12.556
	SEM ²	14.574	13.152	7.218	12.481	
Ethanol	일반	2.24	2.31	1.78	2.15	0.367
	동물복지	1.85	1.66	1.47	1.68	0.188
	SEM ²	0.306	0.277	0.183	0.370	
Fumarate	일반	0.58 ^{ax}	0.55 ^{ax}	0.47 ^{abx}	0.33 ^{bx}	0.053
	동물복지	0.39 ^{ay}	0.33 ^{ay}	0.31 ^{ay}	0.12 ^{by}	0.029
	SEM ²	0.029	0.050	0.026	0.057	
Glucose	일반	6.68 ^a	5.74 ^{aby}	6.90 ^a	4.06 ^{by}	0.613
	동물복지	9.18	9.51 ^x	11.87	8.19 ^x	1.697
	SEM ²	1.387	0.947	1.585	1.085	
Glutamate	일반	48.07 ^{bx}	49.21 ^b	54.58 ^{bx}	65.91 ^{ax}	2.139
	동물복지	33.43 ^y	45.16	44.73 ^y	44.98 ^y	3.288
	SEM ²	1.469	2.066	1.165	4.795	
Glycine	일반	57.21 ^{bx}	57.71 ^{bx}	62.30 ^{abx}	72.40 ^{ax}	3.583
	동물복지	38.72 ^y	45.14 ^y	45.80 ^y	50.93 ^y	3.173
	SEM ²	2.923	3.508	3.738	3.314	
Hypoxanthine	일반	20.71 ^{cx}	27.96 ^{bx}	28.64 ^{bx}	35.99 ^{ax}	1.768
	동물복지	13.07 ^{by}	21.66 ^{ay}	21.37 ^{ay}	24.38 ^{ay}	1.529
	SEM ²	1.251	1.834	1.494	1.941	
IMP	일반	74.50 ^a	52.56 ^{ab}	51.04 ^{ab}	32.90 ^{by}	6.005
	동물복지	89.68 ^a	57.02 ^b	58.43 ^b	51.18 ^{bx}	6.187
	SEM ²	7.373	7.959	3.646	4.203	
Inosine	일반	38.37 ^x	39.06 ^x	37.39	32.15	2.916
	동물복지	30.15 ^y	28.64 ^y	31.65	31.86	1.610
	SEM ²	2.065	1.774	2.431	2.978	

[표 2-1-101] 사육환경 및 저장일차에 따른 닭 다리육 내 대사물질 분석 결과(mg/100 g)

항목	사육농장	저장일차				SEM ¹
		1	3	5	7	
Isoleucine	일반	10.62 ^{cx}	11.19 ^{bc}	14.24 ^{bx}	17.91 ^{ax}	0.830
	동물복지	7.23 ^{by}	11.20 ^{ab}	11.44 ^{aby}	12.20 ^{ay}	1.089
	SEM ²	0.645	0.963	0.798	1.330	
Lactate	일반	270.62	284.64	307.12	271.43 ^y	13.200
	동물복지	299.09	298.14	350.86	343.79 ^x	19.909
	SEM ²	23.686	14.217	15.713	11.453	
Leucine	일반	8.38 ^{bx}	8.44 ^{ab}	10.94 ^{abx}	13.39 ^{ax}	0.657
	동물복지	5.74 ^{by}	8.52 ^{ab}	8.69 ^{aby}	9.53 ^{ay}	0.844
	SEM ²	0.568	0.769	0.533	1.045	
Methylmalonate	일반	4.00 ^b	3.99 ^b	4.86 ^a	4.74 ^{ab}	0.209
	동물복지	4.17	4.29	4.43	5.15	0.292
	SEM ²	0.396	0.204	0.188	0.154	
NAD	일반	4.43 ^a	2.99 ^b	2.78 ^{bc}	1.89 ^c	0.231
	동물복지	5.31 ^a	3.59 ^{ab}	2.61 ^b	2.55 ^b	0.548
	SEM ²	0.462	0.349	0.296	0.534	
Niacinamide	일반	3.76	3.82 ^x	3.69	3.54	0.111
	동물복지	3.62 ^{ab}	3.29 ^{by}	3.41 ^{ab}	3.69 ^a	0.092
	SEM ²	0.131	0.082	0.115	0.067	
Phenylalanine	일반	7.45 ^{bx}	7.63 ^b	10.11 ^{ax}	11.92 ^{ax}	0.596
	동물복지	5.33 ^{by}	7.71 ^{ab}	7.91 ^{aby}	8.85 ^{ay}	0.684
	SEM ²	0.534	0.694	0.374	0.860	
Taurine	일반	90.84	88.40	85.79	86.09	7.346
	동물복지	95.39	83.85	88.20	100.20	7.031
	SEM ²	6.865	6.252	7.465	8.053	
Tyrosine	일반	9.88 ^{cx}	11.07 ^{bc}	14.28 ^{abx}	16.96 ^a	0.931
	동물복지	7.06 ^{by}	10.65 ^{ab}	11.22 ^{ay}	12.49 ^a	1.013
	SEM ²	0.773	0.964	0.580	1.386	
UMP	일반	2.22 ^a	1.02 ^{by}	1.05 ^b	0.51 ^{by}	0.194
	동물복지	2.80 ^a	1.86 ^{abx}	1.37 ^b	1.30 ^{bx}	0.302
	SEM ²	0.360	0.204	0.208	0.209	
Uracil	일반	1.94	2.14	2.22	2.33	0.156
	동물복지	1.65	2.12	2.00	2.07	0.174
	SEM ²	0.183	0.156	0.106	0.200	
Valine	일반	10.02 ^{cx}	11.62 ^{bc}	15.08 ^{abx}	18.81 ^{ax}	0.960
	동물복지	6.82 ^{by}	11.35 ^{ab}	11.75 ^{ay}	12.91 ^{ay}	1.172
	SEM ²	0.597	1.036	0.907	1.528	
β-alanine	일반	20.25 ^x	16.36	22.13 ^x	21.03 ^x	2.089
	동물복지	14.52 ^y	12.14	12.62 ^y	12.46 ^y	1.175
	SEM ²	1.381	1.556	2.266	1.424	

¹Standard error of mean (n = 20), 2(n = 10).

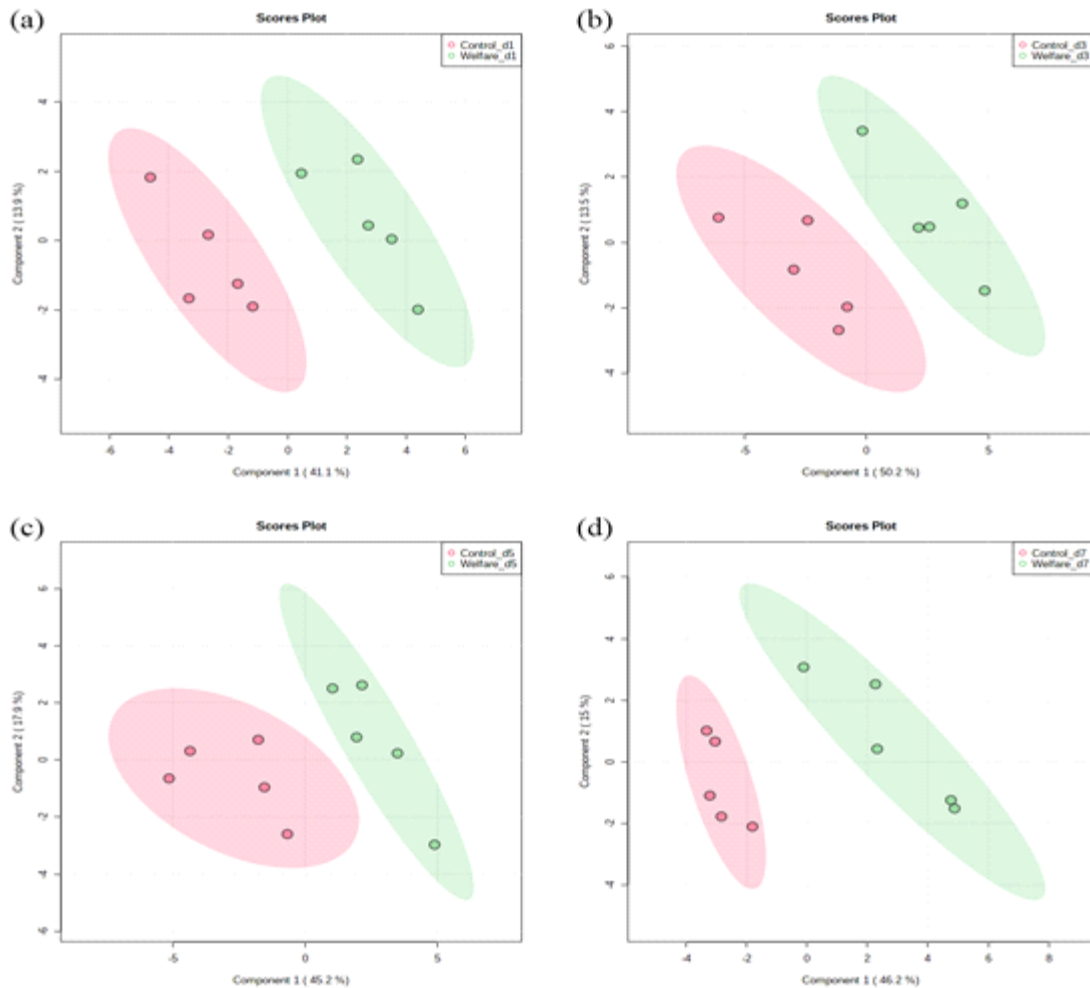
^{a-d}Different letters within the same row differ significantly (p < 0.05).

^{x,y}Different letters within the same column differ significantly (p < 0.05).

IMP, inosine monophosphate; NAD, nicotinamide adenine dinucleotide; UMP, uridine monophosphate.

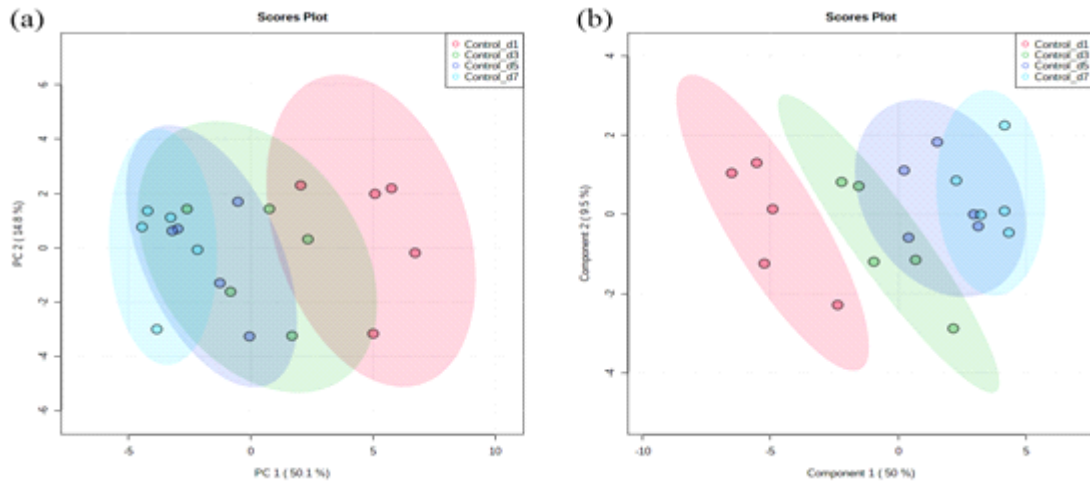
○ 가슴육 대상 다변량분석

- 각 저장일차별로 두 농장 시료 간 PLS-DA 분석을 실시한 결과 일반 및 동물복지농장 닭 가슴육 간 구분이 뚜렷하게 나타났음[그림 2-1-52]. Glycine, isoleucine, leucine, phenylalanine, tyrosine, valine, β -alanine이 모든 저장일차에서 1 이상의 VIP score을 보였음.

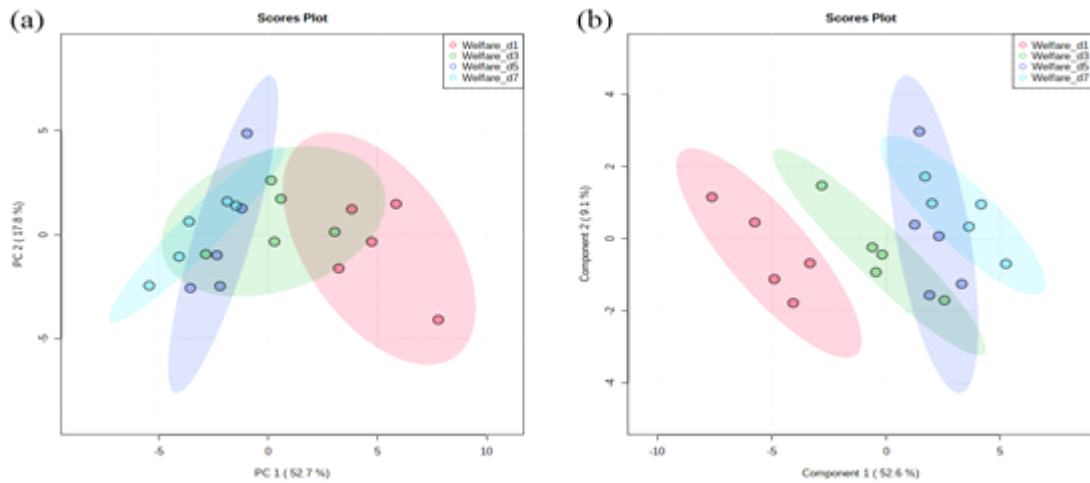


[그림 2-1-52] 저장 1일차(a), 3일차(b), 5일차(c), 7일차(d)에서 일반농장 및 동물복지농장 닭 가슴육 간 PLS-DA 결과. 다변량분석 도표에서 적색 및 녹색 점은 계육 시료를 가리키며 적색 및 녹색 타원 음영은 각 그룹의 95% 신뢰범위를 나타냄. Control, 일반농장; Welfare, 동물복지농장.

- 일반농장에서 사육된 닭 가슴육에 대해 저장 1-7일차 시료 간 PCA 결과 저장 1일차 시료가 저장 5, 7일차 시료와 구분 가능하였고, PLS-DA 분석 시 저장 1일, 3일, 7일차 시료가 서로 구분되었음[그림 2-1-53]. 이러한 구분 양상은 동물복지농장에서 사육된 닭 가슴육에서도 유사하게 나타났음[그림 2-1-54].



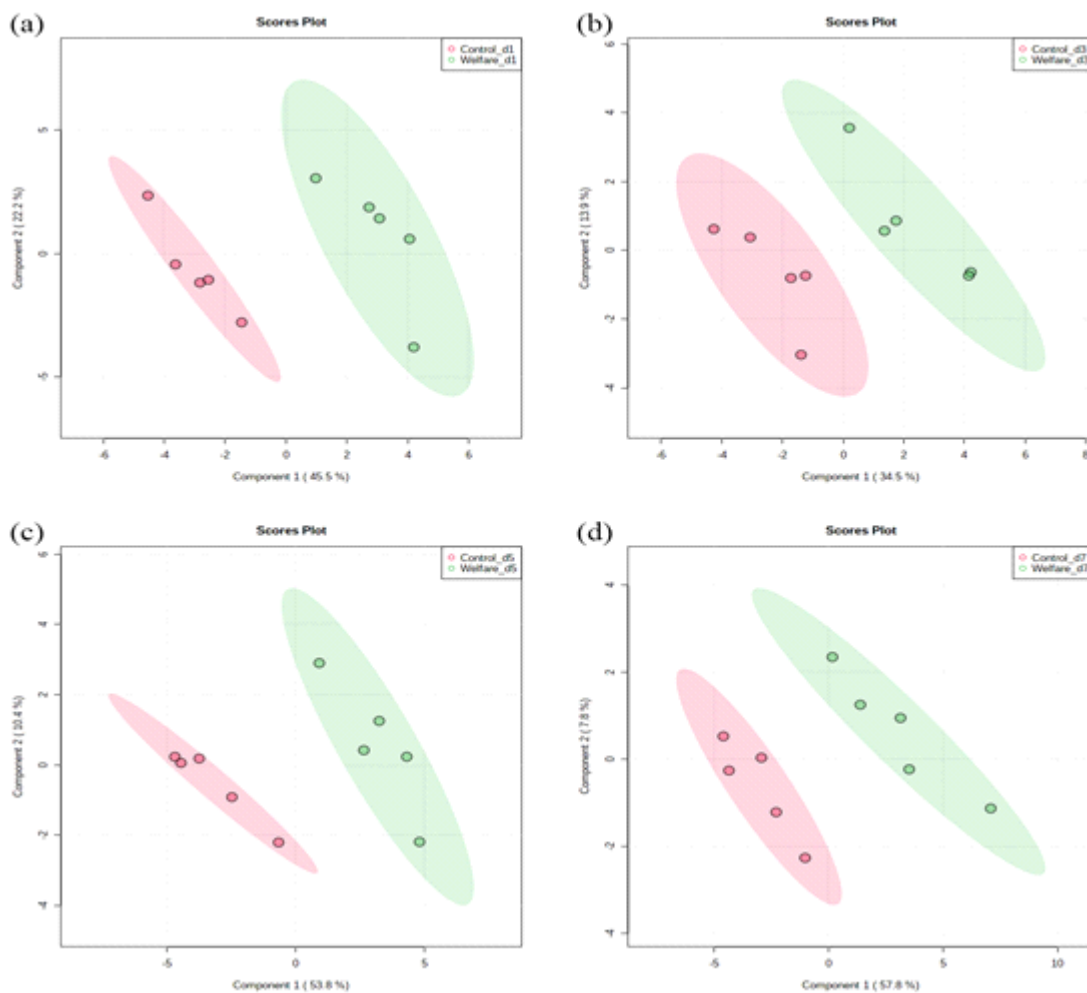
[그림 2-1-53] 저장기간에 따른 일반농장 닭 가슴육의 PCA(a) 및 PLS-DA(b) 결과. 다변량분석 도표에서 적색, 녹색, 자색 및 청색 점은 계육 시료를 가리키며 적색, 녹색, 자색 및 청색 타원 음영은 각 그룹의 95% 신뢰범위를 나타냄. Control, 일반농장; d1, 저장 1일차; d3, 저장 3일차; d5, 저장 5일차; d7, 저장 7일차.



[그림 2-1-54] 저장기간에 따른 동물복지농장 닭 가슴육의 PCA(a) 및 PLS-DA(b) 결과. 다변량분석 도표에서 적색, 녹색, 자색 및 청색 점은 계육 시료를 가리키며 적색, 녹색, 자색 및 청색 타원 음영은 각 그룹의 95% 신뢰범위를 나타냄. Control, 일반농장; d1, 저장 1일차; d3, 저장 3일차; d5, 저장 5일차; d7, 저장 7일차.

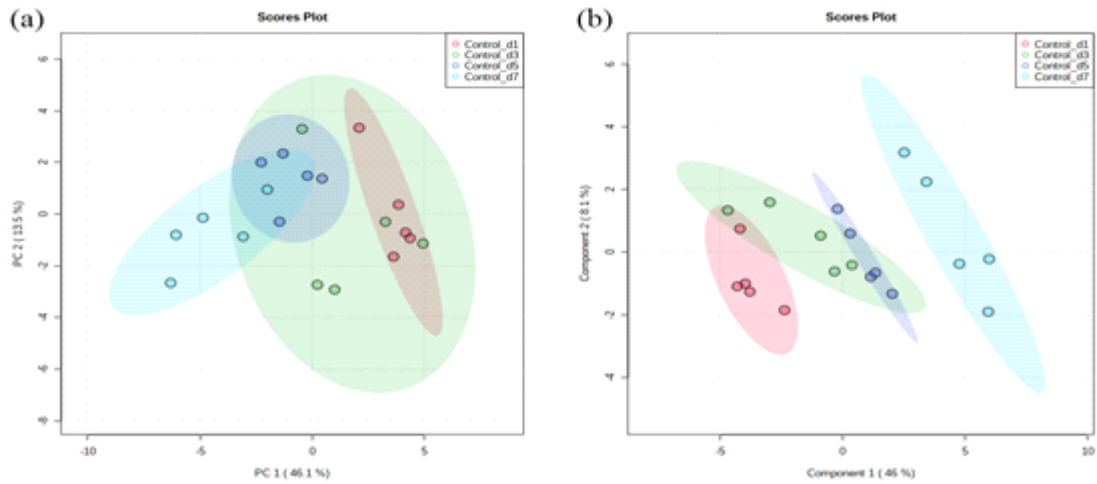
○ 다리육 간 다변량분석

- 각 저장일차별로 두 농장 시료 간 PCA 분석 시 저장 1일차에서만 구분이 분명하게 나타났음(data not shown). 반면 각 저장일차별로 PLS-DA 분석 진행 시 일반 및 동물복지 농장 닭 다리육 간 구분이 뚜렷하게 나타났으며 alanine, fumarate, glycine, hypoxanthine 이 모든 저장일차에서 1 이상의 VIP score을 보였음[그림 2-1-55].

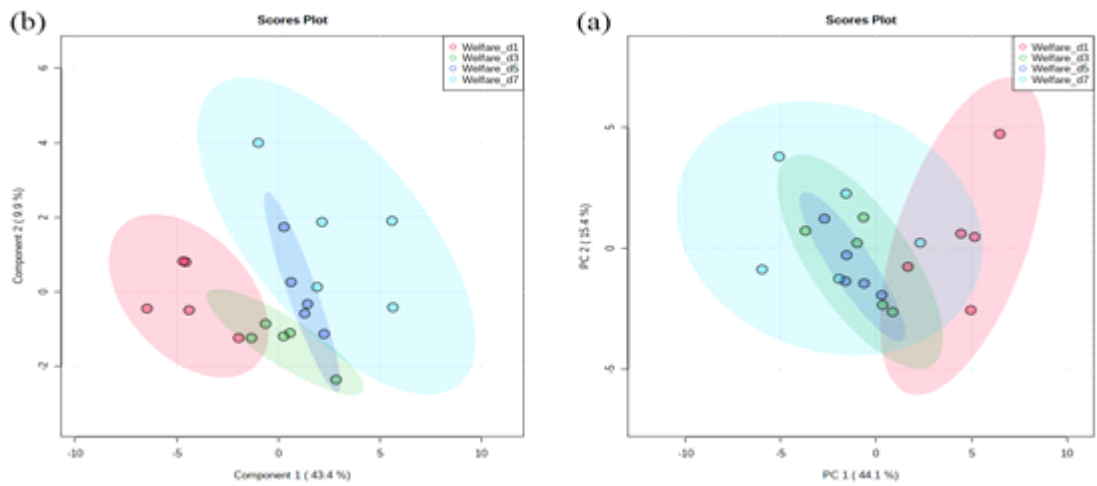


[그림 2-1-55] 저장 1일차(a), 3일차(b), 5일차(c), 7일차(d)에서 일반농장 및 동물복지 농장 닭 다리육 간 PLS-DA 결과. 다변량분석 도표에서 적색 및 녹색 점은 계속 시료를 가리키며 적색 및 녹색 타원 음영은 각 그룹의 95% 신뢰범위를 나타냄. Control, 일반농장; Welfare, 동물복지농장.

- 일반농장에서 사육된 닭 다리육은 PCA 및 PLS-DA 결과 저장 1일차 시료가 저장 5, 7일차 시료와 구분되었음[그림 2-1-56]. 반면 동물복지농장에서 사육된 닭 다리육은 PCA 이용 시 저장일차 간 구분이 뚜렷하게 나타나지 않았으며, PLS-DA 분석을 진행하여야 저장 1일차 시료가 저장 5, 7일차 시료와 구분 가능하였음[그림 2-1-57].



[그림 2-1-56] 저장기간에 따른 일반농장 닭 다리육의 PCA(a) 및 PLS-DA(b) 결과. 다변량분석 도표에서 적색, 녹색, 자색 및 청색 점은 계육 시료를 가리키며 적색, 녹색, 자색 및 청색 타원 음영은 각 그룹의 95% 신뢰범위를 나타냄. Control, 일반농장; d1, 저장 1일차; d3, 저장 3일차; d5, 저장 5일차; d7, 저장 7일차.



[그림 2-1-57] 저장기간에 따른 동물복지농장 닭 다리육의 PCA(a) 및 PLS-DA(b) 결과. 다변량분석 도표에서 적색, 녹색, 자색 및 청색 점은 계육 시료를 가리키며 적색, 녹색, 자색 및 청색 타원 음영은 각 그룹의 95% 신뢰범위를 나타냄. Control, 일반농장; d1, 저장 1일차; d3, 저장 3일차; d5, 저장 5일차; d7, 저장 7일차.

○ 닭 가슴육 내 대사경로 분석

- 가슴육에서 검출된 25종의 대사물질과 연관성을 갖는 29가지의 대사경로를 분석하였음. 이 중 21가지의 대사경로가 최소 하나의 저장일차에서 통계적 유의성($p < 0.05$)을 보였음 [표 2-1-102].

- 통계적으로 유의한 대사경로 중 3가지 대사경로(β -alanine metabolism; glycine, serine and threonine metabolism; pyrimidine metabolism)가 일반농장 및 동물복지농장 시료 간 대사물질 함량 차이를 보여주는 데 있어 높은 pathway impact을 보였음.
- Aspartate, creatine, glycine, UMP, uracil, β -alanine이 위 3가지 대사경로 중 하나 이상의 대사경로에 참여 또는 생성되는 물질로 확인됨.

[표 2-1-102] 사육환경 및 저장기간에 따른 닭 가슴육 간 대사경로 분석을 통해 통계적 유의성이 확인된 대사경로 목록

Pathway	Match status	p value				Pathway impact
		day 1	day 3	day 5	day 7	
Phenylalanine, tyrosine and tryptophan biosynthesis	2/4	0.02	0.04	0.04	< 0.01	1.000
D-Glutamine and D-glutamate metabolism	1/6	0.10	0.01	0.02	0.01	0.500
Nicotinate and nicotinamide metabolism	3/15	0.42	0.56	< 0.01	0.55	0.429
Alanine, aspartate and glutamate metabolism	4/28	0.02	0.02	0.05	0.07	0.423
beta-Alanine metabolism	4/21	0.02	0.01	0.06	0.01	0.399
Phenylalanine metabolism	2/10	0.02	0.04	0.04	< 0.01	0.357
Glycine, serine and threonine metabolism	2/33	0.02	0.01	0.09	0.01	0.246
Tyrosine metabolism	2/42	0.04	0.02	0.19	0.06	0.164
Pyrimidine metabolism	3/39	0.18	0.01	0.02	< 0.0001	0.164
Purine metabolism	3/65	0.29	0.37	0.06	0.89	0.152
Arginine biosynthesis	3/14	0.27	0.02	0.08	0.16	0.117
Glutathione metabolism	2/28	0.02	< 0.01	0.02	< 0.01	0.108
Glyoxylate and dicarboxylate metabolism	3/32	0.01	0.02	0.03	< 0.01	0.106
Arginine and proline metabolism	2/38	0.11	0.02	0.07	0.06	0.098
Pyruvate metabolism	3/22	0.02	0.01	0.27	0.03	0.061
Histidine metabolism	3/16	0.02	0.02	0.06	0.05	0.049
Citrate cycle (TCA cycle)	1/20	0.45	0.10	0.48	0.74	0.030
Glycolysis / Gluconeogenesis	4/26	0.01	0.02	0.21	0.04	0.029
Valine, leucine and isoleucine degradation	4/40	< 0.01	0.07	< 0.01	< 0.01	0.023
Pantothenate and CoA biosynthesis	4/19	0.02	0.02	< 0.01	< 0.01	0.021
Primary bile acid biosynthesis	1/46	0.01	0.01	0.03	< 0.01	0.008

Match status indicates the actually matched number from the data per total number of compounds in the pathway. Pathway impact value indicates the cumulative percentage of the importance of matched metabolites in each metabolic pathway.

○ 닭 다리육 내 대사경로 분석

- 다리육에서 검출된 26종의 대사물질과 연관성을 갖는 30가지의 대사경로를 분석하였음. 이 중 21가지의 대사경로가 최소 하나의 저장일차에서 통계적 유의성(p<0.05)을 보였음[표 2-1-103].
- 통계적으로 유의한 대사경로 중 4가지 대사경로(alanine, aspartate and glutamate metabolism; D-glutamine and D-glutamate metabolism; nicotinate and nicotinamide metabolism; starch and sucrose metabolism)가 일반농장 및 동물복지농장 시료 간 대사체 함량 차이를 보여주는 데 있어 높은 pathway impact을 보였음.
- Alanine, aspartate, glutamate, fumarate, glucose, NAD, nicotinamide가 위 4가지 대사경로 중 하나 이상의 대사경로에 참여 또는 생성되는 물질로 확인됨.

[표 2-1-103] 사육환경에 따른 닭 다리육 간 대사경로 분석을 통해 통계적 유의성이 확인된 대사경로 목록

Pathway	Match status	p value				Pathway impact
		day 1	day 3	day 5	day 7	
Phenylalanine, tyrosine and tryptophan biosynthesis	2/4	0.02	0.92	< 0.01	0.04	1.000
D-Glutamine and D-glutamate metabolism	1/6	< 0.01	0.20	< 0.01	0.03	0.500
Nicotinate and nicotinamide metabolism	3/15	0.02	0.02	0.04	< 0.01	0.429
Alanine, aspartate and glutamate metabolism	4/28	< 0.01	0.05	< 0.0001	< 0.01	0.423
beta-Alanine metabolism	4/21	0.00	0.33	0.01	< 0.01	0.399
Phenylalanine metabolism	2/10	0.02	0.92	< 0.01	0.04	0.357
Glycine, serine and threonine metabolism	2/33	0.01	0.05	< 0.01	< 0.01	0.246
Tyrosine metabolism	2/42	< 0.01	0.10	< 0.01	0.02	0.164
Pyrimidine metabolism	3/39	0.06	0.02	0.04	< 0.01	0.164
Purine metabolism	3/65	0.01	0.03	0.02	< 0.01	0.152
Arginine biosynthesis	3/14	< 0.01	0.06	< 0.01	< 0.01	0.117
Glutathione metabolism	2/28	< 0.0001	0.05	< 0.01	< 0.01	0.108
Glyoxylate and dicarboxylate metabolism	3/32	< 0.01	0.05	< 0.01	0.01	0.106
Arginine and proline metabolism	2/38	< 0.01	0.20	< 0.0001	0.05	0.098
Pyruvate metabolism	3/22	< 0.01	0.06	< 0.01	< 0.01	0.061
Histidine metabolism	3/16	< 0.01	0.28	< 0.01	< 0.01	0.049
Citrate cycle (TCA cycle)	1/20	< 0.01	0.02	< 0.01	0.03	0.030
Glycolysis / Gluconeogenesis	4/26	0.16	0.05	0.01	< 0.01	0.029
Valine, leucine and isoleucine degradation	4/40	0.02	0.73	0.02	0.02	0.023
Pantothenate and CoA biosynthesis	4/19	< 0.01	0.43	< 0.01	< 0.01	0.021
Primary bile acid biosynthesis	1/46	< 0.01	0.11	0.05	< 0.01	0.015

Match status indicates the actually matched number from the data per total number of compounds in the pathway. Pathway impact value indicates the cumulative percentage of the importance of matched metabolites in each metabolic pathway.

- 대사체학적 분석 결과를 토대로 glycine을 일반 및 동물복지농장 닭 가슴육 판별의 지표 후보 물질로 삼을 수 있을 것이며, 정량분석 및 다변량분석 결과에 따라 β -alanine, isoleucine, leucine, phenylalanine, valine 또한 지표 후보 물질에의 활용 가능성을 고려할 수 있을 것으로 판단됨.
- 닭 다리육에서 검출된 대사물질 중에서는 fumarate를 일반 및 동물복지 닭 다리육 판별의 지표 후보 물질로 삼을 수 있을 것이며, 정량분석 및 다변량분석 결과에 따라 glycine 및 hypoxanthine 또한 지표 후보 물질에의 활용 가능성을 고려할 수 있으리라 사료됨.

□ 계류시간에 따른 돈육의 맛 성분 및 대사물질 분석

○ 근육 내 맛 성분 및 대사물질 분석

- 당일도축 및 추가계류 시료에서 총 24종의 대사물질을 정량분석하였음[표 2-1-104].
- 12종의 화합물에서 그룹 간 유의적인 차이가 발견됨. 추가계류 시료 내 valine 함량은 당일도축 시료에 비해 높았으나, 11종의 대사물질(3-hydroxybutyrate, acetate, alanine, ethanol, glutamate, glutamine, glycine, lactate, leucine, methionine, phenylalanine) 함량은 당일도축 시료에 비해 낮았음($p < 0.05$).

○ 다변량분석

- PCA 결과 당일도축 및 추가계류 그룹을 명확히 구분할 수 없었음[그림 2-1-58a]. 반면 PLS-DA 및 OPLS-DA에서는 전반적으로 처리군 간 구분이 가능하였으나 일부 시료는 두 그룹의 95% 신뢰범위에 모두 포함되어 겹침 현상이 발견되었음[그림 2-1-58b, c].
- OPLS-DA 결과 변수 중요도 척도(VIP) 값이 1 이상인 대사물질에는 그룹 간 유의차가 나타난 7종의 대사물질(3-hydroxybutyrate, acetate, glycine, glutamate, glutamine, methionine, valine)과 isoleucine이 존재하였음[그림 2-1-58d].

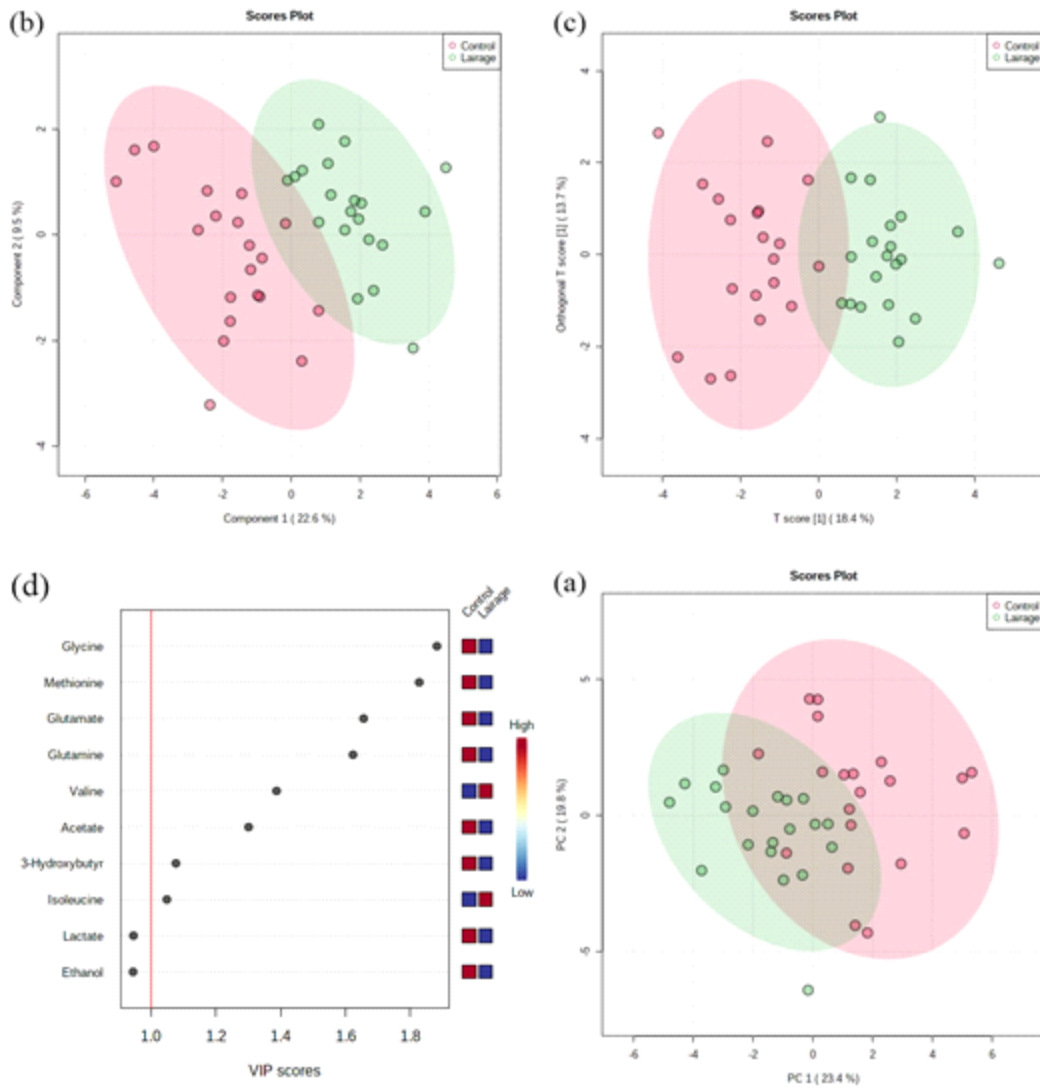
[표 2-1-104] 계류시간에 따른 돈육 등심 내 대사물질 분석 결과(mg/100 g)

항목	당일도축	추가계류	SEM ¹
3-Hydroxybutyrate	1.36 ^a	1.08 ^b	0.062
Acetate	3.37 ^a	2.89 ^b	0.097
Alanine	13.75 ^a	12.68 ^b	0.369
Anserine	30.93	28.99	0.725
Aspartate	0.27	0.19	0.033
Carnosine	402.78	410.14	9.528
Creatine	406.27	413.58	4.133
Ethanol	0.73 ^a	0.62 ^b	0.026
Fumarate	0.29	0.37	0.028
Glucose	60.61	51.81	3.723
Glutamate	6.48 ^a	5.51 ^b	0.169
Glutamine	38.57 ^a	32.88 ^b	0.881
Glycine	28.66 ^a	20.29 ^b	1.114
IMP	151.06	152.35	2.367
Inosine	29.27	30.29	0.921
Isoleucine	1.74	1.94	0.074
Lactate	695.44 ^a	667.24 ^b	8.438
Leucine	2.53 ^a	2.26 ^b	0.084
Methionine	2.83 ^a	2.39 ^b	0.060
NAD	5.25	5.53	0.593
Phenylalanine	2.24 ^a	2.15 ^b	0.067
Tyrosine	6.14	5.72	0.146
UMP	2.95	2.92	0.090
Valine	2.73 ^b	3.26 ^a	0.094

¹Standard error of mean (n = 40).

^{a,b}Different letters within the same row differ significantly (p < 0.05).

IMP, inosine monophosphate; NAD, nicotinamide adenine dinucleotide; UMP, uridine monophosphate.



[그림 2-1-58] 처리군별 대사물질 함량에 따른 PCA(a), PLS-DA(b), OPLS-DA(c), VIP(d) 결과. 다변량분석 도표에서 적색 및 녹색 점은 돈육 시료를 가리키며 적색 및 녹색 타원 음영은 각 그룹의 95% 신뢰범위를 나타냄. Control, 당일도축; Lairage, 추가계류.

○ 대사경로 분석

- 검출된 24종의 대사물질과 연관성을 갖는 30가지의 대사경로를 분석하였음. 분석된 대사 경로 중 16가지의 대사경로에서 통계적 유의성($p < 0.05$)이 확인되었음[표 2-1-105].
- 16종의 대사경로 중 glutamate(7종), glutamine(6종), fumarate(5종), glycine(4종), aspartate(3종)가 다양한 대사경로에 참여 또는 생성되는 물질로 확인됨.

[표 2-1-105] 당일도축 및 추가계류 시료 간 대사경로 분석을 통해 통계적 유의성이 확인된 대사경로

Pathway	Match status	Pathway impact
Alanine, aspartate and glutamate metabolism	4/28	0.537
D-Glutamine and D-glutamate metabolism	1/6	0.500
Glycine, serine and threonine metabolism	2/33	0.246
Tyrosine metabolism	2/42	0.164
Histidine metabolism	4/16	0.139
Purine metabolism	3/65	0.135
Arginine biosynthesis	3/14	0.117
Glutathione metabolism	2/28	0.108
Glyoxylate and dicarboxylate metabolism	4/32	0.106
Cysteine and methionine metabolism	1/33	0.104
Arginine and proline metabolism	2/38	0.098
Pyrimidine metabolism	2/39	0.089
Pyruvate metabolism	3/22	0.061
Citrate cycle	1/20	0.030
Glycolysis / Gluconeogenesis	4/26	0.029
Primary bile acid biosynthesis	1/46	0.008

Match status indicates the actually matched number from the data per total number of compounds in the pathway. Pathway impact value indicates the cumulative percentage of the importance of matched metabolites in each metabolic pathway.

- 요약하면, 계류를 24시간 진행한 추가계류 시료는 당일도축 시료에 비해 valine 함량은 유의적으로 높게, 11종의 화합물 함량은 유의적으로 낮게 검출됨.
- 4차년도 및 5차년도 실험 결과에서 공통적으로 추가계류 돈육에서 valine 함량이 높게 나타나고 있어 valine이 일반 및 동물복지 돼지고기 판별의 지표 물질 선정에 있어 주요한 역할을 할 수 있을 것으로 사료됨.

□ 사육환경 및 품종(도계장)에 따른 계육의 맛 성분 및 대사물질 분석

○ 가슴육 내 맛 성분 및 대사물질 분석

- 일반 및 동물복지농장에서 사육된 닭 가슴육에서 총 25종의 대사물질을 정량분석하였음 [표 2-1-106]. Cobb종 브로일러 가슴육 시료에서는 사육환경에 따라 5종의 대사물질에서 유의적인 차이가 발견됨. 동물복지농장에서 사육된 닭 가슴육에서는 일반농장에서 사육된 닭 가슴육보다 acetate 및 hypoxanthine 함량이 높았으나, isoleucine, phenylalanine 및 valine의 함량은 낮았음($p < 0.05$).
- 반면 Ross종 브로일러 가슴육은 사육환경에 따라 4종의 대사물질(acetate, anserine, creatine, IMP)에서 유의적 차이가 나타났으며, 모두 동물복지농장에서 사육된 닭 가슴육에서 유의적으로 높게 존재하였음.
- 한편 대사물질의 함량은 품종 간 차이를 보이는 것으로 나타남. Cobb종과 Ross종을 비교하였을 때 일반농장에서 사육된 닭 가슴육 사이에서는 14종, 동물복지농장에서 사육된 닭 가슴육 사이에서는 13종의 화합물이 품종 간 차이를 보였음($p < 0.05$). 이 중 creatine을 제외하고는 모두 Ross종 가슴육에서 유의적으로 높은 함량으로 존재하였음.

○ 다리육 내 맛 성분 및 대사물질 분석

- 일반 및 동물복지농장에서 사육된 닭 다리육에서 총 26종의 대사물질을 정량분석하였음 [표 2-1-107]. Cobb종 브로일러의 경우 동물복지농장에서 사육된 닭 다리육이 일반농장에서 사육된 닭 다리육보다 5종의 대사물질(anserine, creatine, glucose, lactate, NAD) 함량이 높게 나타났으나, 9종(aspartate, fumarate, glutamate, glycine, isoleucine, leucine, phenylalanine, uracil, valine)의 함량은 낮았음($p < 0.05$).
- Ross종 브로일러 다리육에서는 사육환경에 따라 5종의 대사물질(creatine, IMP, NAD, niacinamide, UMP)에서 유의적 차이가 나타났으며, 모두 일반농장보다 동물복지농장에서 사육된 닭 다리육에서 유의적으로 높게 존재하였음($p < 0.05$).
- 닭 다리육의 대사물질 함량은 품종 간 차이를 보이는 것으로 나타남. Cobb종과 Ross종을 비교 시 일반농장에서 사육된 닭 다리육 사이에서는 8종, 동물복지농장에서 사육된 닭 다리육 사이에서는 13종의 대사물질 함량이 품종 간에 유의적인 차이를 보임. 사육농장별로 aspartate 함량은 Ross종 브로일러가, fumarate 및 inosine 함량은 Cobb종 브로일러가 더 높은 함량을 가졌음($p < 0.05$).

[표 2-1-106] 사육환경 및 품종에 따른 닭 가슴육 내 대사물질 분석 결과(mg/100 g)

항목	사육농장	품종(도계장)		SEM ¹
		Cobb(하림)	Ross(참프레)	
Acetate	일반	2.88 ^y	3.12 ^y	0.079
	동물복지	3.36 ^x	3.40 ^x	0.110
	SEM	0.098	0.094	
Alanine	일반	27.52 ^b	37.25 ^a	1.478
	동물복지	29.89	33.41	2.573
	SEM	1.941	2.244	
Anserine	일반	321.29	358.78 ^y	14.733
	동물복지	347.93 ^b	408.15 ^{ax}	12.622
	SEM	16.512	10.185	
Aspartate	일반	12.61 ^b	22.51 ^a	0.900
	동물복지	10.84 ^b	20.89 ^a	1.201
	SEM	0.644	1.355	
Creatine	일반	343.63 ^a	288.98 ^{by}	7.263
	동물복지	343.42	315.97 ^x	9.499
	SEM	9.161	7.685	
Ethanol	일반	0.81	1.52	0.215
	동물복지	1.02	1.52	0.205
	SEM	0.119	0.272	
Fumarate	일반	0.08	0.05	0.013
	동물복지	0.06	0.06	0.013
	SEM	0.014	0.012	
Glucose	일반	11.38 ^b	16.84 ^a	0.957
	동물복지	9.11 ^b	19.09 ^a	1.519
	SEM	0.899	1.553	
Glutamate	일반	25.39	29.92	1.942
	동물복지	22.72	26.69	1.573
	SEM	1.888	1.638	
Glycine	일반	37.97 ^b	46.52 ^a	2.832
	동물복지	36.24	42.04	2.577
	SEM	2.119	3.189	
Hypoxanthine	일반	5.34 ^{by}	9.14 ^a	0.430
	동물복지	7.78 ^x	8.61	0.615
	SEM	0.421	0.621	
IMP	일반	160.88	161.51 ^y	5.309
	동물복지	150.36 ^b	186.63 ^{ax}	6.983
	SEM	6.454	5.941	
Inosine	일반	35.96 ^b	52.01 ^a	2.845
	동물복지	38.29 ^b	46.02 ^a	2.185
	SEM	2.684	2.380	
Isoleucine	일반	5.33 ^{bx}	7.32 ^a	0.484
	동물복지	3.71 ^{bx}	6.76 ^a	0.462
	SEM	0.391	0.544	

[표 2-1-106] 사육환경 및 품종에 따른 닭 가슴육 내 대사물질 분석 결과(mg/100 g)

항목	사육농장	품종(도계장)		SEM ¹
		Cobb(하림)	Ross(참프레)	
Methylmalonate	일반	5.50	5.83	0.221
	동물복지	5.11 ^b	6.38 ^a	0.192
	SEM	0.196	0.217	
NAD	일반	14.09	13.03	0.614
	동물복지	13.41	13.34	0.896
	SEM	0.487	0.970	
Niacinamide	일반	5.29 ^b	7.25 ^a	0.437
	동물복지	5.31 ^b	7.86 ^a	0.208
	SEM	0.430	0.222	
Lactate	일반	593.77	566.01	19.446
	동물복지	549.79 ^b	617.10 ^a	18.220
	SEM	19.352	18.320	
Leucine	일반	4.92 ^b	7.50 ^a	0.423
	동물복지	3.89 ^b	7.17 ^a	0.342
	SEM	0.360	0.407	
Phenylalanine	일반	5.74 ^{bx}	7.67 ^a	0.351
	동물복지	4.64 ^{by}	7.06 ^a	0.362
	SEM	0.302	0.404	
Tyrosine	일반	11.54 ^b	15.75 ^a	0.800
	동물복지	10.86 ^b	15.49 ^a	0.674
	SEM	0.725	0.753	
UMP	일반	3.49	3.13	0.155
	동물복지	3.34	2.94	0.154
	SEM	0.183	0.119	
Uracil	일반	0.53	0.71	0.074
	동물복지	0.56	0.59	0.081
	SEM	0.063	0.090	
Valine	일반	7.71 ^{bx}	9.80 ^a	0.602
	동물복지	5.39 ^{by}	9.11 ^a	0.630
	SEM	0.496	0.716	
β-Alanine	일반	33.35	37.49	3.253
	동물복지	30.33	39.20	4.018
	SEM	3.530	3.778	

¹Standard error of mean (n = 20).

^{a,b}Different letters within the same row differ significantly (p < 0.05).

^{x,y}Different letters within the same column differ significantly (p < 0.05).

IMP, inosine monophosphate; NAD, nicotinamide adenine dinucleotide; UMP, uridine monophosphate.

[표 2-1-107] 사육환경 및 품종에 따른 닭 다리육 내 대사물질 분석 결과(mg/100 g)

항목	사육농장	품종(도계장)		SEM ¹
		Cobb(하림)	Ross(참프레)	
Acetate	일반	4.25 ^a	3.72 ^b	0.154
	동물복지	4.79	4.32	0.440
	SEM	0.238	0.401	
Alanine	일반	40.79	37.61	1.828
	동물복지	37.61	36.98	2.361
	SEM	1.315	2.681	
Anserine	일반	122.81 ^y	133.54	5.462
	동물복지	141.46 ^x	162.98	14.709
	SEM	5.905	14.537	
Aspartate	일반	12.28 ^{bx}	16.25 ^a	0.704
	동물복지	9.58 ^{by}	16.09 ^a	0.858
	SEM	0.478	1.002	
Creatine	일반	295.36 ^{ay}	227.26 ^{by}	7.735
	동물복지	322.13 ^x	282.78 ^x	15.682
	SEM	8.372	15.351	
Ethanol	일반	1.72	1.78	0.238
	동물복지	1.71	2.66	0.408
	SEM	0.222	0.417	
Fumarate	일반	0.61 ^{ax}	0.24 ^b	0.029
	동물복지	0.38 ^{ay}	0.26 ^b	0.023
	SEM	0.031	0.020	
Glucose	일반	7.37 ^{by}	11.15 ^a	0.653
	동물복지	9.80 ^x	11.31	1.043
	SEM	0.522	1.114	
Glutamate	일반	37.50 ^x	33.03	1.555
	동물복지	31.55 ^y	35.46	2.575
	SEM	1.122	2.791	
Glycine	일반	54.28 ^x	50.07	2.510
	동물복지	47.74 ^y	50.05	3.285
	SEM	1.871	3.687	
Hypoxanthine	일반	12.03	13.12	0.650
	동물복지	10.51 ^b	13.79 ^a	0.959
	SEM	0.561	1.013	
IMP	일반	92.82	89.33 ^y	4.367
	동물복지	107.70	112.44 ^x	7.110
	SEM	5.080	6.619	
Inosine	일반	35.97 ^a	27.62 ^b	2.041
	동물복지	34.41 ^a	27.76 ^b	2.150
	SEM	2.264	1.914	
Isoleucine	일반	5.33 ^{bx}	7.32 ^a	0.484
	동물복지	3.71 ^{bx}	6.76 ^a	0.462
	SEM	0.391	0.544	

[표 2-1-107] 사육환경 및 품종에 따른 닭 다리육 내 대사물질 분석 결과(mg/100 g)

항목	사육농장	품종(도계장)		SEM ¹
		Cobb(하림)	Ross(참프레)	
Methylmalonate	일반	3.37	3.81	0.167
	동물복지	3.60	4.34	0.275
	SEM	0.136	0.292	
NAD	일반	4.36 ^{ay}	3.00 ^{by}	0.173
	동물복지	5.04 ^x	4.48 ^x	0.405
	SEM	0.200	0.393	
Niacinamide	일반	3.14	3.33 ^y	0.088
	동물복지	3.25 ^b	4.18 ^{ax}	0.236
	SEM	0.077	0.240	
Lactate	일반	275.76 ^y	317.94	14.434
	동물복지	334.21 ^x	354.75	21.791
	SEM	13.922	22.121	
Leucine	일반	5.56 ^x	6.36	0.416
	동물복지	4.44 ^{by}	6.34 ^a	0.561
	SEM	0.303	0.629	
Phenylalanine	일반	5.22 ^x	5.78	0.305
	동물복지	4.39 ^{by}	5.89 ^a	0.456
	SEM	0.177	0.519	
Tyrosine	일반	84.09	82.42	5.390
	동물복지	73.41 ^b	98.68 ^a	6.211
	SEM	4.582	6.829	
UMP	일반	7.82 ^b	9.32 ^a	0.462
	동물복지	8.14	8.65	0.532
	SEM	0.327	0.624	
Uracil	일반	1.58	1.59 ^y	0.112
	동물복지	1.61 ^b	2.40 ^{ax}	0.235
	SEM	0.134	0.224	
Valine	일반	1.15 ^x	1.39	0.081
	동물복지	0.91 ^{by}	1.60 ^a	0.110
	SEM	0.075	0.114	
β-Alanine	일반	7.45 ^x	8.09	0.466
	동물복지	5.78 ^{by}	7.75 ^a	0.626
	SEM	0.376	0.684	

¹Standard error of mean (n = 20).

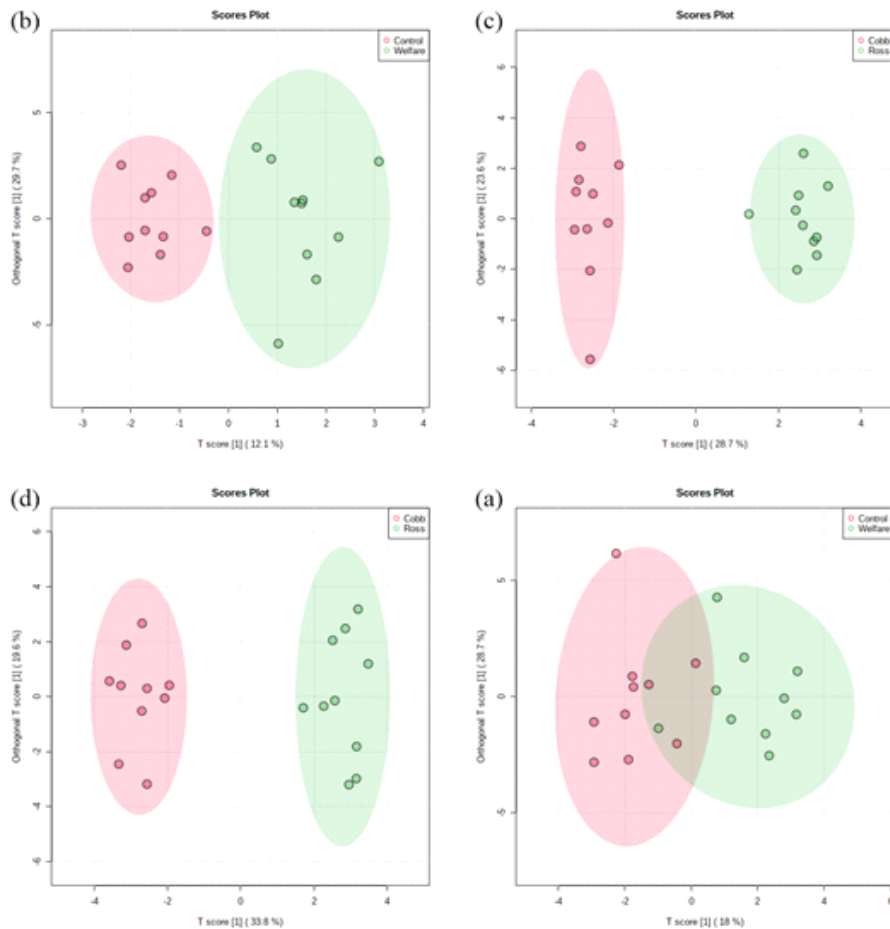
^{a,b}Different letters within the same row differ significantly (p < 0.05).

^{x,y}Different letters within the same column differ significantly (p < 0.05).

IMP, inosine monophosphate; NAD, nicotinamide adenine dinucleotide; UMP, uridine monophosphate.

○ 가슴육 대상 다변량분석

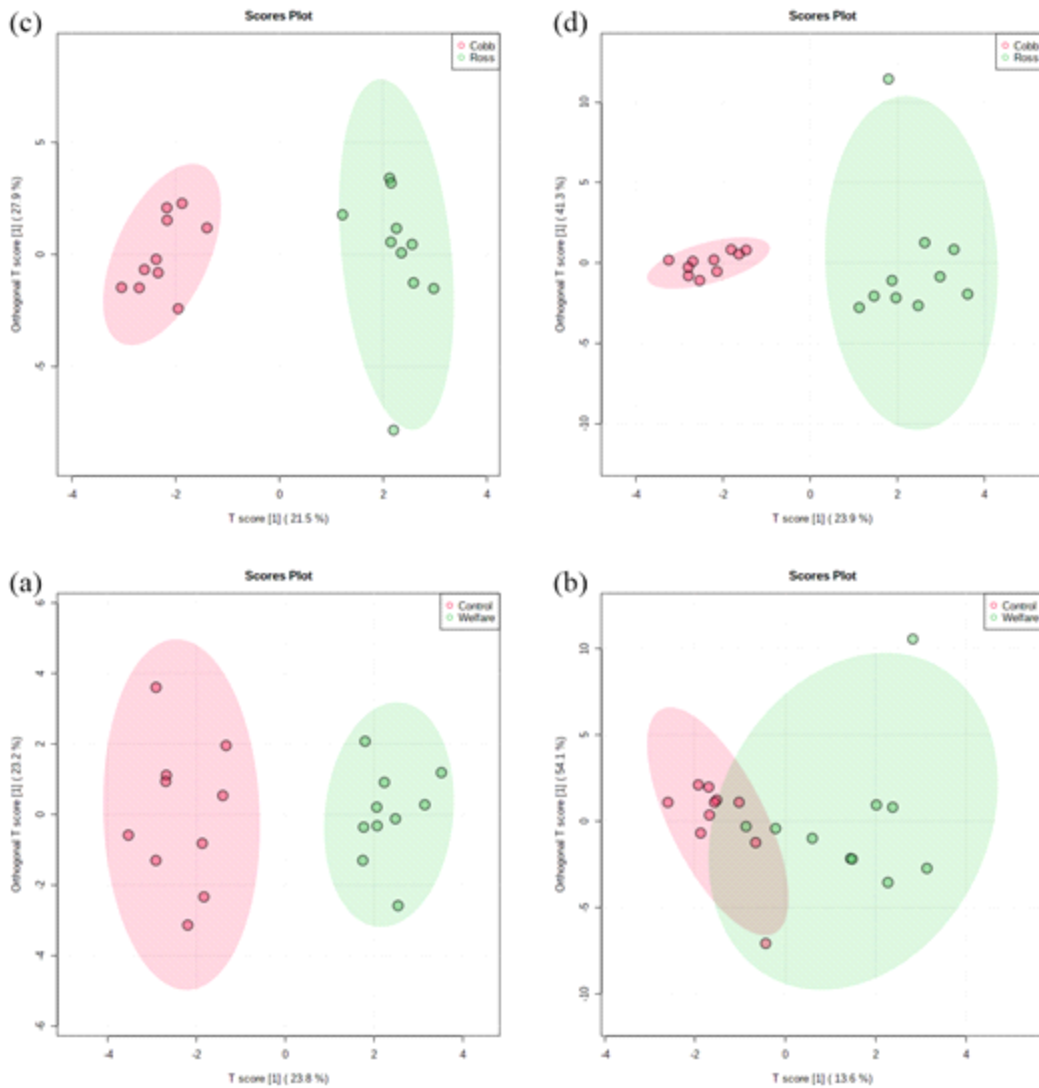
- Cobb종 브로일러 가슴육에 한하여 사육환경에 따라 다변량분석 시 PCA, PLS-DA, OPLS-DA에서 그룹 간 분리가 뚜렷하지 않았음[그림 2-1-59a].
- 반면 Ross종 브로일러 가슴육을 사육환경에 따라 다변량분석 시 OPLS-DA에서 두 그룹(일반농장 및 동물복지농장)이 분명하게 구분되었음[그림 2-1-59b]. 이때 VIP>1인 대사물질에는 IMP, anserine, inosine, creatine, acetate, glutamate, niacinamide, methylmalonate, lactate로 총 9종의 대사물질이 존재하였음.
- 일반농장에서 사육된 Cobb종 및 Ross종 브로일러 가슴육을 품종에 따라 다변량분석 시 PLS-DA 및 OPLS-DA에서 뚜렷하게 구분됨[그림 2-1-59c].
- 마찬가지로, 동물복지농장에서 사육된 Cobb종 및 Ross종 브로일러 가슴육을 품종에 따라 다변량분석 시 PLS-DA 및 OPLS-DA에서 뚜렷하게 구분되어 품종에 따른 대사물질 차이 변화가 크다는 것을 시사함[그림 2-1-59d].



[그림 2-1-59] 사육환경에 따른 Cobb종(a) 및 Ross종(b) 브로일러 가슴육의 OPLS-DA, 품종에 따른 일반농장 닭 가슴육(c) 및 동물복지농장 닭 가슴육(d)의 OPLS-DA(d) 결과. 다변량분석 도표에서 적색 및 녹색 점은 계육 시료를 가리키며 적색 및 녹색 타원 음영은 각 그룹의 95% 신뢰범위를 나타냄. Control, 일반농장; Welfare, 동물복지농장.

○ 다리육 대상 다변량분석

- Cobb종 브로일러 다리육을 사육환경에 따라 다변량분석 시, 가슴육 결과와 대조적으로 OPLS-DA에서 그룹 간 분리가 뚜렷하게 나타났음[그림 2-1-60a]. 이때 VIP>1인 대사물질은 aspartate, fumarate, glutamate 등 13종이 존재하였음.
- Ross종 브로일러 닭 다리육을 사육환경에 따라 다변량분석 시 일반 및 동물복지농장 시료를 뚜렷하게 구분할 수 없었음[그림 2-1-60b].
- 일반농장에서 사육된 Cobb종 및 Ross종 브로일러 다리육을 품종에 따라 다변량분석 시 OPLS-DA에서 뚜렷하게 구분됨[그림 2-1-60c].
- 마찬가지로, 동물복지농장에서 사육된 Cobb종 및 Ross종 브로일러 다리육을 품종에 따라 다변량분석 시 PLS-DA 및 OPLS-DA에서 뚜렷하게 구분되어 품종에 따른 대사물질 차이 변화가 크다는 것을 시사함[그림 2-1-60d].



[그림 2-1-60] 사육환경에 따른 Cobb종(a) 및 Ross종(b) 브로일러 다리육의 OPLS-DA, 품종에 따른 일반농장 닭 가슴육(c) 및 동물복지농장 닭 다리육(d)의 OPLS-DA(d) 결과. 다변량분석 도표에서

적색 및 녹색 점은 계속 시료를 가리키며 적색 및 녹색 타원 음영은 각 그룹의 95% 신뢰범위를 나타냄. Control, 일반농장; Welfare, 동물복지농장.

○ 닭 가슴육 내 대사경로 분석

- Cobb종 브로일러 가슴육에서 검출된 25종의 대사물질과 연관성을 갖는 29가지의 대사경로를 분석하였음. 분석된 대사경로 중 6가지의 대사경로에서 통계적 유의성($p < 0.05$)이 확인되었음[표 2-108]. 위 6종의 대사경로에는 본 실험에서 검출된 대사물질 중 acetate, lactate, valine 등 17가지의 대사물질이 참여 또는 생성되는 물질로 확인됨.
- Ross종 브로일러 가슴육에서는 29가지의 대사경로 중 4가지의 대사경로에서 통계적 유의성($p < 0.05$)이 확인되었음. 위 4종의 대사경로에는 본 실험에서 검출된 대사물질 중 총 7가지의 대사물질(anserine, aspartate, creatine, glutamate, hypoxanthine, IMP, inosine, uracil, β -alanine)이 참여 또는 생성되는 물질로 확인됨.

[표 2-1-108] 사육환경에 따른 닭 가슴육 간 대사경로 분석을 통해 통계적 유의성이 확인된 대사경로 목록

Pathway	Match status	Pathway impact
Cobb		
Purine metabolism	3/65	0.152
Glyoxylate and dicarboxylate metabolism	3/32	0.106
Pyruvate metabolism	3/22	0.061
Glycolysis / Gluconeogenesis	4/26	0.029
Valine, leucine and isoleucine degradation	4/40	0.023
Pantothenate and CoA biosynthesis	4/19	0.021
Ross 308		
β -Alanine metabolism	4/21	0.399
Purine metabolism	3/65	0.152
Arginine and proline metabolism	2/38	0.098
Histidine metabolism	3/16	0.049

Match status indicates the actually matched number from the data per total number of compounds in the pathway. Pathway impact value indicates the cumulative percentage of

the importance of matched metabolites in each metabolic pathway.

- 닭 다리육 내 대사경로 분석
- Cobb종 브로일러 다리육에서는 검출된 26종의 대사물질과 연관성을 갖는 30가지의 대사경로를 분석하였음. 분석된 대사경로 중 20가지의 대사경로에서 통계적 유의성($p < 0.05$)이 확인되었음[표 2-1-109]. 위 20종의 대사경로에는 본 실험에서 검출된 대사물질 중 aspartate, fumarate, glutamate 등 총 23가지의 대사물질이 참여 또는 생성되는 물질로 확인됨.
- 반면 Ross종 브로일러 다리육에서는 30가지의 대사경로 중 오직 nicotinate and nicotinamide metabolism에서만 통계적 유의성($p < 0.05$)이 확인되었음. 해당 대사경로에는 본 실험에서 검출된 대사물질 중 aspartate, NAD, nicotinamide가 관여함.

[표 2-1-109] 사육환경에 따른 닭 다리육 간 대사경로 분석을 통해 통계적 유의성이 확인된 대사경로 목록

Pathway	Match status	Pathway impact
Cobb		
Phenylalanine, tyrosine and tryptophan biosynthesis	2/4	1.000
D-Glutamine and D-glutamate metabolism	1/6	0.500
Nicotinate and nicotinamide metabolism	3/15	0.429
Alanine, aspartate and glutamate metabolism	4/28	0.423
β -Alanine metabolism	4/21	0.399
Phenylalanine metabolism	2/10	0.357
Glycine, serine and threonine metabolism	2/33	0.246
Tyrosine metabolism	2/42	0.164
Pyrimidine metabolism	3/39	0.164
Arginine biosynthesis	3/14	0.117
Glutathione metabolism	2/28	0.108
Glyoxylate and dicarboxylate metabolism	3/32	0.106
Arginine and proline metabolism	2/28	0.098
Pyruvate metabolism	3/22	0.061
Histidine metabolism	3/16	0.049
Citrate cycle	1/20	0.030
Glycolysis / Gluconeogenesis	4/26	0.029
Valine, leucine and isoleucine degradation	4/40	0.023
Pantothenate and CoA biosynthesis	4/19	0.021
Primary bile acid biosynthesis	2/46	0.015
Ross		
Nicotinate and nicotinamide metabolism	3/15	0.429

Match status indicates the actually matched number from the data per total number of compounds in the pathway. Pathway impact value indicates the cumulative percentage of the importance of matched metabolites in each metabolic pathway.

- 이상으로 계육의 맛 성분 및 대사물질은 사육환경과 품종의 영향을 모두 받는 것으로 나타남. 두 품종 모두에서 가슴육에서는 acetate가, 다리육에서는 creatine 및 NAD가 동물 복지농장에서 사육된 닭 시료에서 더 높은 함량으로 존재하였음.
- 닭 가슴육은 Ross종 브로일러 가슴육만이 다변량분석을 통한 사육농장 간 구분이 가능하였음. NMR 정량분석, 다변량분석, 대사경로 분석에서 anserine, creatine, IMP가 높은 비중을 차지하였음.
- 반면 닭 다리육은 Cobb종에 한해 다변량분석을 통한 사육농장 간 구분이 가능하였음. NMR 정량분석, 다변량분석, 대사경로 분석에서 aspartate, fumarate, glutamate가 높은 비중을 차지하여 이들이 사육환경 변이에 따른 계육의 맛 성분 및 대사물질 분석에 중요한 역할을 차지할 것으로 사료됨.

제 2 절 일반농장 및 동물복지 돼지고기의 품질특성 비교

1. 1차년도 연구결과

가. 공시재료

- 일반농장과 동물복지형 농장으로부터 출하된 돈육의 품질특성을 비교·분석하기 위하여 일반농장 2개소와 동물복지 농장 2개소를 임의 선택하여 각 처리구당 10두씩 출하된 돼지를 도축하여 시료를 확보하였다[표 2-2-1]. 2개소의 일반농장(부론농장 C1, 영진농장 C2)과 비인증 동물복지 농장인 성지(조암)농장 (W1)은 “돈마루”계열에 소속되어 동일한 사료와 사양체계에서 생산되었으며, 인증 동물복지 돈육은 “더불어 행복한 농장”(경남 거창)에서 출하된 돼지로부터 얻은 것이다. 모두 목표 체중인 110 kg에 도달된 돼지들로서 임의 10두씩 동일 출하일에 선발하였다. 돈마루 소속 농장의 돼지는 박달재 LPC (제천)에서, 더불어 행복한 농장의 돼지는 동물복지형 도축장인 도드람 LPC (안성)에서 동일 날짜에 동물복지 표준 도축방법에 따라 도축하여 돈마루 가공장(제천)으로 운반하여 냉도체를 만들고 좌등심을 채취하여 진공포장 후 신속히 실험실로 운반하여 분석하였다.

[표 2-2-1] 처리구별 농장 및 사육형태

처리구	농장명	사육형태	도축장
C1	부론	일반농장	
C2	영진	일반농장	박달재 LPC
W1	성지(조암)	동물복지형 (비인증)	
W2	더불어 행복한 농장	동물복지형 (인증)	도드람 LPC 동물복지형

나. 육색

- 육색은 흑백 교정판에 의해 교정된 Colorimeter(CR-410, Minolta Co., Ltd., Japan)를 사용하여 절단된 시료의 표면에서 측정하였다. 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 CIE(Commision Internationalede Leclairage)로 측정하여 Spectra Magic Software(Minolta Co., Ltd., Japan)로 분석하였다. 각 시료는 3회 반복 측정하여 평균값으로 표시하였다.

다. 일반성분, pH, 보수력

- 일반성분은 AOAC 표준법에 따라 분석하였다. 수분함량은 시료 3g을 알루미늄 접시에 담아 104°C dry oven에서 항량이 될 때까지 건조시켜 무게를 측정하여 구하였고, 지방은 Folch 법을 일부 변형하였으며, 조단백질은 자동 Kjeldahi 장치 (Bunchi, K-370, Switzerland), 조회분은 회화로 (FPX-14, Hanil, Korea)에서 550°C로 5시간 동안 회화시킨 후 그 함량을 측정하여 백분율 (%) 로 나타내었다.
- pH는 시료 2 g을 증류수 18 mL와 함께 균질기로 (Polytron PT10-35 GT, Kinematica AG, Luzern, Switzerland) 로 11,000 rpm에서 1분간 균질 후 Whatman No. 4 여과지로 여과하여 각 시료의 여과액을 실온에서 pH meter (Seven Excellence™, METTLER TOLEDO, Switzerland)로 측정하였다.
- 보수력은 시료 5 g을 원심분리기 (Combi-514R, Hanil, Korea) 로 1000 rpm에서 10 min, 5°C로 설정하여 원심분리 후 시료의 무게를 측정하였다.

$$\text{보수력 (\%)} = \frac{[\text{수분함량}/100 \times (\text{시료의 채취량 (g)} - \text{탈수량 (g)})]}{\text{수분함량}/100 \times \text{시료의 채취량 (g)}} \times 100$$

라. 가열감량

- 가열감량은 배최장근을 시료로 하여 시료를 30 × 50 × 10 mm (가로 × 세로 × 높이) 의 크기로 절단하고 시료의 중심온도가 75°C가 되도록 가열하여 가열 전과 후 무게차이를 백분율 (%) 로 나타냈고, 계산식은 다음과 같다.

$$\text{가열감량 (\%)} = \frac{1 - \text{가열 후 등심육의 무게}}{\text{가열 전 등심육의 무게}} \times 100$$

마. 전단력

- 배최장근을 시료로 하여 시료를 40 × 50 × 10 mm (가로 × 세로 × 높이) 의 크기로 절단하고 시료의 심부온도가 75°C가 되도록 가열하여 10 × 20 × 10 mm (가로 × 세로 × 높이) 의 크기로 절단하여, Textuer analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems, UK) 에 Warner-Bratzler blade를 장착하여 시료의 근섬유 결이 Blade에 직각이 되게 한 상태에서 전단력(단위는 kg*f)을 측정하였으며, 기기 조건은 pre-test speed 2.0 mm/s, test speed 2.0 mm/s, post-test speed 5.0 mm/s로 실시하였다.

바. 항산화 실험 (antioxidant activity)

- 식육의 항산화 능력을 구하기 위해 TBARS 및 DPPH 라디칼 소거능을 분석하였다. 지방산패도는 TBARS(2-thiobarbituric acid-reactive substances) 측정방법(Ann 등 1998)에 따라 고기시료 5g에

증류수 15 mL를 50 mL 시험관에 섞어 균질화하였다. 고기 균질물 1 mL를 일회용 시험관(13 x 100 mm)에 옮겨 넣고 butylated hydroxytoluene(7.2% in ethanol, w/v) 50 μ L 와 thiobarbituric acid/trichloroacetic acid 용액(20 mM TBA/15%, w/v) 2 mL를 첨가하였다. 혼합물을 완전히 흔들어 섞은 뒤 95°C 항온수조에서 15분간 색깔을 발현시키고 10분간 식힌 후, 다시 섞어 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm, 5°C에서 15분간 원심분리한 후, 상층액을 531 nm에서 흡광도를 측정하였다. 증류수 1 mL 및 TBA/TCA 용액 2 mL를 혼합하여 blank로 하였으며, TBARS 양은 고기 샘플 kg당 malonedialdehyde(MDA)의 mg으로 표시하였다.

- DPPH (2,2-dephenyl-1-picrylhydrazyl) radical 소거능 활성은 시료 2 g에 증류수 18 mL을 가하여 균질기로 (Polytron PT10-35 GT, Kinematica AG, Luzern, Switzerland) 로 11,000 rpm에서 1분간 균질한 후 10분간 3,000 rcf에서 원심분리 하였다. 상층액 0.4 mL과 증류수 1.6 mL에 DPPH (0.2 mM in methanol) 용액 2 mL을 혼합하고 60분간 실온에서 암실 보관 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 ascorbic acid를 이용하였고, DPPH-radical scavenging activity를 아래의 식에 의해 값을 산출하였다.

$$\text{DPPH-radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Absorbance of control} - \text{Absorbance of sample}}{\text{Absorbance of control}} \times 100$$

사. 지방산 조성

- Fatty acid methyl esters 분리를 위해 시료 1 g에 0.7 mL의 10 N KOH와 6.3 mL의 methanol을 섞어서 물의 온도가 55°C인 항온 수조에 넣은 후 가열시켰다. 1시간 30분 동안 가열하면서, 30분에 한 번씩 강하게 흔들어 섞어준 다음, 미리 준비된 찬물에 1~2분간 냉각 후 0.58 mL의 24 N H₂SO₄를 넣었다. 그 후 다시 55°C의 항온 수조에서 1시간 30분 동안 가열하면서, 또다시 30분마다 한 번씩 강하게 흔들어 주었다. 가열이 끝나면 준비된 찬물에 냉각 후 hexane을 3 mL를 첨가하여 5분간 3,000 rpm에서 원심분리(HANIL Combi- 514R, Inchon, Korea)하였다. Pasteur pipette을 이용하여 vial에 담은 후 gas chromatograph-flame ionization detector (Agilent 7890 series, Wilmington, USA)를 사용하여 지방산 분석을 다음과 같은 조건으로 실험하였다. Injector는 split ratio를 25:1로 한 split mode로서 온도를 250°C로 하였고, detector는 flame ionization detector로써 온도는 250°C이었다. Carrier gas로는 고순도 air, H₂, He을 사용하였으며, flow rate는 H₂는 40 mL/min, air는 400 mL/min으로 하였다. 분석을 위한 column은 HP-88(60 m × 250 μ m × 0.2 mm)을 사용하였다.

아. 유리 아미노산

- 지방을 제거한 마쇄한 시료 2 g에 2% TCA 용액 27 mL을 넣은 후 13,000 rpm에서 30초간 균질화한 후 17,000×g에서 15분간 원심분리 하였다. 상층액을 취하고 냉장조건에서 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 하였다. 상층액을 0.45 µm membrane filter로 여과한 다음 분석 시료로 사용하였다. 유리 아미노산의 분석은 자동아미노산 분석기(SYKAM, S433 A.A., Germany)로 하였으며 분석 조건은 column size 4.6×150 mm, resin Li⁺ form, lithium citrate buffer(pH 2.9, 4.2, 8.0), 유속은 0.45 mL/min, ninhydrin은 0.25 mL/min, column 온도는 37°C, 반응 온도는 110°C로 하였고 분석시간은 120 min 으로 하였다. 각각 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 표준물질의 처리 농도에 따른 면적 비율을 계산하여 mg/100 g로 나타내었다.

자. creatine, creatinine, dipeptides

- 식육 내 creatine 및 di-peptide (carnosine, anserine) 함량은 Mora et al. (2007)의 방법을 이용하였다. 시료 2.5 g에 0.01N HCl 7.5 mL을 첨가하여 균질하였다. 균질 후 4°C에서 3,000×g으로 30분간 원심분리한 후 상층액을 Whatman Glass microfiber Filter GF/C를 이용하여 여과하였다. 여과액 250 µL를 acetonitrile 750 µL와 혼합하여 4°C에서 20분간 반응시켰다. 반응 후, 10,000×g에서 10분 동안 원심 분리한 후 상층액을 0.22 µm membrane filter로 여과하여 HPLC (Agilent Infinity 1260 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA) 분석에 이용하였다. 분석 컬럼은 Atlantis HILIC silica column (150×4.6 mm, 3.0 µm, Waters, USA)을 사용하였으며, 컬럼 온도는 35°C로 하였다. Creatine, anserine, carnosine은 214 nm에서 검출하였으며, creatinine은 236 nm에서 검출하였다. 이동상은 A 용매가 0.65 mM ammonium acetate/acetonitrile (pH 5.50, 35:75(v/v)), B 용매가 0.55 mM ammonium acetate/acetonitrile (pH 5.50, 70:30(v/v))로 B 용매를 1.4 mL/min의 유속으로 13분 동안 linear gradient (0~100%) 방법으로 분석하였다. 각각 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 표준물질의 처리 농도에 따른 면적 비율을 계산하여 mg/100 g로 나타내었다.

차. 통계분석

- 실험 결과의 분석은 SAS 프로그램(Version 9.3 SAS Institute Inc., NC, USA)의 general linear model procedure을 수행하고 one-way ANOVA 분산분석 후 유의적인 차이를 보일 때 평균값 간의 유의성 검정(p<0.05)을 위해 Student-Newman-Keuls의 다중검정법을 이용하여 통계 분석하였다. 결과는 평균값과 처리구간의 표준오차인 standard error of the means (SEM) 로 표시하였다.

아. 실험 결과

(1) 지육중량 및 등지방 두께 비교

- 일반적으로 도체중과 등지방두께는 도체등급이나 도체특성에 영향을 준다고 알려져 있다. 일반 및 동물복지 돈육의 도체중 및 등지방 두께를 비교해본 결과[표 2-2-2], 등지방 두께에서는 모든 처리구에서 유의적인 차이가 나타나지는 않았지만 동물복지 돈육(W1, W2)이 일반농장 돈육보다는 높은 수치를 보였다. 도체중에서도 동물복지 처리구(W2)가 일반농장 처리구보다 유의적으로 높아 더 무거운 것으로 나타났다. 하지만 이 결과는 사료와 사양방법, 사육기간 등 사양조건이 정확히 일치하지 않는 것이므로 추가적인 실험이 필요하다고 판단된다.

[표 2-2-2] 일반 및 동물복지 돈육의 도체중 및 등지방 두께 비교

Treatment ¹	Backfat depth (mm)	Carcass weight (kg)
C1	21.70	87.60 ^b
C2	21.60	86.70 ^b
W1	22.60	89.70 ^{ab}
W2	23.40	94.00 ^a
SEM ²	1.65	1.71

¹ C1: a conventional farm 1, C2: a conventional farm 2,

W1: animal welfare farm not certified, W2: animal welfare certified

² SEM: standard error of means (n=10).

^{a-b} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

(2) 육색

- 육색은 소비자들이 식육을 구매하는 데 있어 매우 중요한 척도이다. 육색에 영향을 미치는 근육 내 요인은 사후 해당작용, 근내지방 함량, 마이오글로빈 함량, 육색소의 산화 상태 등이 있으며, 일반적으로 소비자들은 적색도가 높고 황색보다 부드러운 백색지방을 선호하는 것으로 알려져 있다. 일반 및 동물복지 돈육의 육색을 비교해본 결과[표 2-2-3], 1일차에서 명도(Lightness)와 적색도(Redness), 황색도(Yellowness) 모두 처리구 간의 유의적인 차이를 보이지 않았고 정상범위의 수치를 나타냈다. 저장기간 동안 L*는 처리구간 차이를 보이지 않았지만, 저장 10일에서 C1이 유의적으로 낮게 측정되었다. 명도에서 C1의 값이 저장기간 동안 가장 낮은 것을 알 수 있는데 이는 높은 pH가([표 2-2-5] 참조) 영향을 끼쳤을 것이라고 생각된다. 적색도는 저장 5일차와 15 차에서 C1이 유의적으로 높았고 W2가 가장 낮았다. 황색도는 일정한 경향을 보이지 않았으나 저장기간이 길어질수록 증가하는 경향을 보였다.

[표 2-2-3] 저장 기간에 따른 일반 및 동물복지 돈육의 육색 비교

Treatment ¹	Storage (day)				SEM ²	
	1	5	10	15		
Lightness (L*)	C1	52.68	54.28	53.29 ^b	54.44	0.65
	C2	55.61	54.62	55.68 ^a	56.04	0.88
	W1	55.51	56.67	56.67 ^a	56.59	0.61
	W2	53.49	54.92	55.92 ^a	55.91	0.84
	SEM	0.80	0.77	0.70	0.73	
Redness (a*)	C1	17.05 ^y	19.20 ^{ax}	15.96 ^z	17.42 ^{ay}	0.37
	C2	16.48	15.54 ^{bc}	15.40	16.73 ^{ab}	0.46
	W1	16.38	16.81 ^b	15.87	16.87 ^{ab}	0.33
	W2	16.69 ^x	14.82 ^{cy}	16.25 ^{xy}	15.84 ^{bxy}	0.45
	SEM	0.32	0.50	0.43	0.33	
Yellowness (b*)	C1	6.41	7.18 ^a	5.92	6.99 ^b	0.42
	C2	6.84 ^{xy}	6.29 ^{aby}	6.70 ^{xy}	7.89 ^{abx}	0.39
	W1	6.63 ^y	5.74 ^{abz}	5.79 ^z	8.24 ^{ax}	0.18
	W2	6.54 ^{xy}	4.84 ^{bz}	6.21 ^y	7.42 ^{abx}	0.32
	SEM	0.28	0.43	0.31	0.32	

¹ C1: a conventional farm 1, C2: a conventional farm 2,

W1: animal welfare farm not certified, W2: animal welfare certified

² SEM: standard error of means (n=10).

^{a-c} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-z} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(3) 일반성분

○ 일반 및 동물복지 돈육의 일반성분을 비교해본 결과[표 1-3], 수분함량에서는 W1이 가장 낮은 값을 나타냈고 조단백질 함량은 C2가 다른 처리구들에 비해 유의적으로 낮게 측정되었다. 일반 돈육과 동물복지 돈육간의 지방함량은 유의적 차이는 아니지만 등지방 두께에서처럼 동물복지형 돈육의 지방함량이 일반농장에 비해 높은 수치를 보였다. 조회분 함량은 유의적으로 차이가 나타나지 않았다.

[표 2-2-4] 일반 및 동물복지 돈육의 일반성분(%) 비교

	Treatment ¹				SEM ²
	C1	C2	W1	W2	
Moisture	75.27 ^a	75.43 ^a	74.30 ^b	74.67 ^{ab}	0.26
Crude protein	24.34 ^a	22.07 ^b	24.43 ^a	24.86 ^a	0.25
Fat	1.92	1.90	2.14	2.09	0.15
Crude ash	1.17	1.20	1.22	1.20	0.01

¹ C1: a conventional farm 1, C2: a conventional farm 2,

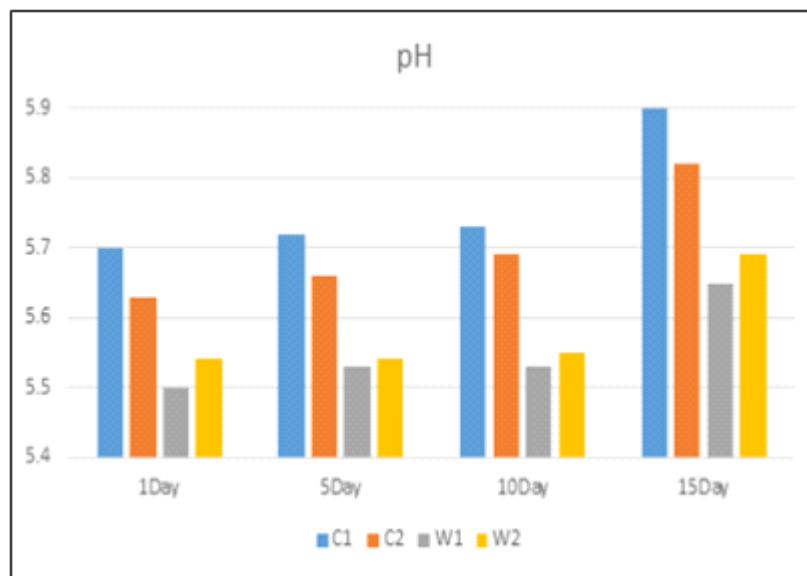
W1: animal welfare farm not certified, W2: animal welfare certified

² SEM: standard error of means (n=10).

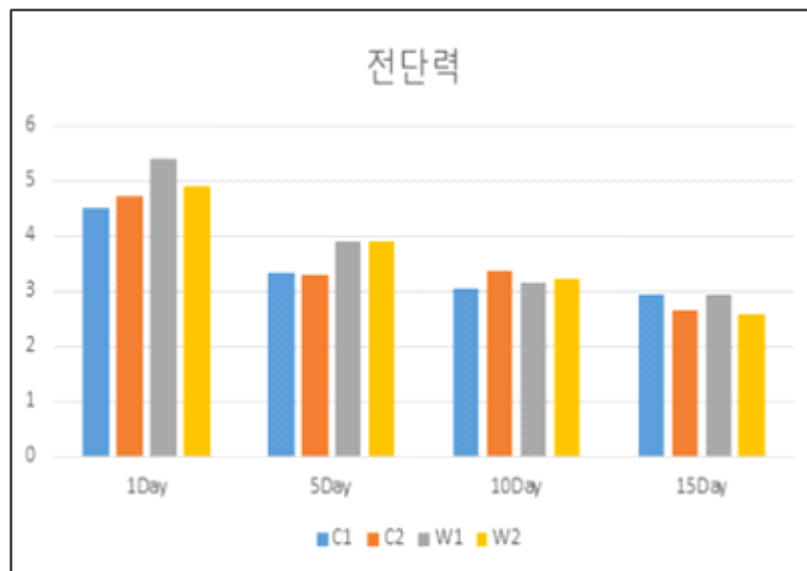
^{a-b} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(4) pH, 보수력, 가열감량, 전단력

○ 일반 및 동물복지 돈육의 pH, 보수력을 비교해본 결과[표 2-2-5], Ultimate pH 에서는 C1이 다른 처리구들에 비해 높게 측정 되었고, 저장기간이 경과함에 따라 pH가 증가하는 것이 확인되었다. pH와 보수력은 높은 상관관계가 있는 것으로 알려져 있으며 본 실험 결과 pH 값이 높은 C1의 보수력이 가장 높게 측정되었다. 가열감량은 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 식육의 연도는 수분과 지방의 양, 결체조직의 양과 화학적 상태 그리고 actomyosin 의 효과에 의해 변할 수 있으며 근질의 길이와도 관계가 있으나 무엇보다도 수분의 양과 관련된 보수력과 밀접한 연관을 갖는다. 연도와 관련이 있는 전단력에서는 처리구간 유의적인 차이는 없었으며, 저장기간이 경과함에 따라 전단가가 낮아지는 경향을 보였다.



[그림 2-2-1] 저장기간에 따른 pH 비교



[그림 2-2-2] 저장기간에 따른 전단력 비교

[표 2-2-5] 저장 기간에 따른 일반 및 동물복지 돈육의 품질특성 비교

Treatment ¹	Storage (day)				SEM ²	
	1	5	10	15		
Ultimate pH	C1	5.70 ^a	5.72	5.73 ^a	5.90 ^a	0.07
	C2	5.63 ^{ab}	5.66	5.69 ^{ab}	5.82 ^{ab}	0.06
	W1	5.50 ^{by}	5.53 ^y	5.53 ^{by}	5.65 ^{bx}	0.02
	W2	5.54 ^{ab}	5.54	5.55 ^b	5.69 ^b	0.05
	SEM	0.05	0.05	0.05	0.06	
WHC (%)	C1	74.78 ^{az}	80.14 ^{ay}	83.50 ^{xy}	87.04 ^x	1.66
	C2	70.57 ^{abw}	76.77 ^{abz}	82.18 ^y	86.39 ^x	1.35
	W1	69.13 ^{bw}	75.70 ^{abz}	79.38 ^y	84.28 ^x	1.14
	W2	67.07 ^{bz}	73.75 ^{by}	81.89 ^x	83.48 ^x	1.42
	SEM	1.58	1.33	1.36	1.34	
Cooking loss (%)	C1	11.78	12.44	11.61	11.05	0.82
	C2	13.38	13.07	12.87	10.05	0.93
	W1	13.25	13.61	12.33	12.55	0.48
	W2	13.70	14.10	12.14	12.74	0.48
	SEM	0.60	0.73	0.54	0.92	
Shear force (kg·f)	C1	4.50 ^x	3.32 ^y	3.03 ^y	2.95 ^y	0.23
	C2	4.73 ^x	3.30 ^y	3.38 ^y	2.65 ^y	0.26
	W1	5.40 ^x	3.91 ^y	3.15 ^y	2.92 ^y	0.31
	W2	4.91 ^x	3.92 ^y	3.23 ^z	2.57 ^z	0.24
	SEM	0.32	0.31	0.19	0.17	

¹ C1: a conventional farm 1, C2: a conventional farm 2,

W1: animal welfare farm not certified, W2: animal welfare certified

² SEM: standard error of means (n=10).

^{a-b} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-w} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(5) 항산화 활성 (TBARS, DPPH-radical 소거능)

- 일반적으로 식육 저장시 식육 내 존재하는 지방산이 분해되어 생성되는 malonaldehyde 와 2-thiobarbituric acid와 결합하여 생성되는 물질의 강도를 UV-spectrophotometer에 의해 측정된 값으로 값이 클수록 지방산패도가 크다는 것을 의미한다. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 는 분자내에 free radical을 가지고 있어 항산화 작용을 나타내는 tocopherol, ascorbate, BHA 등에 의해 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 전자 공여 능의 차이를 측정하는 데 사용된다.
- 일반 및 동물복지 돈육의 항산화 활성을 비교해본 결과[표 2-2-6], 지방의 산화 정도를 나타내는 TBARS 값은 저장 0일에서 모든 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 저장 기간이 경과 할수록 TBARS 값은 증가하였고, C2 가 가장 높은 값을 나타내었다. DPPH-radical 소거능 변화는 1 일에서 C1이 다른 처리구들에 비해 유의적으로 높은 값을 나타냈다. C1은 15일까지 가장 높은 항산화력을 나타냈지만, W2는 10일부터 가장 낮은 항산화력을 나타냈다. 저장기간이 지남에 따른 DPPH-radical 소거능 변화는 C2와 W1이 유의적으로 증가하였다. 하지만 이러한 결과는 사료와 사양방법, 사육기간 등 사양조건이 정확히 일치하지 않는 것이므로 추가적인 실험이 필요하다고 판단된다.

[표 2-2-6] 저장 기간에 따른 일반 및 동물복지 돈육의 항산화 활성 비교

Treatment ¹	Storage (day)				SEM ²	
	1	5	10	15		
TBARS (mg MDA/kg)	C1	0.05 ^z	0.04 ^{bz}	0.09 ^{by}	0.12 ^{bx}	0.01
	C2	0.05 ^z	0.07 ^{abz}	0.12 ^{ay}	0.15 ^{ax}	0.01
	W1	0.05 ^z	0.08 ^{ay}	0.08 ^{by}	0.12 ^{bx}	0.01
	W2	0.04 ^w	0.07 ^{abz}	0.10 ^{aby}	0.13 ^{abx}	0.01
	SEM	0.01	0.01	0.01	0.01	
DPPH (%)	C1	55.56 ^a	58.27 ^a	59.95 ^a	58.27 ^a	2.30
	C2	49.57 ^{by}	55.68 ^{abxy}	57.31 ^{abx}	54.16 ^{ax}	1.68
	W1	45.29 ^{by}	53.84 ^{abx}	51.94 ^{bcx}	52.43 ^{abx}	2.08
	W2	47.40 ^b	50.63 ^b	49.79 ^c	47.35 ^b	1.93
	SEM	2.13	1.74	1.91	1.87	

¹ C1: a conventional farm 1, C2: a conventional farm 2,

W1: animal welfare farm not certified, W2: animal welfare certified

² SEM: standard error of means (n=10).

^{a-c} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-w} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(6) 지방산 조성

○ 개별 지방산은 고기의 맛뿐만 아니라, 조리 중 열에 의한 지방 분해나 휘발성물질을 만듦으로써 풍미 형성에 중요한 역할을 한다. 일반 및 동물복지 돈육의 지방산 조성을 비교해본 결과(표 2-2-7), 가장 많은 비중을 차지 하고 있는 포화지방산은 palmitic acid (16:0) 와 stearic acid (18:0) 이고, 불포화지방산은 oleic acid (18:1) 와 linoleic acid (18:2)로 나타났다. stearic acid 는 C2, W2≤W1≤C1 순으로 나타났고, 식육에 가장 풍부한 단일 불포화지방산으로 식육의 맛과 향에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 oleic acid의 경우 C1이 다른 처리구들에 비해 유의적으로 낮은 함량을 나타냈다. linoleic acid 의 함량은 W2≤W1, C2≤C1 순으로 나타났다. 다가 불포화지방산으로 식육의 감칠맛(umami)에 관여하는 arachidonic acid (C20:4) 의 함량은 C1이 3.49% 로 다른 처리구들에 비해 높은 값을 나타내었다. 전체 포화 지방산 (SFA)은 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았지만 불포화지방산 (UFA)의 함량에서는 C1이 가장 낮은 값을 나타내었다. 단일 불포화지방산 (MUFA) 함량의 경우 C1이 가장 낮았지만, 다가불포화지방산 (PUFA) 함량에서는 C1이 가장 높았다. n-6/n-3 비율은 C2, W2≤W1≤C1으로 나타났다.

[표 2-2-7] 일반 및 동물복지 돈육의 지방산 조성 비교

Fatty acid	Treatment ¹				SEM ²
	C1	C2	W1	W2	
10:0	0.11	0.11	0.11	0.13	0.00
12:0	0.15 ^a	0.13 ^b	0.13 ^{ab}	0.11 ^c	0.01
14:0	1.53	1.46	1.45	1.40	0.05
16:0	22.93	22.89	23.21	22.96	0.34
16:1	3.07 ^b	3.53 ^{ab}	3.33 ^{ab}	3.73 ^a	0.15
18:0	11.33 ^a	10.10 ^b	10.72 ^{ab}	10.40 ^b	0.22
18:1t	0.29	0.36	0.30	0.27	0.02
18:1	38.31 ^b	42.54 ^a	42.70 ^a	44.38 ^a	0.67
18:2	12.78 ^a	10.97 ^{ab}	10.40 ^{ab}	9.36 ^b	0.59
18:3	0.58 ^b	0.68 ^a	0.63 ^{ab}	0.64 ^{ab}	0.02
20:2	0.34 ^a	0.34 ^a	0.30 ^b	0.26 ^c	0.01
20:3	0.41	0.31	0.33	0.32	0.03
20:4	3.49 ^a	2.40 ^b	2.24 ^b	2.20 ^b	0.31
24:1	0.45	0.30	0.32	0.37	0.04
SFA	36.05	34.68	35.60	34.98	0.50
UFA	59.32 ^b	61.42 ^a	60.53 ^a	61.52 ^a	0.38
MUFA	42.12 ^b	46.73 ^a	46.63 ^a	48.75 ^a	0.76
PUFA	17.19 ^a	14.69 ^{ab}	13.90 ^b	12.77 ^b	0.88
UFA/SFA	1.65	1.78	1.70	1.76	0.03
n-6/n-3	21.64 ^a	16.29 ^b	17.52 ^{ab}	15.05 ^b	1.49

¹ C1: a conventional farm 1, C2: a conventional farm 2,

W1: animal welfare farm not certified, W2: animal welfare certified

² SEM: standard error of means (n=10).

^{a-c} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(7) 유리아미노산

- 유리아미노산은 고기의 풍미에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있는데 각각의 아미노산이 단맛, 신맛, 짠맛, 쓴맛, 및 MSG와 같은 맛으로 구분된다고 하였으며, 유리아미노산 중 glycine, alanine, lysine, threonine 및 serine 은 단맛을 가지며 arginine, histidine, isoleucine, leucine, methionine, phenylalanine 및 valine은 쓴맛, glutamic acid와 aspartic acid는 우마미와 관련이 있다고 보고되어 있다. 일반 및 동물복지 돈육의 유리아미노산의 함량을 비교해본 결과(표 2-2-8~10), glutamic acid는 정미에 가장 크게 영향을 미치며, 우리나라 맛을 내는 정미성분으로 다른 정미성분과 공존할 시에 맛의 상승작용을 나타내는 중요한 정미성분이다. 우마미와 관련있는 glutamic acid의 함량은 일반농장 돈육이 동물복지형 농장의 처리구보다 유의적으로 많은 양을 함유하고 있음을 나타냈으며, aspartic acid에서는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 단맛과 관련이 있는 tasty A.A 함량은 1일차때 처리구간 유의적인 차이는 없었지만, 저장 10일에 동물복지형 농장의 돈육 W2가 일반농장 돈육보다 유의적으로 낮은 값을 나타냈다. 하지만 쓴맛을 나타내는 bitter A.A.에서는 동물복지형 농장 돈육이 일반농장 돈육에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타냈다. tasty AA / bitter AA의 비율은 처리구간 유의적인 차이는 없었지만 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 하지만 이러한 결과는 사료와 사양방법, 사육기간 등 사양조건이 정확히 일치하지 않는 것이므로 추가적인 실험이 필요하다고 판단된다.

[표 2-2-8] 일반 및 동물복지 돈육의 단맛 및 감칠맛 유리아미노산 함량 비교 (ppm)

Free amino acid	Treatment ¹	Days			SEM ²
		1	5	10	
Taurine (sour)	C1	18.62 ^x	20.16 ^x	15.43 ^y	0.74
	C2	19.05	20.24	17.79	1.61
	W1	20.12 ^x	16.91 ^y	16.48 ^y	0.81
	W2	21.70 ^x	19.29 ^x	15.02 ^y	1.18
	SEM	1.51	0.98	0.80	
Aspartic Acid (umami)	C1	10.12	10.43	11.26	0.72
	C2	7.71	9.34	10.19	1.00
	W1	9.12	8.75	9.26	0.56
	W2	9.82	10.30	9.00	0.59
	SEM	0.67	0.74	0.80	
Threonine	C1	5.71 ^{ay}	6.25 ^{ay}	7.95 ^{ax}	0.46
	C2	3.58 ^{by}	4.18 ^{by}	7.28 ^{abx}	0.53
	W1	3.94 ^{aby}	4.27 ^{by}	5.79 ^{bcx}	0.40
	W2	4.04 ^{ab}	3.83 ^b	5.23 ^c	0.45
	SEM	0.48	0.39	0.50	
Serine (very sweet)	C1	8.46 ^y	9.58 ^y	13.89 ^{ax}	0.87
	C2	5.63 ^y	8.03 ^y	12.30 ^{abx}	1.24
	W1	8.34	7.16	9.97 ^{bc}	1.94
	W2	5.69 ^y	6.24 ^y	8.90 ^{cx}	0.40
	SEM	1.75	0.92	0.88	
Asparagine (good)	C1	7.26 ^y	9.36 ^{axy}	11.73 ^{abx}	0.96
	C2	7.09 ^y	7.30 ^{by}	13.70 ^{ax}	0.89
	W1	6.81	7.59 ^b	11.03 ^{ab}	1.13
	W2	6.37 ^y	6.56 ^{by}	9.53 ^{bx}	0.58
	SEM	1.18	0.42	0.96	
Glutamic acid (umami)	C1	17.15 ^a	23.85 ^a	22.05 ^a	2.51
	C2	18.73 ^a	17.67 ^b	20.29 ^a	1.27
	W1	7.12 ^{by}	13.12 ^{bx}	15.74 ^{bx}	1.42
	W2	6.02 ^{by}	17.10 ^{bx}	14.44 ^{bx}	1.33
	SEM	2.14	1.62	1.38	
Glycine (very sweet)	C1	18.03	23.91 ^a	25.83 ^a	3.52
	C2	24.46	24.39 ^a	28.49 ^a	1.57
	W1	21.30	20.78 ^{ab}	23.32 ^a	1.31
	W2	17.18	17.76 ^b	17.02 ^b	0.99
	SEM	3.07	1.25	1.48	
Alanine (sweet)	C1	28.49	34.14 ^a	34.09 ^a	2.14
	C2	24.44	25.79 ^b	29.58 ^{ab}	2.18
	W1	29.03	27.81 ^b	29.55 ^{ab}	1.53
	W2	26.93	28.17 ^b	24.34 ^b	1.24
	SEM	2.35	1.37	1.59	

¹ C1: a conventional farm 1, C2: a conventional farm 2,

W1: animal welfare farm not certified, W2: animal welfare certified

² SEM; standard error of means (n=10).

^{a-c} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-y} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

[표 2-2-9] 일반 및 동물복지 돈육의 쓴맛 및 짠맛 유리아미노산 함량 비교 (ppm)

Free amino acid	Treatment ¹	Days			SEM ²
		1	5	10	
Valine (bitter)	C1	5.21	6.41 ^a	7.25 ^a	0.52
	C2	3.49 ^y	4.22 ^{by}	6.95 ^{abx}	0.46
	W1	3.84 ^y	4.27 ^{by}	5.88 ^{abx}	0.45
	W2	4.26	4.43 ^b	5.33 ^b	0.34
	SEM	0.53	0.39	0.45	
Methionine (bitter)	C1	4.92 ^{az}	6.38 ^{ay}	8.29 ^{ax}	0.33
	C2	3.25 ^{by}	3.21 ^{by}	7.53 ^{abx}	0.76
	W1	3.88 ^{aby}	4.55 ^{aby}	6.91 ^{bex}	0.30
	W2	3.81 ^{aby}	4.31 ^{aby}	6.13 ^{cx}	0.17
	SEM	0.38	0.59	0.33	
Isoleucine (very bitter)	C1	4.34 ^y	4.78 ^{ay}	6.21 ^{ax}	0.32
	C2	3.22 ^y	3.67 ^{by}	6.29 ^{ax}	0.40
	W1	3.50 ^y	3.90 ^{by}	5.20 ^{ax}	0.24
	W2	3.48 ^y	3.77 ^{by}	4.58 ^{bx}	0.16
	SEM	0.32	0.21	0.33	
Leucine (bitter)	C1	10.33 ^y	12.68 ^{ay}	16.23 ^{ax}	0.98
	C2	7.88 ^y	9.04 ^{by}	15.85 ^{ax}	0.90
	W1	8.50 ^y	9.48 ^{by}	13.22 ^{abx}	0.53
	W2	8.93 ^y	9.01 ^{by}	12.09 ^{bx}	0.47
	SEM	0.83	0.56	0.84	
Tyrosin	C1	5.97 ^{ay}	6.95 ^{ay}	8.72 ^{ax}	0.39
	C2	3.49 ^{by}	4.23 ^{by}	6.51 ^{bx}	0.37
	W1	4.53 ^{by}	4.64 ^{by}	6.64 ^{bx}	0.29
	W2	4.21 ^b	4.48 ^b	5.46 ^c	0.32
	SEM	0.45 ^b	0.24	0.30	
Phenylalanine (bitter)	C1	5.06 ^y	6.28 ^y	7.79 ^{ax}	0.41
	C2	4.32	7.16	7.00 ^a	1.48
	W1	5.01	4.50	5.92 ^b	0.50
	W2	5.37	4.56	5.75 ^b	0.34
	SEM	0.68	1.26	0.31	
Histidine (bitter)	C1	2.25 ^y	3.03 ^{ax}	3.66 ^{ax}	0.22
	C2	2.10 ^y	2.25 ^{aby}	3.52 ^{ax}	0.34
	W1	1.82	1.86 ^b	2.40 ^b	0.16
	W2	2.47	2.15 ^{ab}	2.52 ^b	0.24
	SEM	0.33	0.24	0.20	
Tryptophan	C1	48.05 ^x	48.00 ^x	39.00 ^y	1.54
	C2	45.27	45.40	41.71	2.51
	W1	49.53	43.61	41.33	2.69
	W2	54.85 ^x	48.31 ^x	37.96 ^y	2.72
	SEM	2.61	2.22	2.40	
Lysine (salty)	C1	6.39 ^y	7.63 ^{axy}	9.86 ^{ax}	0.74
	C2	5.06 ^y	5.50 ^{by}	9.19 ^{ax}	0.61
	W1	4.58 ^y	4.93 ^{by}	6.92 ^{bx}	0.31
	W2	4.45 ^y	4.24 ^{by}	5.93 ^{bx}	0.35
	SEM	0.56	0.44	0.58	

¹ C1: a conventional farm 1, C2: a conventional farm 2,

W1: animal welfare farm not certified, W2: animal welfare certified

² SEM: standard error of means (n=10).

^{a-c} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-y} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

[표 2-2-10] 일반 및 동물복지 돈육의 계열별 유리아미노산 비율 비교 (ppm)

Free amino acid	Treatment ¹	Days			SEM ²
		1	5	10	
Total free amino acid	C1	255.10	283.25 ^a	296.26 ^a	10.47
	C2	230.95 ^y	244.39 ^{bxy}	294.26 ^{ax}	15.99
	W1	237.71	230.33 ^b	261.83 ^{ab}	11.49
	W2	238.51	238.90 ^b	231.50 ^b	9.84
	SEM	13.58	10.65	12.16	
Tasty AA	C1	114.52	133.08	144.12 ^a	8.76
	C2	107.47	113.83	141.54 ^a	9.44
	W1	106.53	107.05	122.27 ^{ab}	5.91
	W2	98.16	109.64	104.16 ^b	4.62
	SEM	9.28	6.44	6.25	
Bitter AA	C1	30.50 ^y	36.87 ^{ay}	50.83 ^{ax}	2.32
	C2	23.79 ^y	28.09 ^{by}	49.94 ^{ax}	2.75
	W1	24.80 ^y	26.97 ^{by}	41.58 ^{bx}	1.48
	W2	24.93 ^y	26.94 ^{by}	39.95 ^{bx}	2.10
	SEM	2.44	1.66	2.44	
Tasty AA / bitter AA	C1	3.94	3.61	2.84	0.39
	C2	4.58 ^x	4.11 ^x	2.85 ^y	0.39
	W1	4.30 ^x	3.98 ^x	2.95 ^y	0.15
	W2	4.01 ^x	4.07 ^x	2.62 ^y	0.16
	SEM	0.46	0.20	0.10	

¹ C1: a conventional farm 1, C2: a conventional farm 2,

W1: animal welfare farm not certified, W2: animal welfare certified

² SEM; standard error of means (n=10).

^{a-b} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-y} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(8) creatine, creatinine, anserine, carnosine 함량

○ Creatine은 척추동물의 근육에 고에너지 인산결합물로 존재하며 근육활동에 관여하는 비단백태 질 소화합물이다. Dipeptide 중 anserine은 항산화력과 자유라디칼 및 금속이온 제거능과 관련이 있고, carnosine은 고기 특유의 맛에 관여하는 성분으로 구수한 맛과 관계가 있고, 고기를 가열하는 동안 맛의 향상에 관여한다고 알려져 있다. 또한, 항산화 활성을 가지는 carnosine을 근육 식품에 첨가하면 유통기한이 증가할 뿐만 아니라 좋은 색과 맛을 유지하는 것으로 알려져 있다. 일반 및 동물복지 돈육의 creatine, creatinine, anserine, carnosine의 함량을 비교해본 결과(표 2-2-11), 에너지 물질인 creatine은 C1에서 가장 많은 양이 측정되었으며 W2에서는 가장 낮은 함량을 나타냈다. 항산화력을 가진 anserine의 함량은 W1이 다른 처리구들에 비해 낮은 값을 나타냈고, carnosine은 W2가 다른 처리구들에 비해 유의적으로 높은 값을 나타냈다. 하지만 이러한 결과는 사료와 사양방법, 사육기간 등 사양조건이 정확히 일치하지 않는 것이므로 추가적인 실험이 필요하다고 판단된다.

[표 2-2-11] 일반 및 동물복지 돈육의 creatine, creatinine, anserine, carnosine 함량 비교

Treatment ¹	Creatine	Creatinine	Anserine	Carnosine
C1	238.65 ^a	2.62	4.07 ^a	117.02 ^b
C2	225.95 ^{ab}	2.70	4.16 ^a	117.03 ^b
W1	226.82 ^{ab}	2.83	3.21 ^b	112.95 ^b
W2	217.48 ^b	2.77	3.89 ^a	129.37 ^a
SEM ²	3.82	0.06	0.10	1.78

¹ C1: a conventional farm 1, C2: a conventional farm 2,

W1: animal welfare farm not certified, W2: animal welfare certified

² SEM: standard error of means (n=10).

^{a-b} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

2. 2차년도 연구결과

가. 공시재료 및 분석항목

(1) 공시재료

- 일반농장과 동물복지형 농장으로부터 출하된 돈육의 품질특성을 비교·분석하기 위하여 일반농장 2개소(1개소 S계열, 1개소 D계열)와 동물복지 농장 1개소(S계열)를 임의 선택하였다. C1과 WE는 품종계통과 사료가 동일한 경우이다. 각 처리구당 1등급 돼지 7두, 2등급 돼지 5두씩 출하된 돼지를 도축하여 시료를 확보하였다. (표 2-2-12~14). 모두 목표 체중인 110 kg에 도달된 거세돈으로서 임의 12두씩 동일 출하일에 선발하였다. 샘플로 이용된 모든 돼지는 동물복지형 도축장인 도드람 LPC(안성)에서 동일 날짜에 동물복지 표준 도축방법에 따라 도축하여 선진 가공장(안성)으로 운반하여 냉도체를 만들고 좌등심을 채취하여 진공포장 후 신속히 실험실로 운반하여 분석하였다.

[표 2-2-12] 처리구별 농장 및 사육형태

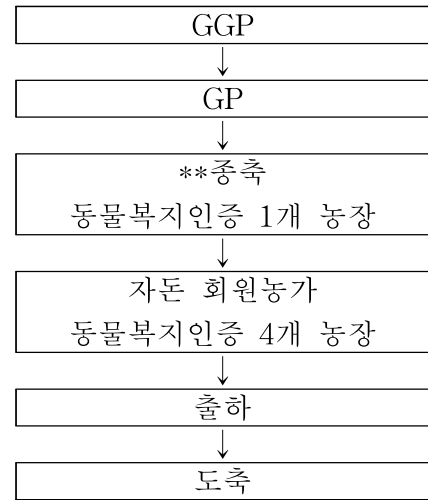
처리구	농장명	사육형태	도축장
C1	S계열	일반농장	도드람 LPC (동물복지형)
C2	D계열	일반농장	
WE	S계열	동물복지형	

[표 2-2-13] 일반 및 동물복지 농장의 사육밀도 기준

체중 (kg)	일반농장 (㎡)	복지농장 (㎡)		
	최소 소요 면적	최소 소요 면적	최소 휴식공간 면적	
10 이하	0.2	0.15	0.1	
10~20 미만		0.2	0.13	
20~30 미만		0.3	0.2	
30~60 미만		0.45	0.55	0.36
60 이상		0.8	1	0.66

[표 2-2-14] 일반 및 동물복지 농장의 인증 기준과 복지인증 농장 현황

동물복지농장	일반농장
돼지의 행동 욕구를 충족시킬 수 있도록 보조물 제공	X
발치, 단미 금지	X
조명도 최소 40 lux 이상	X
암모니아 농도 25 ppm 미만	X



(2) 육색

- 육색은 흑백 교정판에 의해 교정된 Colorimeter(CR-410, Minolta Co., Ltd., Japan)를 사용하여 절단된 시료의 표면에서 측정하였다. 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 CIE(Commission Internationale de Leclairage)로 측정하여 Spectra Magic Software(Minolta Co., Ltd., Japan)로 분석하였다. 각 시료는 3회 반복 측정하여 평균값으로 표시하였다.

(3) 일반성분, pH, 보수력

- 일반성분은 AOAC 표준법(1995)에 따라 분석하였다. 수분함량은 시료 3g을 알루미늄 접시에 담아 104℃ dry oven에서 항량이 될 때까지 건조시켜 무게를 측정하여 구하였고, 지방은 Folch 법을 일부 변형하였으며, 조단백질은 자동 Kjeldahi 장치 (Bunchi, K-370, Switzerland), 조회분은 회화로 (FPX-14, Hanil, Korea)에서 550℃로 5시간 동안 회화시킨 후 그 함량을 측정하여 백분율 (%)로 나타내었다.
- pH는 시료 2 g을 증류수 18 mL와 함께 균질기로 (Polytron PT10-35 GT, Kinematica AG, Luzern, Switzerland)로 11,000 rpm에서 1분간 균질 후 Whatman No. 4 여과지로 여과하여 각 시료의 여과액을 실온에서 pH meter (Seven Excellence™, METTLER TOLEDO, Switzerland)로 측정하였다.
- 보수력은 시료 5 g을 원심분리기 (Combi-514R, Hanil, Korea)로 1000 rpm에서 10 min, 5℃로 설정하여 원심분리 후 시료의 무게를 측정하였다.

$$\text{보수력 (\%)} = \frac{\text{수분함량}/100 \times (\text{시료의 채취량 (g)} - \text{탈수량 (g)})}{\text{수분함량}/100 \times \text{시료의 채취량 (g)}} \times 100$$

(4) 가열감량

- 가열감량은 배최장근을 시료로 하여 시료를 30 × 50 × 10 mm (가로 × 세로 × 높이) 의 크기로 절단하고 시료의 중심온도가 75°C가 되도록 가열하여 가열 전과 후 무게차이를 백분율 (%) 로 나타냈고, 계산식은 다음과 같다.

$$\text{가열감량 (\%)} = \frac{1 - \text{가열 후 등심육의 무게}}{\text{가열 전 등심육의 무게}} \times 100$$

(5) 전단력

- 배최장근을 시료로 하여 시료를 40 × 50 × 10 mm (가로 × 세로 × 높이) 의 크기로 절단하고 시료의 심부온도가 75°C가 되도록 가열하여 10 × 20 × 10 mm (가로 × 세로 × 높이) 의 크기로 절단하여, Textuer analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems, UK) 에 Warner-Bratzler blade를 장착하여 시료의 근섬유 결이 Blade에 직각이 되게 한 상태에서 전단력(단위는 kg*f)을 측정하였으며, 기기 조건은 pre-test speed 2.0 mm/s, test speed 2.0 mm/s, post-test speed 5.0 mm/s로 실시하였다.

(6) 항산화 실험 (antioxidant activity)

- 식육의 항산화 능력을 구하기 위해 TBARS 및 DPPH 라디칼 소거능을 분석하였다. 지방산패도는 TBARS(2-thiobarbituric acid-reactive substances) 측정방법(Ann 등 1998)에 따라 고기시료 5g에 증류수 15 mL를 50 mL 시험관에 섞어 균질화하였다. 고기 균질물 1 mL를 일회용 시험관(13 x 100 mm)에 옮겨 넣고 butylated hydroxytoluene(7.2% in ethanol, w/v) 50 μ L 와 thiobarbituric acid/trichloroacetic acid 용액(20 mM TBA/15%, w/v) 2 mL를 첨가하였다. 혼합물을 완전히 흔들어 섞은 뒤 95°C 항온수조에서 15분간 색깔을 발현시키고 10분간 식힌 후, 다시 섞어 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm, 5°C에서 15분간 원심분리한 후, 상층액을 531 nm에서 흡광도를 측정하였다. 증류수 1 mL 및 TBA/TCA 용액 2 mL를 혼합하여 blank로 하였으며, TBARS 양은 고기 샘플 kg당 malonedialdehyde(MDA)의 mg으로 표시하였다.
- DPPH (2,2-dephenyl-1-picrylhydrazyl) radical 소거능 활성은 시료 2 g에 증류수 18 mL을 가하여 균질기로 (Polytron PT10-35 GT, Kinematica AG, Luzern, Switzerland) 로 11,000 rpm에서 1분간 균질한 후 10분간 3,000 rcf에서 원심분리 하였다. 상층액 0.4 mL과 증류수 1.6 mL에 DPPH (0.2 mM in methanol) 용액 2 mL을 혼합하고 60분간 실온에서 암실 보관 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 ascorbic acid를 이용하였고, DPPH-radical scavenging activity를 아래의 식에 의해 값을 산출하였다.

$$\text{DPPH-radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Absorbance of control} - \text{Absorbance of sample}}{\text{Absorbance of control}} \times 100$$

(7) 지방산 조성

- Fatty acid methyl esters 분리를 위해 시료 1 g에 0.7 mL의 10 N KOH와 6.3 mL의 methanol을 섞어서 물의 온도가 55°C인 항온 수조에 넣은 후 가열시켰다. 1시간 30분 동안 가열하면서, 30분에 한 번씩 강하게 흔들어서 섞어준 다음, 미리 준비된 찬물에 1~2분간 냉각 후 0.58 mL의 24 N H₂SO₄를 넣었다. 그 후 다시 55°C의 항온 수조에서 1시간 30분 동안 가열하면서, 또다시 30분마다 한 번씩 강하게 흔들어서 주었다. 가열이 끝나면 준비된 찬물에 냉각 후 hexane을 3 mL를 첨가하여 5분간 3,000 rpm에서 원심분리(HANIL Combi- 514R, Incheon, Korea)하였다. Pasteur pipette을 이용하여 vial에 담은 후 gas chromatograph-flame ionization detector (Agilent 7890 series, Wilmington, USA)를 사용하여 지방산 분석을 다음과 같은 조건으로 실험하였다. Injector는 split ratio를 25:1로 한 split mode로서 온도를 250°C로 하였고, detector는 flame ionization detector로써 온도는 250°C이었다. Carrier gas로는 고순도 air, H₂, He을 사용하였으며, flow rate는 H₂는 40 mL/min, air는 400 mL/min으로 하였다. 분석을 위한 column은 HP-88(60 m × 250 μm × 0.2 mm)을 사용하였다.

(8) 유리 아미노산

- 지방을 제거한 마쇄한 시료 2 g에 2% TCA 용액 27 mL을 넣은 후 13,000 rpm에서 30초간 균질화한 후 17,000×g에서 15분간 원심분리 하였다. 상층액을 취하고 냉장조건에서 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 하였다. 상층액을 0.45 μm membrane filter로 여과한 다음 분석 시료로 사용하였다. 유리 아미노산의 분석은 자동아미노산 분석기(SYKAM, S433 A.A., Germany)로 하였으며 분석 조건은 column size 4.6×150 mm, resin Li⁺ form, lithium citrate buffer(pH 2.9, 4.2, 8.0), 유속은 0.45 mL/min, ninhydrin은 0.25 mL/min, column 온도는 37°C, 반응 온도는 110°C로 하였고 분석시간은 120 min 으로 하였다. 각각 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 표준물질의 처리 농도에 따른 면적 비율을 계산하여 mg/100 g로 나타내었다.

(9) creatine, creatinine, dipeptides

- 식육 내 creatine 및 di-peptide (carnosine, anserine) 함량은 Mora et al. (2007)의 방법을 이용하였다. 시료 2.5 g에 0.01N HCl 7.5 mL을 첨가하여 균질하였다. 균질 후 4°C에서 3,000×g으로 30분간 원심분리한 후 상층액을 Whatman Glass microfiber Filter GF/C를 이용하여 여과하였다. 여과액

250 uL를 acetonitrile 750 uL와 혼합하여 4°C에서 20분간 반응시켰다. 반응 후, 10,000×g에서 10분 동안 원심 분리한 후 상등액을 0.22 um membrane filter로 여과하여 HPLC (Agilent Infinity 1260 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA) 분석에 이용하였다. 분석 컬럼은 Atlantis HILIC silica column (150×4.6 mm, 3.0 um, Waters, USA)을 사용하였으며, 컬럼 온도는 35°C로 하였다. Creatine, anserine, carnosine은 214 nm에서 검출하였으며, creatinine은 236 nm에서 검출하였다. 이동상은 A 용매가 0.65 mM ammonium acetate/acetonitrile (pH 5.50, 35:75(v/v)), B 용매가 0.55 mM ammonium acetate/acetonitrile (pH 5.50, 70:30(v/v))로 B 용매를 1.4 mL/min의 유속으로 13분 동안 linear gradient (0~100%) 방법으로 분석하였다. 각각 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 표준물질의 처리 농도에 따른 면적 비율을 계산하여 mg/100 g로 나타내었다.

(10) 통계분석

- 실험 결과의 분석은 SAS 프로그램(Version 9.3 SAS Institute Inc., NC, USA)의 general linear model procedure을 수행하고 one-way ANOVA 분산분석 후 유의적인 차이를 보일 때 평균값 간의 유의성 검정($p < 0.05$)을 위해 Student-Newman-Keuls의 다중검정법을 이용하여 통계 분석하였다. 결과는 평균값과 처리구간의 표준오차인 standard error of the means (SEM) 로 표시하였다.

나. 실험 결과

(1) 육색

- 육색은 소비자들이 식육 및 육가공품을 구매하는 데 있어 매우 중요한 척도이다. 육색에 영향을 미치는 근육 내 요인은 사후 해당작용, 근내지방 함량, 마이오글로빈 함량, 육색소의 산화 상태 등이 있으며, 일반적으로 소비자들은 적색도가 높고 황색보다 부드러운 백색지방을 선호하는 것으로 알려져 있다. 일반 및 동물복지 돈육의 육색을 비교해본 결과(표 2-2-15), 1일차 때 명도(Lightness)와 적색도(Redness), 황색도(Yellowness) 모두 정상범위 수치를 나타냈다. 모든 처리구에서 저장 기간이 지남에 따라 일정하지는 않지만 명도와 황색도가 증가하는 경향을 보였다. 저장 기간 동안 동물복지 처리구인 WE가 명도와 황색도에서 가장 높은 값을 보였지만 적색도에서는 저장 기간이 지남에 따라 크게 감소하여 가장 낮은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 낮은 pH가(표. 2-2-17 참조) 명도에 영향을 끼쳤을 것이라고 생각된다.

[표 2-2-15] 저장 기간에 따른 일반 및 동물복지 돈육의 육색 비교

Treatment ¹	Storage (day)				SEM ²	
	1	5	10	15		
L*	C1	54.88 ^b	54.38 ^a	54.57	56.27 ^b	0.60
	C2	52.53 ^c	51.94 ^b	52.61	54.18 ^c	0.96
	WE	57.58 ^{axy}	54.65 ^{ay}	55.68 ^y	59.44 ^{ax}	1.07
	SEM	0.86	0.80	1.66	0.84	
a*	C1	17.21 ^{ax}	15.66 ^{ay}	15.34 ^y	15.69 ^{ay}	0.32
	C2	15.98 ^b	15.83 ^a	16.18	16.34 ^a	0.39
	WE	17.17 ^{ax}	14.53 ^{bz}	15.60 ^y	13.71 ^{bz}	0.36
	SEM	0.37	0.39	0.52	0.44	
b*	C1	6.22 ^{ay}	5.79 ^y	6.47 ^{by}	9.40 ^{ax}	0.32
	C2	5.31 ^{by}	5.49 ^y	5.71 ^{by}	7.57 ^{bx}	0.42
	WE	6.76 ^{az}	5.81 ^z	8.35 ^{ay}	10.58 ^{ax}	0.45
	SEM	0.28	0.38	0.72	0.48	

¹ C1: a conventional farm (S), C2: a conventional farm (D), WE: animal welfare farm (S)

² SEM; standard error of means (n=12).

^{a-c} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-z} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(2) 일반성분

- 일반 및 동물복지 돈육의 일반성분을 비교해본 결과(표 2-2-16), 수분함량에서 C1이 가장 낮은 값을 나타내었지만 같은 업체 동물복지 처리구인 WE와 비교하여 큰 수치는 아니었다. 단백질, 지방, 회분 함량에서는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았지만 WE가 C1에 비해 상대적으로 낮은 지방함량을 나타냈다.

[표 2-2-16] 일반 및 동물복지 돈육의 일반성분(%) 비교

	Treatment ¹			SEM ²
	C1	C2	WE	
Moisture	73.29 ^b	74.67 ^a	73.81 ^{ab}	0.36
Protein	21.67	21.68	21.32	0.37
Fat	4.01	3.72	3.33	0.34
Ash	1.11	1.09	1.09	0.02

¹ C1: a conventional farm (S), C2: a conventional farm (D), WE: animal welfare farm (S)

² SEM; standard error of means (n=12).

^{a-b} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(3) pH, 보수력, 가열감량, 전단력

○ pH는 식육의 색상에 영향을 줄 뿐 아니라 보수력과도 밀접한 관계를 가지고 있어 식육의 품질에 영향을 미치는 주요 인자 중 하나이다. 일반 및 동물복지 돈육의 pH, 보수력을 비교해본 결과(표 2-2-17), pH에서는 모든 처리구에서 저장 기간 10일 동안 점차적으로 값이 상승하였지만 15일 때 pH가 유의적으로 감소하였다. 동물복지 처리구인 WE는 저장 기간 동안 같은 업체 일반농장 처리구인 C1에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. C2는 다른 처리구들에 비해 유의적으로 높은 pH 값을 나타내었는데 이는 사료, 사양방법, 사육조건 및 사육 기간에 따른 차이라고 사료된다. pH와 보수력은 높은 상관관계가 있는 것으로 알려져 있다. 본 실험 결과 pH 값이 높은 C2의 보수력이 가장 높게 측정되었고 WE가 가장 낮은 보수력을 나타내어 pH와 보수력과의 상관관계가 확인되었다. 모든 처리구에서 저장 기간이 경과함에 따라 보수력이 상승하였는데 이는 보수력의 상승이 아닌 수분의 삼출이 원인이라고 사료된다. 가열감량은 저장 기간 동안 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았지만 10일 때 C2가 유의적으로 낮은 감량을 보였다. 식육의 연도는 수분과 지방의 양, 결체조직의 양과 화학적 상태 그리고 actomyosin 의 효과에 의해 변할 수 있으며 근질의 길이와도 관계가 있으나 무엇보다도 수분의 양과 관련된 보수력과 밀접한 연관을 갖는다. 연도와 관련이 있는 전단력에서는 처리구간 유의적인 차이는 없었으며, 저장 기간이 경과함에 따라 전단가가 낮아지는 경향을 보였다.

[표 2-2-17] 저장 기간에 따른 일반 및 동물복지 돈육의 품질특성 비교

Treatment ¹	Storage (day)				SEM ²	
	1	5	10	15		
pH	C1	5.52 ^{by}	5.64 ^{bx}	5.68 ^{bx}	5.49 ^{by}	0.04
	C2	5.75 ^{axy}	5.80 ^{ax}	5.82 ^{ax}	5.68 ^{ay}	0.03
	WE	5.53 ^{bx}	5.53 ^{cx}	5.54 ^{cx}	5.33 ^{cy}	0.02
	SEM	0.04	0.04	0.04	0.05	
WHC	C1	70.24 ^{bz}	75.06 ^{aby}	77.15 ^{by}	83.43 ^{ax}	1.05
	C2	77.33 ^{ay}	79.22 ^{ay}	86.22 ^{ax}	85.44 ^{ax}	1.36
	WE	70.56 ^{bz}	72.47 ^{bz}	76.22 ^{by}	79.75 ^{bx}	1.12
	SEM	1.34	1.78	1.37	1.05	
Cooking loss	C1	20.18	20.46	20.81 ^a	19.00	0.94
	C2	19.11	18.99	16.58 ^b	20.04	1.31
	WE	20.44	20.79	20.47 ^a	23.14	0.84
	SEM	1.01	1.01	1.25	1.48	
Shear force	C1	4.43	4.23	3.80	3.97	0.24
	C2	5.02 ^x	4.34 ^{xy}	3.66 ^y	3.69 ^y	0.32
	WE	4.80	4.46	4.21	4.15	0.30
	SEM	0.39	0.35	0.32	0.33	

¹ C1: a conventional farm (S), C2: a conventional farm (D), WE: animal welfare farm (S)

² SEM; standard error of means (n=12).

^{a-c} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-z} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(4) 항산화 활성 (TBARS, DPPH-radical 소거능)

○ 일반적으로 식육 저장 시 식육 내 존재하는 지방산이 분해되어 생성되는 malonaldehyde 와 2-thiobarbituric acid와 결합하여 생성되는 물질의 강도를 UV-spectrophotometer에 의해 측정된 값으로 값이 클수록 지방산패도가 크다는 것을 의미한다. DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 는 분자내에 free radical을 가지고 있어 항산화 작용을 나타내는 tocopherol, ascorbate, BHA 등에 의해 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 전자 공여 능의 차이를 측정하는 데 사용된다.

일반 및 동물복지 돈육의 항산화 활성을 비교해본 결과(표 2-2-18), 지방의 산화 정도를 나타내는 TBARS 값은 저장 기간 동안 모든 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 10일 때 WE처리구가 유의적으로 높은 지방산패도 값을 나타냈다. 저장 기간이 경과 할수록 TBARS 값은 증가하였고, 저장 기간 10일 이후부터 WE의 값이 급격히 상승하였다. DPPH-radical 소거능 변화는 1일에서 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, WE는 10일부터 가장 낮은 항산화력을 나타냈다. 저장 기간이 지남에 따른 DPPH-radical 소거능 변화는 모든 처리구에서 점차적으로 감소하였고 TBARS의 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

[표 2-2-18] 저장 기간에 따른 일반 및 동물복지 돈육의 항산화 활성 비교

Treatment ¹	Storage (day)				SEM ²	
	1	5	10	15		
TBARS	C1	0.09 ^z	0.13 ^y	0.15 ^{bxy}	0.17 ^x	0.01
	C2	0.11 ^y	0.11 ^y	0.17 ^{bx}	0.18 ^x	0.01
	WE	0.11 ^y	0.12 ^y	0.22 ^{ax}	0.23 ^x	0.01
	SEM	0.01	0.02	0.02	0.02	
DPPH	C1	49.59	48.39 ^b	47.41 ^{ab}	43.28 ^a	2.11
	C2	53.44 ^x	54.38 ^{ax}	50.67 ^{ax}	46.56 ^{ay}	1.26
	WE	48.93 ^x	47.53 ^{bx}	44.34 ^{bx}	39.49 ^{by}	1.58
	SEM	3.35	1.92	1.77	1.45	

¹ C1: a conventional farm (S), C2: a conventional farm (D), WE: animal welfare farm (S)

² SEM; standard error of means (n=12).

^{a-b} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-z} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(5) 지방산 조성

- 개별 지방산은 고기의 맛뿐만 아니라, 조리 중 열에 의한 지방 분해나 휘발성 물질을 만듦으로써 풍미 형성에 중요한 역할을 한다. 일반 및 동물복지 돈육의 지방산 조성을 비교해본 결과(표 2-2-19), 가장 많은 비중을 차지 하고 있는 포화지방산은 palmitic acid (16:0) 와 stearic acid (18:0) 이고, 불포화지방산은 oleic acid (18:1) 와 linoleic acid (18:2)로 나타났다. Palmitic acid에서는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았고 stearic acid의 경우 C2가 낮은 함량을 나타냈는데 이는 업체간의 사료에 의한 차이 라고 사료된다. 식육에 가장 풍부한 단일 불포화지방산으로 식육의 맛과 향에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 oleic acid의 경우 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Linoleic acid에서는 도드람 돈육인 C2가 선진 돈육인 C1과 WE에 비해 높은 함량을 나타냈다. 다가 불포화지방산으로 식육의 감칠맛(umami)에 관여하는 arachidonic acid (C20:4) 의 함량은 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 전체 포화지방산 (SFA)는 C2가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮은 함량을 나타냈지만, 불포화지방산 (UFA)의 함량에서는 가장 높은 값을 나타내었다. 단일 불포화지방산 (MUFA)과 다가불포화지방산 (PUFA) 함량에서는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. n-6/n-3 비율은 C1과 WE가 C2에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내어 긍정적인 결과를 나타냈다. 동물복지로 인한 지방산 조성의 변화는 미미한 것으로 생각되며, 이러한 지방산의 결과들은 동물복지와 일반농장 간의 차이가 아닌 업체 간의 사료와 사양 방법, 사육 기간 등 사양 조건이 달라 차이가 난 것으로 사료된다.

(6) 유리아미노산

- 유리아미노산은 고기의 풍미에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있는데 각각의 아미노산이 단맛, 신맛, 짠맛, 쓴맛, 및 MSG와 같은 맛으로 구분된다고 하였으며, 유리아미노산 중 glycine, alanine, lysine, threonine 및 serine 은 단맛을 가지며 arginine, histidine, isoleucine, leucine, methionine, phenylalanine 및 valine은 쓴맛, glutamic acid와 aspartic acid는 우마미와 관련이 있다고 보고되어 있다. glutamic acid는 정미에 가장 크게 영향을 미치며, 우리나라 맛을 내는 정미성분으로 다른 정미성분과 공존할 시에 맛의 상승작용을 나타내는 중요한 정미성분이다. 일반 및 동물복지 돈육의 유리아미노산의 함량을 비교해본 결과(표 2-2-20~22), 우마미와 관련 있는 glutamic acid의 함량은 저장기간 동안 일반농장 돈육 (C1)이 동물복지형 농장의 처리구(WE)보다 유의적으로 많은 양을 함유하고 있음을 나타냈으며, aspartic acid에서는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 단맛과 관련이 있는 tasty AA 함량은 저장 기간 동안 처리구간 유의적인 차이는 없었지만, C2가 다른 처리구에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타냈다. 쓴맛을 나타내는 bitter AA에서는 저장 기간에 따른 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. tasty AA / bitter AA의 비율은 처리구간 유의적인 차이는 없었지만 저장 기간이 경과함에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 동물복지로 인한 유리아미노산 조성의 변화는 미미한 것으로 생각되며, 이러한 유리아미노산의 결과들은 동물복지와 일반농장 간의 차이가 아닌 업체 간의 사료와 사양방법, 사육기간 등 사양 조건이 달라 차이가 난 것으로 사료된다.

[표 2-2-19] 일반 및 동물복지 돈육의 지방산 조성(%) 비교

Fatty acid	Treatment ¹			SEM ²
	C1	C2	WE	
10:0	0.11	0.13	0.12	0.01
12:0	0.09 ^c	0.12 ^a	0.10 ^b	0.00
14:0	1.29	1.49	1.47	0.10
16:0	24.63	23.40	24.52	0.43
16:1	2.97 ^b	3.73 ^a	3.28 ^a	0.13
18:0	12.70 ^a	11.02 ^b	12.04 ^a	0.38
18:1	42.86	41.24	42.26	0.66
18:2	8.08 ^b	10.18 ^a	8.52 ^b	0.63
18:3	0.70	0.67	0.74	0.03
20:2	0.24 ^b	0.30 ^a	0.28 ^a	0.01
20:3	0.20	0.15	0.22	0.02
20:4	1.64	2.03	1.95	0.25
24:1	0.29	0.32	0.34	0.04
SFA	38.82 ^a	36.15 ^b	38.25 ^a	0.76
UFA	57.33 ^b	59.01 ^a	57.93 ^{ab}	0.49
MUFA	46.47	45.69	46.22	0.71
PUFA	10.86	13.32	11.72	0.88
UFA/SFA	1.48 ^b	1.64 ^a	1.52 ^b	0.04
n-6/n-3	11.92 ^b	15.74 ^a	11.59 ^b	1.28

¹ C1: a conventional farm (S), C2: a conventional farm (D), WE: animal welfare farm (S)

² SEM; standard error of means (n=12).

^{a-c} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

[표 2-2-20] 일반 및 동물복지 돈육의 단맛 및 감칠맛 유리아미노산 함량 비교 (mg/100 g)

Free amino acid	Treatment ¹	Storage (day)				SEM ²
		1	5	10	15	
Taurine	C1	146.95 ^{bz}	186.22 ^{aby}	215.03 ^{abx}	169.39 ^{yz}	8.99
	C2	200.53 ^a	215.28 ^a	244.34 ^a	215.34	19.83
	WE	141.03 ^{by}	149.41 ^{by}	188.14 ^{bx}	155.32 ^y	9.81
	SEM	12.50	12.72	13.58	16.05	
Aspartic Acid	C1	100.14 ^y	104.59 ^y	107.69 ^y	145.55 ^x	6.33
	C2	80.92 ^z	86.62 ^z	132.02 ^y	174.12 ^x	5.63
	WE	92.33 ^y	99.59 ^y	122.22 ^y	149.33 ^x	8.43
	SEM	6.53	5.48	4.83	9.71	
Threonine	C1	37.51 ^z	45.35 ^z	81.44 ^y	128.94 ^x	6.55
	C2	38.87 ^z	56.20 ^z	79.96 ^y	131.00 ^x	6.09
	WE	33.38 ^z	42.28 ^z	71.68 ^y	100.80 ^x	3.91
	SEM	2.60	5.38	3.79	8.77	
Serine	C1	51.56 ^z	65.26 ^z	140.86 ^y	213.24 ^x	12.12
	C2	52.44 ^w	81.17 ^z	139.44 ^y	210.88 ^x	7.05
	WE	45.81 ^w	68.98 ^z	120.99 ^y	166.05 ^x	6.04
	SEM	4.97	5.11	8.18	13.88	
Asparagine	C1	50.45 ^v	51.27 ^v	121.96 ^x	139.41 ^x	14.02
	C2	53.25 ^v	57.34 ^v	130.71 ^x	148.05 ^x	14.63
	WE	55.08 ^v	59.09 ^v	107.57 ^x	126.16 ^x	10.15
	SEM	4.15	3.20	14.88	20.88	
Glutamic acid	C1	44.92 ^{az}	115.70 ^{ay}	150.08 ^{ax}	152.96 ^{bx}	5.39
	C2	30.55 ^{bw}	82.23 ^{bz}	160.65 ^{ay}	232.18 ^{ax}	9.14
	WE	30.44 ^{by}	95.53 ^{bx}	115.59 ^{bx}	122.39 ^{cx}	8.47
	SEM	3.49	6.50	10.15	9.39	
Glycine	C1	168.40 ^z	166.57 ^{bz}	205.76 ^y	282.94 ^{abx}	10.58
	C2	179.92 ^z	197.09 ^{ayz}	234.24 ^y	316.22 ^{ax}	13.66
	WE	168.78 ^z	167.23 ^{bz}	197.20 ^y	257.68 ^{bx}	5.11
	SEM	6.00	5.56	12.80	14.21	
Alanine	C1	220.44 ^z	239.21 ^z	333.83 ^{aby}	424.90 ^{bx}	16.69
	C2	244.03 ^z	294.24 ^z	390.23 ^{ay}	519.33 ^{ax}	26.16
	WE	239.92 ^y	242.58 ^y	300.65 ^{by}	392.76 ^{bx}	18.07
	SEM	18.89	17.83	22.86	22.84	

¹ C1: a conventional farm (S), C2: a conventional farm (D), WE: animal welfare farm (S)

² SEM; standard error of means (n=12).

^{a-c} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-w} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

[표 2-2-21] 일반 및 동물복지 돈육의 쓴맛 및 짠맛 유리아미노산 함량 비교 (mg/100 g)

Free amino acid	Treatment ¹	Storage (day)				SEM ²
		1	5	10	15	
Valine	C1	42.27 ^z	46.53 ^z	77.90 ^y	111.57 ^x	7.20
	C2	38.23 ^y	49.76 ^y	102.31 ^x	130.72 ^x	9.92
	WE	45.23 ^z	55.16 ^z	76.92 ^y	101.98 ^x	6.19
	SEM	5.40	6.03	10.52	8.68	
Methionine	C1	29.87 ^z	39.29 ^z	72.91 ^y	114.85 ^x	5.09
	C2	25.44 ^z	40.30 ^z	89.25 ^y	120.11 ^x	7.86
	WE	31.31 ^w	46.60 ^z	79.58 ^y	111.61 ^x	3.90
	SEM	2.85	3.75	8.84	6.07	
Isoleucine	C1	26.73 ^z	30.65 ^z	53.09 ^y	83.46 ^x	3.74
	C2	25.57 ^y	34.67 ^y	75.20 ^x	91.18 ^x	7.47
	WE	27.02 ^y	36.64 ^y	58.32 ^x	69.90 ^x	5.32
	SEM	2.45	3.59	8.93	5.68	
Leucine	C1	71.59 ^z	83.25 ^z	159.19 ^y	228.68 ^x	13.15
	C2	69.33 ^z	101.47 ^z	179.10 ^y	242.47 ^x	14.18
	WE	69.91 ^z	94.18 ^z	152.29 ^y	200.68 ^x	11.60
	SEM	7.21	9.79	17.30	15.19	
Tyrosin	C1	36.55 ^z	45.64 ^z	85.79 ^y	125.27 ^x	7.98
	C2	36.75 ^y	56.10 ^y	99.70 ^x	124.97 ^x	8.93
	WE	37.27 ^z	50.30 ^z	75.27 ^y	109.38 ^x	4.51
	SEM	3.41	4.91	10.32	8.74	
Phenylalanine	C1	42.04 ^z	45.46 ^z	81.14 ^y	110.89 ^x	5.61
	C2	35.24 ^z	51.55 ^z	82.71 ^y	120.72 ^x	7.16
	WE	38.65 ^w	48.95 ^z	72.12 ^y	98.32 ^x	3.16
	SEM	2.85	4.18	6.95	7.06	
Histidine	C1	27.14 ^{aby}	22.79 ^{ay}	35.69 ^x	17.31 ^y	2.71
	C2	34.39 ^{ax}	7.52 ^{by}	46.15 ^x	16.47 ^y	5.10
	WE	22.29 ^{by}	19.06 ^{ay}	35.75 ^x	14.71 ^y	4.03
	SEM	3.04	2.19	7.07	1.46	
Tryptophan	C1	672.65 ^y	606.40 ^y	472.70 ^z	923.00 ^x	30.85
	C2	627.23	736.90	536.05	750.21	65.18
	WE	639.21 ^y	650.13 ^y	588.39 ^y	967.16 ^x	70.92
	SEM	61.46	43.31	58.90	67.22	
Lysine	C1	408.74 ^{by}	414.93 ^y	417.12 ^{ay}	579.56 ^x	14.05
	C2	461.04 ^{ay}	455.89 ^y	376.85 ^{by}	661.52 ^x	45.63
	WE	422.79 ^{by}	425.83 ^y	405.23 ^{ay}	592.29 ^x	17.15
	SEM	8.22	52.35	7.38	23.86	

¹ C1: a conventional farm (S), C2: a conventional farm (D), WE: animal welfare farm (S)

² SEM; standard error of means (n=12).

^{a-b} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-w} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

[표 2-2-22] 일반 및 동물복지 돈육의 계열별 유리아미노산 비율 비교 (mg/100 g)

Free amino acid	Treatment ¹	Storage (day)				SEM ²
		1	5	10	15	
Total	C1	2177.98 ^z	2309.10 ^z	2812.20 ^y	3951.92 ^{abx}	79.72
	C2	2233.73 ^z	2604.32 ^z	3098.93 ^y	4205.48 ^{ax}	154.85
	WE	2140.46 ^z	2351.55 ^z	2767.91 ^y	3736.53 ^{bx}	121.11
	SEM	104.83	124.87	146.20	109.74	
Tasty AA	C1	1044.66 ^z	1157.53 ^z	1477.31 ^y	1938.55 ^{bx}	54.46
	C2	1102.16 ^z	1254.57 ^z	1564.14 ^y	2262.30 ^{ax}	78.91
	WE	1055.15 ^z	1158.83 ^z	1369.45 ^y	1806.66 ^{bx}	36.67
	SEM	37.99	66.51	54.30	72.35	
Bitter AA	C1	239.65 ^z	267.97 ^z	479.92 ^y	666.76 ^x	35.02
	C2	228.20 ^z	285.26 ^z	574.73 ^y	721.67 ^x	48.98
	WE	234.43 ^z	300.60 ^z	474.98 ^y	597.20 ^x	30.04
	SEM	19.34	26.81	57.17	40.94	
Tasty AA / Bitter AA	C1	4.48 ^x	4.47 ^x	3.14 ^y	2.93 ^y	0.32
	C2	4.94 ^x	4.51 ^x	2.85 ^y	3.15 ^y	0.30
	WE	4.60 ^x	3.93 ^x	2.93 ^y	3.07 ^y	0.23
	SEM	0.36	0.37	0.19	0.15	

¹ C1: a conventional farm (S), C2: a conventional farm (D), WE: animal welfare farm (S)

² SEM; standard error of means (n=12).

^{a-b} Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-z} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(7) creatine, creatinine, dipeptides 함량

- Creatine은 척추동물의 근육에 고에너지 인산결합물로 존재하며 근육활동에 관여하는 비단백태 질소화합물이다. Dipeptide 중 anserine은 항산화력과 자유라디칼 및 금속이온 제거능과 관련이 있고, carnosine은 고기 특유의 맛에 관여하는 성분으로 구수한 맛과 관계가 있고, 고기를 가열하는 동안 맛의 향상에 관여한다고 알려져 있다. 또한, 항산화 활성을 가지는 carnosine을 근육 식품에 첨가하면 유통기한이 증가할 뿐만 아니라 좋은 색과 맛을 유지하는 것으로 알려져 있다. 일반 및 동물복지 돈육의 creatine, creatinine, anserine, carnosine의 함량을 비교해본 결과(표 2-12), creatine과 anserine의 함량에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Creatine 대사의 최종산물인 creatinine의 함량은 C1이 가장 높은 값을 보였다. carnosine의 함량에서는 WE가 다른 처리구들에 비해 유의적으로 낮은 값을 보였으나 같은 업체인 C1과 비교하여 큰 수치는 아니었다. 이러한 결과는 처리구간 사료와 사양방법, 사육기간 등 사양조건들이 달라 차이를 보인 것으로 사료된다.

[표 2-2-23] 일반 및 동물복지 돈육의 creatine, creatinine, anserine, carnosine 함량 비교

	Treatment ¹			SEM ²
	C1	C2	WE	
Creatine	384.66	379.64	390.60	3.18
Creatinine	5.44 ^a	5.29 ^{ab}	5.12 ^b	0.06
Anserine	5.07	5.59	5.09	0.30
Carnosine	213.65 ^{ab}	227.35 ^a	212.93 ^b	3.78

¹ C1: a conventional farm (S), C2: a conventional farm (D), WE: animal welfare farm (S)

² SEM; standard error of means (n=12).

^{a-b} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

3. 3차년도 연구결과

가. 공시재료 및 분석항목

(1) 공시재료

- 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 품질특성을 비교·분석하기 위하여 동물복지형 농장을 1개소를 선정하였다. 총 24두의 동물복지 돼지는 모두 목표 체중인 110 kg에 도달된 거세돈으로 동일한 조건으로 사육되었으며 임의 12두씩 선발하였다. 샘플로 이용된 모든 돼지는 동물복지형 도축장인 도드람 LPC (안성)에서 동물복지 표준 도축방법에 따라 도축하였고, 계류시간 추가 처리구는 계류장에서 24시간 추가 계류 후 도축하였다. (표 2-2-24). 도축된 돼지들은 선진 가공장 (안성)으로 운반하여 냉도체를 만들고 도체중 및 등지방 두께를 측정후 뒤 좌등심을 채취하여 진공포장 후 신속히 실험실로 운반하여 분석을 실시하였다.

[표 2-2-24] 처리구별 계류시간의 차이

처리구	계류시간	농장	도축장
Control	운송 당일 계류 없이	동물복지형 농장 (S계열)	도드람 LPC (동물복지형)
Lairage	24시간 추가 계류		

(2) 육색

- 육색은 흑백 교정판에 의해 교정된 Colorimeter(CR-410, Minolta Co., Ltd., Japan)를 사용하여 절단된 시료의 표면에서 측정하였다. 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 CIE(Commission Internationale de Leclairage)로 측정하여 Spectra Magic Software(Minolta Co., Ltd., Japan)로 분석하였다. 각 시료는 3회 반복 측정하여 평균값으로 표시하였다.

(3) 일반성분, pH, 보수력

- 일반성분은 AOAC 표준법(1995)에 따라 분석하였다. 수분함량은 시료 3g을 알루미늄 접시에 담아 104℃ dry oven에서 항량이 될 때까지 건조시켜 무게를 측정하여 구하였고, 조단백질은 자동 Kjeldahi 장치 (Bunchi, K-370, Switzerland), 조회분은 회화로 (FPX-14, Hanil, Korea)에서 550℃로 5시간 동안 회화시킨 후 그 함량을 측정하여 백분율 (%) 로 나타내었다.
- pH는 시료 2 g을 증류수 18 mL와 함께 균질기로 (Polytron PT10-35 GT, Kinematica AG, Luzern,

Switzerland) 로 11,000 rpm에서 1분간 균질 후 Whatman No. 4 여과지로 여과하여 각 시료의 여과액을 실온에서 pH meter (Seven Excellence™, METTLER TOLEDO, Switzerland)로 측정하였다.

보수력은 시료 5 g을 원심분리기 (Combi-514R, Hanil, Korea) 로 1000 rpm에서 10 min, 5°C로 설정하여 원심분리 후 시료의 무게를 측정하였다.

$$\text{보수력 (\%)} = \frac{[\text{수분함량}/100 \times (\text{시료의 채취량 (g)} - \text{탈수량 (g)})]}{\text{수분함량}/100 \times \text{시료의 채취량 (g)}} \times 100$$

(4) 가열감량

- 가열감량은 배최장근을 시료로 하여 시료를 30 × 50 × 10 mm (가로 × 세로 × 높이) 의 크기로 절단하고 시료의 중심온도가 75°C가 되도록 가열하여 가열 전과 후 무게차이를 백분율 (%) 로 나타냈고, 계산식은 다음과 같다.

$$\text{가열감량 (\%)} = \frac{1 - \text{가열 후 등심육의 무게}}{\text{가열 전 등심육의 무게}} \times 100$$

(5) 전단력

- 배최장근을 시료로 하여 시료를 40 × 50 × 10 mm (가로 × 세로 × 높이) 의 크기로 절단하고 시료의 심부온도가 75°C가 되도록 가열하여 10 × 20 × 10 mm (가로 × 세로 × 높이) 의 크기로 절단하여, Textuer analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems, UK) 에 Warner-Bratzler blade를 장착하여 시료의 근섬유 결이 Blade에 직각이 되게 한 상태에서 전단력(단위는 kg*f)을 측정하였으며, 기기 조건은 pre-test speed 2.0 mm/s, test speed 2.0 mm/s, post-test speed 5.0 mm/s로 실시하였다.

(6) 항산화 실험 (antioxidant activity)

- 식육의 항산화 능력을 구하기 위해 TBARS 및 DPPH 라디칼 소거능을 분석하였다. 지방산패도는 TBARS(2-thiobarbituric acid-reactive substances) 측정방법(Ann 등 1998)에 따라 고기시료 5g에 증류수 15 mL를 50 mL 시험관에 섞어 균질화하였다. 고기 균질물 1 mL를 일회용 시험관(13 x 100 mm)에 옮겨 넣고 butylated hydroxytoluene(7.2% in ethanol, w/v) 50 μL 와 thiobarbituric acid/trichloroacetic acid 용액(20 mM TBA/15%, w/v) 2 mL를 첨가하였다. 혼합물을 완전히 흔들어 섞은 뒤 95°C 항온수조에서 15분간 색깔을 발현시키고 10분간 식힌 후, 다시 섞어 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm, 5°C에서 15분간 원심분리한 후, 상층액을 531 nm에서 흡광도를 측정하였다. 증류수 1 mL 및 TBA/TCA 용액 2 mL를 혼합하여 blank로 하였으며, TBARS 양은 고기 샘플 kg당 malonedialdehyde(MDA)의 mg으로 표시하였다.

- DPPH (2,2-dephenyl-1-picrylhydrazyl) radical 소거능 활성은 시료 2 g에 증류수 18 mL을 가하여 균질기로 (Polytron PT10-35 GT, Kinematica AG, Luzern, Switzerland) 로 11,000 rpm에서 1분간 균질한 후 10분간 3,000 rcf에서 원심분리 하였다. 상층액 0.4 mL과 증류수 1.6 mL에 DPPH (0.2 mM in methanol) 용액 2 mL을 혼합하고 60분간 실온에서 암실 보관 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 ascorbic acid를 이용하였고, DPPH-radical scavenging activity를 아래의 식에 의해 값을 산출하였다.

$$\text{DPPH-radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Absorbance of control} - \text{Absorbance of sample}}{\text{Absorbance of control}} \times 100$$

(7) 지방산 조성

- Fatty acid methyl esters 분리를 위해 시료 1 g에 0.7 mL의 10 N KOH와 6.3 mL의 methanol을 섞어서 물의 온도가 55°C인 향온 수조에 넣은 후 가열시켰다. 1시간 30분 동안 가열하면서, 30분에 한 번씩 강하게 흔들어 섞어준 다음, 미리 준비된 찬물에 1~2분간 냉각 후 0.58 mL의 24 N H₂SO₄를 넣었다. 그 후 다시 55°C의 향온 수조에서 1시간 30분 동안 가열하면서, 또다시 30분마다 한 번씩 강하게 흔들어 주었다. 가열이 끝나면 준비된 찬물에 냉각 후 hexane을 3 mL를 첨가하여 5분간 3,000 rpm에서 원심분리(HANIL Combi- 514R, Inchon, Korea)하였다. Pasteur pipette을 이용하여 vial에 담은 후 gas chromatograph-flame ionization detector (Agilent 7890 series, Wilmington, USA)를 사용하여 지방산 분석을 다음과 같은 조건으로 실험하였다. Injector는 split ratio를 25:1로 한 split mode로서 온도를 250°C로 하였고, detector는 flame ionization detector로써 온도는 250°C이었다. Carrier gas로는 고순도 air, H₂, He을 사용하였으며, flow rate는 H₂는 40 mL/min, air는 400 mL/min으로 하였다. 분석을 위한 column은 HP-88(60 m × 250 μm × 0.2 mm)을 사용하였다.

(8) 유리 아미노산

- 지방을 제거한 마쇄한 시료 2 g에 2% TCA 용액 27 mL을 넣은 후 13,000 rpm에서 30초간 균질화한 후 17,000×g에서 15분간 원심분리 하였다. 상층액을 취하고 냉장조건에서 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 하였다. 상층액을 0.45 μm membrane filter로 여과한 다음 분석 시료로 사용하였다. 유리 아미노산의 분석은 자동아미노산 분석기(SYKAM, S433 A.A., Germany)로 하였으며 분석 조건은 column size 4.6×150 mm, resin Li⁺ form, lithium citrate buffer(pH 2.9, 4.2, 8.0), 유속은 0.45 mL/min, ninhydrin은 0.25 mL/min, column 온도는 37°C, 반응 온도는 110°C로 하였고 분석시간은

120 min 으로 하였다. 각각 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 표준물질의 처리 농도에 따른 면적 비율을 계산하여 mg/100 g로 나타내었다.

(9) 통계분석

- 실험 결과의 분석은 SAS 프로그램(Version 9.3 SAS Institute Inc., NC, USA)의 general linear model procedure을 수행하고 one-way ANOVA 분산분석 후 유의적인 차이를 보일 때 평균값 간의 유의성 검정($p < 0.05$)을 위해 Student-Newman-Keuls의 다중검정법을 이용하여 통계 분석하였다. 결과는 평균값과 처리구간의 표준오차인 standard error of the means (SEM) 로 표시하였다.

나. 실험 결과

(1) 도체중, 등지방 두께 및 일반성분

- 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 일반성분 및 도체특성에 대한 결과를 표 2-2-25 에 나타내었다. 일반성분(단백질, 회분) 에서는 계류시간에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 등지방 두께 및 도체중에서는 계류처리구가 대조구에 비해 상대적으로 낮은 수치를 나타내었지만, 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Warriss et al., (1998)는 계류시간이 길어짐에 따라 도체수율 및 등지방 두께가 감소한다고 보고하였는데 본 실험에서도 비슷한 경향을 나타내었다. 하지만 이러한 결과는 각 개체간의 차이가 커 처리구간 유의성을 확인할 수 없었기 때문에 샘플의 수를 조정하여 추가적인 실험이 필요하다고 판단된다.

[표 2-2-25] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 일반성분 및 도체특성 비교

Treatment ¹	Protein	Ash	Backfat depth	Carcass weight
Control	24.53	1.15	21.33	90.17
Lairage	23.89	1.21	20.50	87.92
SEM ²	0.28	0.02	0.90	1.38

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=12).

(2) 드립감량(drip)

- 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 드립감량에 대한 결과를 [표 2-2-26]에 나타내었다. 저장기간동안 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 계류처리구에서 저장기간동안 드립감량이 증가하는 것이 나타났다. 하지만 드립감량 또한 각 개체간의 차이가 커 처리구간 유의성을 확인할 수 없었기 때문에 샘플의 수를 조정하여 추가적인 실험이 필요하다고 판단된다.

[표 2-2-26] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 드립감량 비교

Treatment ¹	Storage (day)			SEM ²
	3d	6d	9d	
Control	1.72	2.62	2.73	0.30
Lairage	1.33 ^y	2.47 ^x	2.47 ^x	0.21
SEM	0.24	0.29	0.24	

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=12).

^{x-y} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(3) 육색

- 육색은 소비자들이 식육을 구매하는 데 있어 매우 중요한 척도이다(Faustman and Cassens, 1990; Gray et al., 1981). 육색에 영향을 미치는 근육 내 요인은 사후 해당작용, 근내지방 함량, 마이오글로빈 함량, 육색소의 산화 상태 등이 있으며(Offer et al., 1989), 일반적으로 소비자들은 적색도가 높고 황색보다 부드러운 백색지방을 선호하는 것으로 알려져 있다. 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 육색에 대한 결과를 [표 2-2-27]에 나타내었다. 적색도(a*)에서는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 명도(L*)와 황색도 (b*)에서는 저장기간동안 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 저장기간이 지날수록 값이 상승하는 것을 나타내었다. 또한 명도와 pH와의 상관관계는 확인되지 않았다. Warriss et al., (1990)는 계류시간에 따른 육색의 차이는 미미하다고 보고하였는데 본 연구에서도 비슷한 결과를 나타내었다.

[표 2-2-27] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 육색 비교

Treatment ¹		Storage (day)				SEM ²
		1	3	6	9	
L*	Control	55.68 ^y	55.95 ^y	57.01 ^y	60.07 ^x	0.66
	Lairage	56.38 ^y	56.55 ^y	57.68 ^{xy}	59.13 ^x	0.68
	SEM	0.64	0.67	0.70	0.68	
a*	Control	15.68	15.70	16.05	15.48	0.27
	Lairage	15.10	15.26	15.47	15.65	0.23
	SEM	0.22	0.25	0.27	0.26	
b*	Control	5.09 ^z	5.01 ^z	6.04 ^y	8.44 ^x	0.24
	Lairage	5.36 ^y	5.39 ^y	6.08 ^y	8.46 ^x	0.22
	SEM	0.14	0.16	0.22	0.34	

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=12).

^{x-z} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(4) 수분, 품질특성

○ 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 품질특성에 대한 결과를 [표 2-2-28], [그림 2-2-10]에 나타내었다. 수분함량에서는 저장기간동안 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. pH는 식육의 색상에 영향을 줄 뿐 아니라 보수력과도 밀접한 관계를 가지고 있어 식육의 품질에 영향을 미치는 주요 인자 중 하나이다(Joo et al, 1999; Zhu and Brewer 1998). 가축의 스트레스와 직접적인 관련이 있는 pH는 저장기간동안 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Warriss et al., (1998)는 계류시간이 길어짐에 따라 pH가 증가한다고 보고하였지만, 본 연구에서는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 모든 처리구에서 저장 기간이 경과함에 따라 보수력이 상승하였는데 이는 보수력의 상승이 아닌 수분(유리수)의 삼출이 원인이라고 사료된다. 가열감량에서는 저장기간동안 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 식육의 연도는 수분과 지방의 양, 결체조직의 양과 화학적 상태 그리고 actomyosin 의 효과에 의해 변할 수 있으며 근질의 길이와도 관계가 있으나 무엇보다도 수분의 양과 관련된 보수력과 밀접한 연관을 갖는다. 식육의 연도와 관련 있는 전단력에서는 저장기간동안 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 계류 처리구에서 저장기간이 지남에 따라 유의적으로 전단력이 감소하는 것을 나타내었다. 하지만 이러한 결과들은 각 개체간의 차이가 커 처리구간 유의성을 확인할 수 없었기 때문에 샘플의 수를 조정하여 추가적인 실험이 필요하다고 판단된다.

[표 2-2-28] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 품질특성 비교

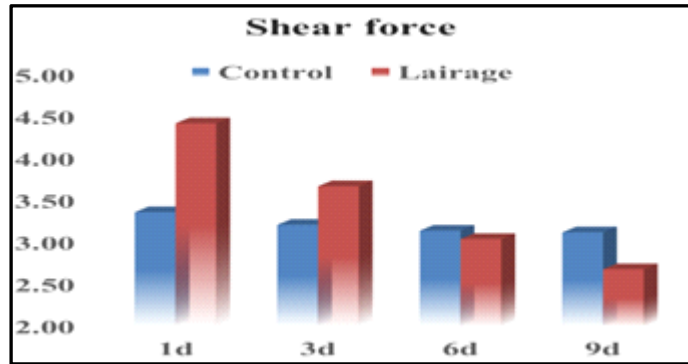
Treatment ¹	Storage (day)				SEM ²	
	1	3	6	9		
Moisture	Control	73.28	74.49	73.51	73.77	0.37
	Lairage	73.58 ^{xy}	74.39 ^x	74.08 ^{xy}	73.42 ^y	0.25
	SEM	0.38	0.29	0.30	0.28	
pH	Control	5.57	5.63	5.61	5.63	0.04
	Lairage	5.62	5.65	5.66	5.66	0.03
	SEM	0.03	0.03	0.03	0.03	
WHC	Control	74.78 ^y	75.67 ^y	75.92 ^{by}	79.23 ^x	0.97
	Lairage	75.40 ^y	78.74 ^x	79.34 ^{ax}	80.96 ^x	1.11
	SEM	0.93	1.10	1.01	1.13	
Cooking loss	Control	21.55	21.90	21.46	21.88	0.48
	Lairage	21.29	21.92	21.83	21.60	0.46
	SEM	0.40	0.52	0.49	0.46	
Shear force	Control	3.37 ^b	3.22	3.15	3.13	0.20
	Lairage	4.43 ^{ax}	3.68 ^y	3.05 ^z	2.69 ^z	0.22
	SEM	0.22	0.23	0.17	0.20	

1 Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

2 SEM; standard error of means (n=12).

a-b Figures with different letters within the same cloumn differ significantly ($p < 0.05$).

x-z Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).



[그림 2-2-10] 저장 기간 동안 계류 시간에 따른 전단력 비교

(5) 항산화성

- 일반적으로 식육 저장 시 식육 내 존재하는 지방산이 분해되어 생성되는 malonaldehyde 와 2-thiobarbituric acid와 결합하여 생성되는 물질의 강도를 UV-spectrophotometer에 의해 측정된 값으로 값이 클수록 지방산패도가 크다는 것을 의미한다(Ahn et al., 2008). DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 는 분자내에 free radical을 가지고 있어 항산화 작용을 나타내는 tocopherol, ascorbate, BHA 등에 의해 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 전자 공여 능의 차이를 측정하는 데 사용된다(Joo and Choi, 2014; Pang et al 1996).
- 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 항산화성에 대한 결과를 [표 2-2-29]에 나타내었다. TBARS에서는 저장기간에 따른 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 두 처리구 모두 저장기간이 지남에 따라 지방산패도가 상승하는 결과를 보였다. DPPH-radical 소거능 변화에서는 계류시간에 따른 유의적인 차이를 확인할 수 없었다.

[표 2-2-29] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 항산화성 비교

Treatment ¹	Storage (day)				SEM ²	
	1	3	6	9		
TBARS	Control	0.15 ^z	0.15 ^z	0.18 ^y	0.20 ^x	0.01
	Lairage	0.14 ^w	0.16 ^z	0.18 ^y	0.21 ^x	0.004
	SEM	0.004	0.003	0.01	0.01	
DPPH	Control	51.06	50.12	50.07	47.62	0.92
	Lairage	50.94	50.64	50.61	47.59	1.11
	SEM	1.01	1.15	1.03	0.87	

1 Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

2 SEM; standard error of means (n=12).

x-w Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(6) 관능평가

- 원료육의 지방량, 지방산 조성, 환원당 및 아미노산 함량 등에 따라 고기의 풍미가 좌우되는 것으로 알려져 있다(Aliani and Famer, 2005). 가식성 부위의 연도는 일반 성분의 변화, 지방 함량의 차이에 따라 달라지는 것으로 알려져 있다(Du and Ahn, 2002).
- 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 관능평가에 대한 결과를 [표 2-2-30]에 나타내었다. 모든 관능평가 항목에서 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

[표 2-2-30] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 관능평가 비교

Treatment ¹		Storage (day)				SEM ²
		1	3	6	9	
Flavor	Control	5.06	5.10	5.17	5.14	0.11
	Lairage	5.04	5.01	5.06	5.04	0.13
	SEM	0.10	0.12	0.12	0.13	
Tenderness	Control	5.15	5.18	5.39	5.24	0.14
	Lairage	5.01	5.08	5.21	5.15	0.19
	SEM	0.16	0.17	0.16	0.17	
Juiciness	Control	5.17	5.18	5.28	4.87	0.16
	Lairage	4.99	5.08	5.22	4.93	0.19
	SEM	0.16	0.17	0.16	0.19	
Overall acceptance	Control	5.10	5.13	5.32	5.03	0.16
	Lairage	5.00	5.08	5.18	4.96	0.20
	SEM	0.16	0.18	0.17	0.20	

1 Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

2 SEM; standard error of means (n=12).

(7) 지방산 조성

- 개별 지방산은 고기의 맛뿐만 아니라 조리 중 열에 의한 지방 분해나 휘발성물질을 만듦으로써 풍미 형성에 중요한 역할을 한다(Dashdorj et al., 2015). 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 지방산 조성에 대한 결과를 [표 2-2-31]에 나타내었다. 두 처리구의 지방산 조성은 올레산(C18:1, oleic acid), 팔미트산(16:0, palmitic acid), 스테아르산(18:0, stearic acid), 리놀레산(18:2, linoleic acid) 순으로 나타났다. 식육에 가장 풍부한 단일 불포화지방산으로(Park et al., 2011) 식육의 맛과 향에 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 올레산은 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 모든 지방산에서 처리구간 유의적인 차이를 확인 할 수 없었는데 이는 추가 계류시간이 돈육의 지방산 조성에 미치는 영향이 미미하여 발생한 결과라고 사료된다.

[표 2-2-31] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 지방산 조성 비교

Fatty acids	Control ¹	Lairage	SEM ²
10:0	0.11	0.11	0.003
12:0	0.13	0.13	0.01
14:0	1.59	1.63	0.06
16:0	24.31	24.37	0.35
16:1	3.10	3.08	0.13
18:0	11.98	11.88	0.38
18:1	42.25	41.10	0.42
18:2	9.76	10.41	0.48
18:3	0.76	0.73	0.02
20:2	0.34	0.35	0.01
20:3	0.20	0.23	0.02
20:4	1.48	1.70	0.19
20:5	0.04	0.04	0.004
22:6	0.03	0.03	0.01
24:1	0.28	0.32	0.03
SFA	38.12	38.13	0.65
UFA	58.16	57.98	0.53
MUFA	45.63	44.49	0.49
PUFA	12.53	13.48	0.64
UFA/SFA	1.54	1.53	0.04
n-6/n-3	12.25	12.13	0.78
n-6	11.56	12.45	0.62
n-3	0.97	1.03	0.04
AI	0.53	0.54	0.01
TI	1.20	1.20	0.03
P/S	0.33	0.36	0.02

1 Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

2 SEM; standard error of means (n=12).

(8) 유리아미노산

- 유리아미노산은 고기의 풍미에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Lim et al., 2013). 각각의 아미노산이 단맛, 신맛, 짠맛, 쓴맛, 및 MSG와 같은 맛으로 구분된다고 하였으며, 유리아미노산 중 glycine, alanine, lysine, threonine 및 serine 은 단맛을 가지며 arginine, histidine, isoleucine, leucine, methionine, phenylalanine 및 valine은 쓴맛, glutamic acid와 aspartic acid는 우마미와 관련이 있다고 보고되어 있다(Fukunaga et al., 1989; Chiang et al., 2007). glutamic acid는 정미에 가장 크게 영향을 미치며, 우러나는 맛을 내는 정미성분으로 다른 정미성분과 공존할 시에 맛의 상승작용을 나타내는 중요한 정미성분이다.

○ 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 지방산 조성에 대한 결과를 [표 2-2-32~34], 그림 [2-2-11] 에 나타내었다. 기능성 성분인 Taurine 함량에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았지만 저장기간이 지날수록 감소하는 경향을 나타내었다. 정미성분인 Glutamic acid는 저장기간동안 함량이 증가하였지만, 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 계류 처리구는 Bitter AA에서 저장기간이 지날수록 대조구에 비해 높은 함량을 나타내었다. 추가 계류시간으로 인한 유리아미노산 조성의 변화는 미미한 것으로 사료되며, 각 개체간의 차이가 크게 작용했기 때문에 샘플의 수를 조정하여 추가적인 실험이 필요하다고 판단된다.

[표 2-2-32] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 유리아미노산(sweet+umami) 비교 (mg/100 g)

FAA	Treatment ¹	Storage (day)		SEM ²
		1	5	
Taurine	Control	21.85 ^x	15.12 ^y	1.93
	Lairage	17.59	14.12	1.30
	SEM	1.39	1.87	
Aspartic Acid	Control	7.86 ^x	5.37 ^y	0.64
	Lairage	7.10	7.53	0.77
	SEM	0.61	0.79	
Threonine	Control	2.81	3.48	0.30
	Lairage	2.63 ^y	4.69 ^x	0.44
	SEM	0.22	0.49	
Serine	Control	3.46 ^y	5.04 ^x	0.50
	Lairage	3.16 ^y	7.48 ^x	0.73
	SEM	0.35	0.81	
Glutamic acid	Control	2.75 ^y	6.36 ^x	0.65
	Lairage	2.42 ^y	6.09 ^x	0.52
	SEM	0.20	0.81	
Glycine	Control	13.47	13.96	1.28
	Lairage	11.83	15.30	1.39
	SEM	0.72	1.75	
Alanine	Control	16.21	16.07	1.70
	Lairage	16.97	21.16	2.03
	SEM	1.31	2.30	
Carnosine	Control	59.71	53.59	5.46
	Lairage	67.24	71.41	6.90
	SEM	5.56	6.82	

1 Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

2 SEM; standard error of means (n=12).

x-y Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

[표 2-2-33] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 유리아미노산(bitter) 비교 (mg/100 g)

FAA	Treatment ¹	Storage (day)		SEM ²
		1	5	
Valine	Control	3.35	3.76 ^b	0.37
	Lairage	3.29 ^y	5.76 ^{ax}	0.55
	SEM	0.31	0.58	
Methionine	Control	2.30 ^y	3.60 ^{bx}	0.33
	Lairage	3.32	5.90 ^a	0.97
	SEM	0.87	0.54	
Isoleucine	Control	1.47 ^y	2.27 ^x	0.22
	Lairage	1.87 ^y	3.21 ^x	0.32
	SEM	0.15	0.35	
Leucine	Control	4.43 ^y	6.96 ^x	0.59
	Lairage	4.99 ^y	9.50 ^x	0.87
	SEM	0.43	0.96	
Tyrosin	Control	2.45	3.42	0.36
	Lairage	2.39 ^y	4.97 ^x	0.48
	SEM	0.25	0.54	
Phenylalanine	Control	2.69	3.61	0.36
	Lairage	2.72 ^y	5.13 ^x	0.48
	SEM	0.27	0.53	
Histidine	Control	0.94 ^y	2.07 ^x	0.23
	Lairage	1.18 ^y	2.54 ^x	0.26
	SEM	0.13	0.32	
Lysine	Control	5.12 ^a	5.99	0.55
	Lairage	3.03 ^{by}	5.35 ^x	0.55
	SEM	0.48	0.62	
Arginine	Control	1.75 ^y	3.74 ^x	0.38
	Lairage	1.56 ^y	4.37 ^x	0.58
	SEM	0.30	0.62	

1 Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

2 SEM; standard error of means (n=12).

a-b Figures with different letters within the same cloumn differ significantly ($p < 0.05$).

x-y Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

[표 2-2-34] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 유리아미노산 비교 (mg/100 g)

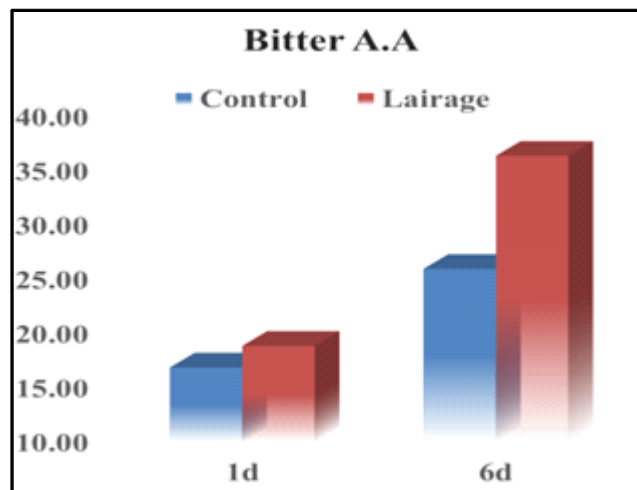
FAA	Treatment ¹	Storage (day)		SEM ²
		1	5	
Total free amino acids	Control	152.63	154.39	14.92
	Lairage	153.29	194.52	15.16
	SEM	11.65	17.80	
(Sweet+Umami) A.A.	Control	51.69	56.26	5.35
	Lairage	47.14 ^y	67.61 ^x	5.97
	SEM	3.23	7.33	
Bitter A.A.	Control	16.94 ^y	26.01 ^{bx}	2.19
	Lairage	18.93 ^y	36.41 ^{ax}	2.95
	SEM	1.97	3.10	
(Sweet+Umami)/Bitter A.A.	Control	3.11 ^x	2.15 ^y	0.13
	Lairage	2.61 ^x	1.86 ^y	0.15
	SEM	0.16	0.10	

1 Control : lairage 0 hour, Lairage : lairage 24 hours

2 SEM; standard error of means (n=12).

a-b Figures with different letters within the same cloumn differ significantly ($p < 0.05$).

x-y Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).



[그림 2-2-11] 저장 기간 동안 계류 시간에 따른 Bitter AA 비교

다. 요약 및 2차 실험 일정

- 동물복지농장 1개소 ('S'계열)의 도축환경(계류 0, 계류 24시간) 조건별 24두 좌등심의 육질특성, 영양성분, 기능성분 분석비교 결과, 계류시간 연장에 따른 뚜렷한 육질특성의 차이를 보이지 않았다.
- 육질특성, 영양성분, 기능성분 함량은 계류시간 차이보다는 개체 차이(도체중, 등지방두께, 등급)가 더욱 큰 것으로 나타났으며, 계류 연장 처리구에서 초기 사후강직(전단력에 의한 연도) 증가와 bitter 유리아미노산의 증가 결과가 나타났다.
- 계류시간은 pH 값에 영향을 미치는 주요인이고, PSE육 발생은 수송거리와 계류시간에 영향을 받는다고 보고되었다. 계류시간이 늘어날수록 pH 가 높아진다는 결과들이 있었지만 본 연구에서는 처리구간 유의성이 나타나지 않았다. 또한 pH는 육색의 명도(L*)와 보수력과 직접적인 관련이 있는 것으로 보고되었다. 따라서 추가적인 실험을 통해 유의성 확인이 필요하다.
- 계류연장에 따른 스트레스 영향과 육질관계를 규명하기 위해 추가 시료 확보 및 분석을 진행 예정이며, 도축환경 변이에 의한 스트레스 육질분석비교 추가시료 60두를 시료 채취(10월 21일) 예정이며 스트레스와 직접적인 관련이 있는 실험항목을 중점적으로 분석하여 유의성을 확인할 예정이다.

라. 2차 실험 결과

- 도축환경 변이에 따른 스트레스 육질분석 비교를 위해 추가로 10월 21일 1차와 동일한 조건으로 60두의 시료(합계 84두)를 채취하였다. 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 품질 특성에 대한 결과를 [표 2-2-35]에 나타내었다. Warriss et al., (1998)는 계류시간이 길어짐에 따라 pH가 증가한다고 보고하였지만, 본 연구에서는 계류처리구(Lairage)에서 pH가 유의적으로 낮은 값을 나타내어 기존의 연구와 상반된 결과를 나타내었다. 이러한 결과의 이유는 24시간의 계류과정이 오히려 절식과 환경적 스트레스로 글리코겐의 해당작용과 혐기적대사가 촉진되면서 근육 내 lactic acid 더 축적되어 pH가 저하된 것으로 사료된다. 다만 측정된 pH 수치가 5.7~5.9 수준으로 모두 정상육 범위 내에 있는 것으로 나타났다. 다만 제4협동에서 분석한 근육의 glycogen 및 lactic acid 함량에는 처리구간 유의적 차이가 없었다.
- 계류처리구는 낮은 pH로 인해 높은 명도(L*)를 나타내었으며, pH-보수력 간의 정(+)의 상관관계가 확인되었다 (그림 2-2-12). 황색도(b*), 수분함량, 가열감량, 전단력에서는 계류시간에 따른 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 주관 분석결과 중 계류처리구의 isoleucine, methionine, phenylalanine, valine, creatine의 수치가 높았으며, 제4협동 분석결과 중 계류처리구의 혈액 내 스트레스 관련 호르몬인 serotonin, cortisol 수치가 높고 epinephrine/norepinephrine의 수치가 낮은 결과와 종합적으로 검토할 필요가 있다.

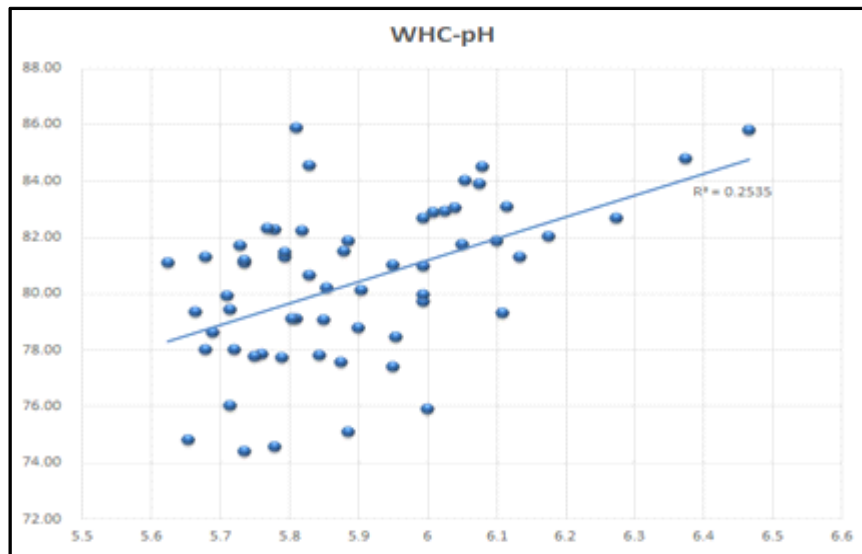
[표 2-2-35] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 품질특성 비교 (2차 샘플링 60두)

Treatment ¹	Meat color			Moisture	pH	WHC	Cooking loss	Shear force
	L*	a*	b*					
Control	55.23 ^b	17.87 ^a	7.71	74.34	5.98 ^a	81.07	20.78	6.96
Lairage	56.71 ^a	17.32 ^b	8.28	74.21	5.82 ^b	79.71	20.96	6.91
SEM ²	0.42	0.18	0.23	0.17	0.03	0.49	0.32	0.43

1 Control : lairage 0 hour, Lairage : lairage 24 hours

2 SEM; standard error of means (n=30).

a-b Figures with different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).



[그림 2-2-12] pH와 WHC(보수력) 간의 상관

마. 1차+2차 실험 결과

- 1차 샘플링과 2차 샘플링에 대한 전체적인 품질특성 결과를 [표 2-2-36]에 나타내었다. 처리구별 1차 실험(n=12)과 2차 실험(n=30)을 종합한 결과에서는 계류처리구(Lairage)가 낮은 pH, 높은 명도값을 나타내어 2차 실험과 유사한 결과를 나타내었다. 본 연구에서는 계류시간이 증가함에 따라 pH가 낮아진다는 것이 확인되었으며, 계류시간이 일반성분, 지방산 조성, 항산화 활성, 유리아미노산 등과 같은 특성에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단된다. 따라서 출하단계 이후의 운반 및 도축 단계에서의 품질 차별화를 확인하기 위한 추가적인 연구가 필요하다.

[표 2-2-36] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 품질특성 비교 (1차+2차 합계 84두)

Treatment ¹	Meat color			Moisture	pH	WHC	Cooking loss	Shear force
	L*	a*	b*					
Control	55.36 ^b	17.24	6.96	74.04	5.86 ^a	79.27	21.16	5.17
Lairage	56.62 ^a	16.69	7.45	74.03	5.76 ^b	78.48	21.13	5.67
SEM ²	0.35	0.21	0.26	0.17	0.03	0.58	0.26	0.40

1 Control : lairage 0 hour, Lairage : lairage 24 hours

2 SEM; standard error of means (n=42).

a-b Figures with different letters within the same cloumn differ significantly ($p < 0.05$).

4. 4차년도 실험결과

가. 공시재료 및 분석항목

(1) 공시재료

- 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 품질특성을 비교·분석하기 위하여 동물복지형 농장을 1개소를 선정하였다. 총 24두의 동물복지 돼지는 모두 목표 체중인 110 kg에 도달된 거세돈으로 동일한 조건으로 사육되었으며 임의 20두씩 선발하였다. 샘플로 이용된 모든 돼지는 동물복지형 도축장인 도드람 LPC (안성)에서 동물복지 표준 도축방법에 따라 도축하였고, 계류시간 추가 처리구는 계류장에서 24시간 추가 계류 후 도축하였다. (표 2-2-37). 도축된 돼지들은 선진 가공장 (안성)으로 운반하여 냉도체를 만들고 도체중 및 등지방 두께를 측정하고 뒤 좌등심을 채취하여 진공포장 후 신속히 실험실로 운반하여 분석을 하였다. 저장일수는 일반적인 식육이 소비되는 1 ~ 7일 이내로 설정하였다.

[표 2-2-37] 처리구별 계류시간의 차이

처리구	계류시간	농장	도축장
Control	당일 계류 없이 도축	동물복지형 농장 (S계열)	도드람 LPC (동물복지형)
Lairage	24시간 추가 계류		

(2) 육색

- 육색은 흑백 교정판에 의해 교정된 Colorimeter(CR-410, Minolta Co., Ltd., Japan)를 사용하여 절단된 시료의 표면에서 측정하였다. 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 CIE(Commission Internationale de Leclairage)로 측정하여 Spectra Magic Software(Minolta Co., Ltd., Japan)로 분석하였다. 각 시료는 3회 반복 측정하여 평균값으로 표시하였다.

(3) 일반성분, pH, 보수력

- 수분함량은 AOAC 표준법(2000)을 일부 변형시켜 시료 3g을 알루미늄 접시에 담아 104°C dry oven에서 향량이 될 때까지 건조시켜 무게를 측정하여 구하였고, 지방은 Folch 법(1951)을 일부 변형하여 분석하였다.
- pH는 시료 2 g을 증류수 18 mL와 함께 균질기로 (Polytron PT10-35 GT, Kinematica AG, Luzern, Switzerland) 로 11,000 rpm에서 1분간 균질 후 Whatman No. 4 여과지로 여과하여 각 시료의 여과

액을 실온에서 pH meter (Seven Excellence™, METTLER TOLEDO, Switzerland)로 측정하였다. 보수력은 시료 5 g을 원심분리기 (Combi-514R, Hanil, Korea)로 1000 rpm에서 10 min, 5°C로 설정하여 원심분리 후 시료의 무게를 측정하였다.

$$\text{보수력 (\%)} = \frac{[\text{수분함량}/100 \times (\text{시료의 채취량 (g)} - \text{탈수량 (g)})]}{\text{수분함량}/100 \times \text{시료의 채취량 (g)}} \times 100$$

(4) 가열감량

- 가열감량은 배최장근을 시료로 하여 시료를 30 × 50 × 10 mm (가로 × 세로 × 높이) 의 크기로 절단하고 시료의 중심온도가 75°C가 되도록 가열하여 가열 전과 후 무게차이를 백분율 (%) 로 나타냈고, 계산식은 다음과 같다.

$$\text{가열감량 (\%)} = \frac{1 - \text{가열 후 등심육의 무게}}{\text{가열 전 등심육의 무게}} \times 100$$

(5) 전단력

- 배최장근을 시료로 하여 시료를 40 × 50 × 10 mm (가로 × 세로 × 높이) 의 크기로 절단하고 시료의 심부온도가 75°C가 되도록 가열하여 10 × 20 × 10 mm (가로 × 세로 × 높이) 의 크기로 절단하여, Textuer analyzer (TA-XT2, Stable Micro Systems, UK) 에 Warner-Bratzler blade를 장착하여 시료의 근섬유 결이 Blade에 직각이 되게 한 상태에서 전단력(단위는 kg*f)을 측정하였으며, 기기 조건은 pre-test speed 2.0 mm/s, test speed 2.0 mm/s, post-test speed 5.0 mm/s로 실시하였다.

(6) 항산화 실험 (antioxidant activity)

- 식육의 항산화 능력을 구하기 위해 TBARS 및 DPPH 라디칼 소거능을 분석하였다. 지방산패도는 TBARS(2-thiobarbituric acid-reactive substances) 측정방법(Ann 등 1998)에 따라 고기시료 5g에 증류수 15 mL를 50 mL 시험관에 섞어 균질화하였다. 고기 균질물 1 mL를 일회용 시험관(13 x 100 mm)에 옮겨 넣고 butylated hydroxytoluene(7.2% in ethanol, w/v) 50 μL 와 thiobarbituric acid/trichloroacetic acid 용액(20 mM TBA/15%, w/v) 2 mL를 첨가하였다. 혼합물을 완전히 흔들어서 섞은 뒤 95°C 항온수조에서 15분간 색깔을 발현시키고 10분간 식힌 후, 다시 섞어 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm, 5°C에서 15분간 원심분리한 후, 상층액을 531 nm에서 흡광도를 측정하였다. 증류수 1 mL 및 TBA/TCA 용액 2 mL를 혼합하여 blank로 하였으며, TBARS 양은 고기 샘플 kg당 malonedialdehyde(MDA)의 mg으로 표시하였다.
- DPPH (2,2-dephenyl-1-picrylhydrazyl) radical 소거능 활성은 시료 2 g에 증류수 18 mL을 가하여

균질기로 (Polytron PT10-35 GT, Kinematica AG, Luzern, Switzerland) 로 11,000 rpm에서 1분간 균질한 후 10분간 3,000 rcf에서 원심분리 하였다. 상층액 0.4 mL과 증류수 1.6 mL에 DPPH (0.2 mM in methanol) 용액 2 mL을 혼합하고 60분간 실온에서 암실 보관 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 ascorbic acid를 이용하였고, DPPH-radical scavenging activity를 아래의 식에 의해 값을 산출하였다.

$$\text{DPPH-radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Absorbance of control} - \text{Absorbance of sample}}{\text{Absorbance of control}} \times 100$$

(7) 전기 저항값(Impedance) 측정

- 샘플의 전기 저항값은 RCL electric bridge (630A automatic RCL meter with an adaptor PM 9542A, Philips, Germany)를 사용하여 측정되었다. 실험에 사용된 probe는 토양수분센서(YL-69, China)를 사용하였으며, 샘플 중심부에 3cm probe를 삽입하여 Impedance(Z, Ω) 값을 측정하였고 총 3번의 반복을 진행하였다.

(8) 지방산 조성

- 지방산 조성은 (O'fallon et al., 2007) 방법을 일부 변형을 하여 분석하였다. Fatty acid methyl esters 분리를 위해 시료 1 g에 0.7 mL의 10 N KOH와 6.3 mL의 methanol을 섞어서 물의 온도가 55°C인 항온 수조에 넣은 후 가열시켰다. 1시간 30분 동안 가열하면서, 30분에 한 번씩 강하게 흔들어서 섞어준 다음, 미리 준비된 찬물에 1~2분간 냉각 후 0.58 mL의 24 N H2SO4를 넣었다. 그 후 다시 55°C의 항온 수조에서 1시간 30분 동안 가열하면서, 또다시 30분마다 한 번씩 강하게 흔들어서 주었다. 가열이 끝나면 준비된 찬물에 냉각 후 hexane을 3 mL를 첨가하여 5분간 3,000 rpm에서 원심분리(HANIL Combi- 514R, Incheon, Korea)하였다. Pasteur pipette를 이용하여 vial에 담은 후 gas chromatograph-flame ionization detector (Agilent 7890 series, Wilmington, USA)를 사용하여 지방산 분석을 다음과 같은 조건으로 실험하였다. Injector는 split ratio를 25:1로 한 split mode로서 온도를 250°C로 하였고, detector는 flame ionization detector로써 온도는 250°C이었다. Carrier gas로는 고순도 air, H2, He을 사용하였으며, flow rate는 H2는 40 mL/min, air는 400 mL/min으로 하였다. 분석을 위한 column은 HP-88(60 m × 250 μm × 0.2 mm)을 사용하였다.

(9) 유리아미노산

- 지방을 제거한 마쇄한 시료 2 g에 2% TCA 용액 27 mL을 넣은 후 13,000 rpm에서 30초간 균질화

한 후 17,000×g에서 15분간 원심분리하였다. 상층액을 취하고 냉장조건에서 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하였다. 상층액을 0.45 µm membrane filter로 여과한 다음 분석 시료로 사용하였다. 유리아미노산의 분석은 자동아미노산 분석기(SYKAM, S433 A.A., Germany)로 하였으며 분석 조건은 column size 4.6×150 mm, resin Li⁺ form, lithium citrate buffer(pH 2.9, 4.2, 8.0), 유속은 0.45 mL/min, ninhydrin은 0.25 mL/min, column 온도는 37°C, 반응 온도는 110°C로 하였고 분석시간은 120 min로 하였다. 각각 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 표준물질의 처리 농도에 따른 면적 비율을 계산하여 mg/100 g로 나타내었다.

(10) 통계분석

- 실험 결과의 분석은 SAS 프로그램(Version 9.3 SAS Institute Inc., NC, USA)의 general linear model procedure을 수행하고 one-way ANOVA 분산분석 후 유의적인 차이를 보일 때 평균값 간의 유의성 검정(p<0.05)을 위해 Student-Newman-Keuls 다중검정법을 이용하여 통계 분석하였다. 결과는 평균값과 처리구간의 표준오차인 standard error of the means (SEM)로 표시하였다.

나. 연구 결과

(1) 도체중, 등지방 두께 및 지방함량

- 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 도체특성 및 지방함량에 대한 결과를 [표 2-2-38]에 나타내었다. 등지방 두께에서는 계류 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 높은 수치를 나타내었고, 도체중에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 계류 처리구가 대조구에 비해 높은 수치를 나타내었다. Warriss et al., (1998)는 계류시간이 길어짐에 따라 도체수율 및 등지방 두께가 감소한다고 보고하였는데 본 실험에서는 반대 경향을 나타내었다. 하지만 이러한 도체특성의 결과는 계류에 의한 차이보다는 각 개체 간의 생체중 차에 의한 결과라고 사료된다. 지방함량에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

[표 2-2-38] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 도체특성 및 지방함량(%) 비교

Treatment ¹	Backfat depth	Carcass weight	Fat
Control	22.20 ^b	88.05	3.38
Lairage	23.25 ^a	89.50	3.36
SEM ²	0.30	0.61	0.23

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=20).

(2) 드립감량(drip)

- 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 드립감량에 대한 결과를 [표 2-2-39]에 나타내었다. 저장기간 동안 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 두 처리구 모두 드립감량이 증가하는 것이 나타났으며 대조구에서 큰 폭의 증가치를 나타냈다. 하지만 드립감량 또한 각 개체 간의 차이가 커 처리구간 유의성을 확인할 수 없었다.

[표 2-2-39] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 드립감량(%) 비교

Treatment ¹	Storage (day)			SEM ²
	3d	5d	7d	
Control	3.81 ^z	6.42 ^y	7.47 ^x	0.37
Lairage	3.36 ^y	5.99 ^x	7.05 ^x	0.38
SEM	0.29	0.40	0.43	

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=20).

^{x-z} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(3) 육색

- 육색은 소비자들이 식육을 구매하는 데 있어 매우 중요한 척도이다(Faustman and Cassens, 1990; Gray et al., 1981). 육색에 영향을 미치는 근육 내 요인은 사후 해당작용, 근내지방 함량, 마이오글로빈 함량, 육색소의 산화 상태 등이 있으며(Offer et al., 1989), 일반적으로 소비자들은 적색도가 높고 황색보다 부드러운 백색지방을 선호하는 것으로 알려져 있다. 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 육색에 대한 결과를 [표 2-2-40]에 나타내었다. 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*) 모두 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 황색도에서는 저장기간에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 명도와 pH는 높은 상관관계는 가지고 있는 것으로 알려져 있는데 본 연구에서는 확인되지 않았다. 적색도에서는 저장기간이 지남에 따라 대조구와 계류 처리구 모두 감소하는 경향을 보였다. Warriss et al., (1990)는 계류시간에 따른 육색의 차이는 미미하다고 보고하였는데 본 연구에서도 비슷한 결과를 나타내었다.

[표 2-2-40] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 육색 비교

Treatment ¹	Storage (day)				SEM ²	
	1d	3d	5d	7d		
L*	Control	55.73 ^x	54.61 ^y	56.11 ^x	56.98 ^x	0.39
	Lairage	54.85 ^y	54.12 ^y	55.45 ^{xy}	56.44 ^x	0.41
	SEM	0.42	0.36	0.39	0.43	
a*	Control	15.89 ^y	16.76 ^x	16.39 ^{xy}	15.19 ^z	0.19
	Lairage	15.80 ^y	16.91 ^x	16.18 ^y	15.29 ^z	0.16
	SEM	0.21	0.16	0.13	0.21	
b*	Control	5.40	5.37	5.83	5.93	0.17
	Lairage	5.56	5.21	5.61	5.68	0.15
	SEM	0.13	0.10	0.17	0.22	

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=20).

^{x-z} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(4) 수분, 품질특성

○ 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 수분함량 및 품질특성에 대한 결과를 [표 2-2-41]에 나타내었다. 수분함량에서는 저장 5일차를 제외한 나머지 저장기간에서 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. pH는 식육의 색상에 영향을 줄 뿐 아니라 보수력과 밀접한 관계를 가지고 있어 식육의 품질에 영향을 미치는 주요 인자 중 하나이다(Joo et al, 1999; Zhu and Brewer 1998). 가축의 스트레스와 직접적인 관련이 있는 pH는 저장 7일차를 제외한 나머지 저장기간에서 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 전반적으로 계류처리구가 높은 pH를 나타냈다. Warriss et al., (1998)는 계류시간이 길어짐에 따라 pH가 증가한다고 보고하였지만, 본 연구에도 비슷한 경향을 나타냈다. pH와 높은 상관관계를 가지는 보수력에서는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 저장기간이 지남에 따라 감소하는 결과를 나타냈다. 가열감량은 가열단계에서 육즙(meat drip)이 방출되는 정도를 의미하는 것이므로 보수력과는 반대로 수치가 낮을수록 바람직한 육질 특성으로 간주한다. 가열감량에서는 저장기간동안 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 저장 5일차까지 가열감량이 증가하다 감소하는 경향을 나타냈다. 식육의 연도는 수분과 지방의 양, 결체조직의 양과 화학적 상태 그리고 actomyosin 의 효과에 의해 변할 수 있으며 근질의 길이와도 관계가 있으나 무엇보다도 수분의 양과 관련된 보수력과 밀접한 연관을 갖는다. 식육의 연도와 관련 있는 전단력에서는 대조구와 계류처리구 모두 저장기간이 지남에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈으며, 계류 처리구에서 저장 7일차때 유의적으로 높은 전단력을 나타내었다.

[표 2-2-41] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 품질특성 비교

Treatment ¹		Storage (day)				SEM ²
		1d	3d	5d	7d	
Moisture (%)	Control	74.11 ^y	74.82 ^x	74.00 ^{ay}	73.73 ^y	0.17
	Lairage	73.61 ^y	74.53 ^x	73.26 ^{by}	73.51 ^y	0.20
	SEM	0.19	0.19	0.16	0.20	
pH	Control	5.71	5.68	5.70	5.68^b	0.02
	Lairage	5.74	5.75	5.76	5.74^a	0.03
	SEM	0.03	0.02	0.02	0.02	
WHC (%)	Control	69.20 ^x	64.28 ^y	63.53 ^y	63.18 ^y	0.98
	Lairage	69.32 ^x	65.07 ^y	62.58 ^y	61.35 ^y	1.16
	SEM	0.72	1.10	1.12	1.28	
Cooking loss (%)	Control	20.74 ^z	25.33 ^y	27.93 ^x	24.58 ^y	0.48
	Lairage	21.06 ^z	24.99 ^y	28.07 ^x	24.46 ^y	0.47
	SEM	0.26	0.50	0.61	0.45	
Shear force (kg.f)	Control	5.70 ^x	4.20 ^y	3.54 ^z	3.02^{bw}	0.18
	Lairage	6.01 ^x	4.38 ^y	3.66 ^z	3.32^{az}	0.17
	SEM	0.26	0.18	0.13	0.09	

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=20).

^{a-b} Figures with different letters within the same cloumn differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-w} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(5) 항산화성 및 전기 저항값

○ 일반적으로 식육 저장 시 식육 내 존재하는 지방산이 분해되어 생성되는 malonaldehyde 와 2-thiobarbituric acid와 결합하여 생성되는 물질의 강도를 UV-spectrophotometer에 의해 측정된 값으로 값이 클수록 지방산패도가 크다는 것을 의미한다(Ahn et al., 2008). DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)는 분자내에 free radical을 가지고 있어 항산화 작용을 나타내는 tocopherol, ascorbate, BHA 등에 의해 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 전자 공여 능의 차이를 측정하는 데 사용된다(Joo and Choi, 2014; Pang et al 1996). 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 항산화성에 관한 결과를 [표 2-2-42]에 나타내었다. TBARS에서는 저장기간에 따른 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 두 처리구 모두 저장기간이 지남에 따라 지방산패도가 상승하는 결과를 보였다. DPPH-radical 소거능 변화에서는 계류시간에 따른 유의적인 차이를 확인할 수 없었다.

pH, 지방함량, 연도 및 신선도와 같은 품질특성과 관련있는 전기 저항값(Electrical impedance)에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 모든 처리구에서 저장기간이 지남에 따라 감소하였다. 이는 저장기간이 지남에 따라 세포가 분해되면서 자유 전해질이 증가하게 되어 저항값이 감소하여 나타난 결과라고 사료된다.

[표 2-2-42] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 항산화성 및 전기 저항값(Impedance) 비교

Treatment ¹		Storage (day)		SEM ²
		1d	7d	
TBARS	Control	0.17 ^y	0.21 ^x	0.01
	Lairage	0.18 ^y	0.21 ^x	0.01
	SEM	0.01	0.01	
DPPH	Control	48.88	48.55	0.79
	Lairage	49.44	49.09	1.12
	SEM	1.02	0.91	
Z (Ω)	Control	170.86 ^x	101.40 ^y	5.55
	Lairage	176.72 ^x	102.23 ^y	4.89
	SEM	7.28	1.32	

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=20).

^{x-y} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(6) 관능평가

- 원료육의 지방량, 지방산 조성, 환원당 및 아미노산 함량 등에 따라 고기의 풍미가 좌우되는 것으로 알려져 있다(Aliani and Famer, 2005). 가식성 부위의 연도는 일반 성분의 변화, 지방 함량의 차이에 따라 달라지는 것으로 알려져 있다(Du and Ahn, 2002). 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 관능평가에 대한 결과를 [표 2-2-43]에 나타내었다. 모든 관능평가 항목에서 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

[표 2-2-43] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 관능평가 비교

Treatment ¹	Flavor	Tenderness	Juiciness	Overall acceptance
Control	4.91	5.08	5.05	5.05
Lairage	5.05	5.10	5.10	5.07
SEM ²	0.08	0.09	0.08	0.09

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=20).

(7) 지방산 조성

○ 개별 지방산은 고기의 맛뿐만 아니라 조리 중 열에 의한 지방 분해나 휘발성물질을 만듦으로써 풍미 형성에 중요한 역할을 한다(Dashdorj et al., 2015). 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 지방산 조성에 대한 결과를 표 2-8 에 나타내었다. 두 처리구의 지방산 조성은 올레산(C18:1, oleic acid), 팔미트산(16:0, palmitic acid), 스테아르산(18:0, stearic acid), 리놀레산(18:2, linoleic acid) 순으로 나타났다. 식육에 가장 풍부한 단일 불포화지방산으로(Park et al., 2011) 식육의 맛과 향에 큰 영향을 미치는 것으로 알려진 올레산과 지방산에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았는데, 이는 추가 계류시간이 돈육의 지방산 조성에 미치는 영향이 미미하여 발생한 결과라고 사료된다. 계류 처리구는 높은 전체불포화지방산(UFA) 함량, UFA/SFA 비율을 나타내었고, 낮은 동맥경화지수(AI)와 혈전형성지수(TI)를 나타내었는데, 이는 계류에 의한 영향보다 각 개체간의 차이가 크게 작용하여 발생한 결과라고 판단된다.

[표 2-2-44] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 지방산 조성(%) 비교

Fatty acids	Control ¹	Lairage	SEM ²
10:0	0.13	0.12	0.01
12:0	0.11	0.11	0.01
14:0	1.55	1.47	0.03
16:0	24.91	24.92	0.23
16:1	3.31	3.33	0.09
18:0	12.07	11.63	0.22
18:1	42.99	43.94	0.60
18:2	9.68	9.61	0.40
18:3	0.70	0.70	0.02
20:2	0.32	0.31	0.01
20:3	0.25	0.25	0.02
20:4	1.84	1.92	0.16
20:5	0.04	0.05	0.01
22:6	0.04	0.04	0.01
24:1	0.32	0.35	0.03
SFA	38.77	37.65	0.39
UFA	59.49 ^b	60.49 ^a	0.34
MUFA	46.62	47.62	0.63
PUFA	12.88	12.87	0.55
UFA/SFA	1.54 ^b	1.61 ^a	0.02
n-6/n-3	11.50	11.45	0.48
n-6	11.85	11.84	0.54
n-3	1.03	1.03	0.02
AI	0.52 ^a	0.50 ^b	0.01
TI	1.19 ^a	1.14 ^b	0.02
P/S	0.33	0.35	0.02

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=20).

^{a-b} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

(8) 유리아미노산

- 유리아미노산은 고기의 풍미에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Lim et al., 2013). 각각의 아미노산이 단맛, 신맛, 짠맛, 쓴맛, 및 MSG와 같은 맛으로 구분된다고 하였으며, 유리아미노산 중 glycine, alanine, lysine, threonine 및 serine 은 단맛을 가지며 arginine, histidine, isoleucine, leucine, methionine, phenylalanine 및 valine은 쓴맛, glutamic acid와 aspartic acid는 우마미와 관련이 있다고 보고되어 있다(Fukunaga et al., 1989; Chiang et al., 2007). glutamic acid는 정미에 가장 크게 영향을 미치며, 우러나는 맛을 내는 정미성분으로 다른 정미성분과 공존할 시에 맛의 상승작용을 나타내는 중요한 정미성분이다.
- 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 지방산 조성에 대한 결과를 [표 2-2-45~47]에 나타내었다. 기능성 성분인 Taurine 함량에서는 계류처리구가 대조구에 비해 높은 함량을 나타내었다. Carnosine은 고기 특유의 맛에 관여하는 성분으로 구수한 맛과 관계가 있고, 고기를 가열하는 동안 맛의 향상에 관여한다고 알려져 있다. 또한, 항산화 활성을 가지는 carnosine을 근육 식품에 첨가하면 유통기한이 증가할 뿐만 아니라 좋은 색과 맛을 유지하는 것으로 알려진(Lee, 2019) carnosine의 함량에서는 저장 1일차 때 계류처리구가 높은 함량을 보였다. 정미성분인 glutamic acid는 저장기간 함량이 증가하였지만, 처리구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 단맛을 가진다고 알려진 serine, asparagine, glycine, lysine 함량에서는 계류 처리구가 유의적으로 낮은 함량을 나타내었지만, 쓴맛을 가지는 valine, isoleucine 함량에서는 대조구에 비해 높은 함량을 나타냈다. 하지만 non-bitter A.A, bitter A.A에서는 계류시간에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, non-bitter/bitter A.A 비율 또한 처리구간 차이가 나타나지 않았다. 따라서 추가 계류시간으로 인한 유리아미노산 조성의 변화는 미미한 것으로 사료되며, 개별 유리아미노산의 차이는 개체간의 차이가 크게 작용하여 나타난 결과라고 판단된다.

[표 2-2-45] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 유리아미노산(Non-bitter) 비교 (mg/100 g)

FAA	Treatment ¹	Storage (day)		SEM ²
		1d	7d	
Taurine	Control	18.07 ^b	15.63	1.14
	Lairage	20.62 ^a	18.39	1.13
	SEM	0.81	1.39	
Carnosine	Control	12.56 ^b	12.83	0.42
	Lairage	13.62 ^a	13.31	0.55
	SEM	0.33	0.61	
Aspartic Acid	Control	6.30	7.02	0.33
	Lairage	6.05	6.74	0.36
	SEM	0.38	0.30	
Threonine	Control	2.31 ^y	3.62 ^x	0.20
	Lairage	2.06 ^y	3.75 ^x	0.17
	SEM	0.08	0.25	
Serine	Control	2.98 ^{ay}	6.03 ^x	0.27
	Lairage	2.54 ^{by}	6.05 ^x	0.32
	SEM	0.09	0.41	
Asparagine	Control	0.46 ^a	0.62 ^a	0.05
	Lairage	0.35 ^b	0.42 ^b	0.03
	SEM	0.03	0.06	
Glutamic acid	Control	2.90 ^y	6.86 ^x	0.37
	Lairage	2.94 ^y	8.44 ^x	0.43
	SEM	0.18	0.54	
Glycine	Control	10.04 ^{ay}	11.84 ^x	0.53
	Lairage	8.46 ^{by}	12.56 ^x	0.43
	SEM	0.39	0.56	
Alanine	Control	18.01 ^y	20.94 ^x	0.51
	Lairage	17.99 ^y	23.59 ^x	0.99
	SEM	0.59	0.95	
Lysine	Control	4.47 ^{ay}	5.97 ^x	0.41
	Lairage	2.92 ^{by}	5.55 ^x	0.29
	SEM	0.36	0.35	

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=20).

^{a-b} Figures with different letters within the same cloumn differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-y} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

[표 2-2-46] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 유리아미노산(bitter) 비교 (mg/100 g)

FAA	Treatment ¹	Storage (day)		SEM ²
		1d	7d	
Valine	Control	2.85 ^{by}	5.16 ^x	0.27
	Lairage	3.36 ^{ay}	5.63 ^x	0.37
	SEM	0.11	0.45	
Methionine	Control	2.20 ^y	4.29 ^x	0.18
	Lairage	2.09 ^y	4.25 ^x	0.22
	SEM	0.05	0.28	
Isoleucine	Control	1.82 ^{by}	3.85 ^x	0.18
	Lairage	2.16 ^{ay}	3.89 ^x	0.30
	SEM	0.08	0.34	
Leucine	Control	4.38 ^y	7.90 ^x	0.34
	Lairage	4.22 ^y	8.04 ^x	0.50
	SEM	0.11	0.59	
Phenylalanine	Control	1.99 ^y	3.59 ^x	0.13
	Lairage	2.15 ^y	3.81 ^x	0.21
	SEM	0.06	0.24	
Histidine	Control	0.88 ^y	1.73 ^x	0.06
	Lairage	0.92 ^y	1.91 ^x	0.10
	SEM	0.04	0.11	
Arginine	Control	2.26 ^{ay}	3.81 ^x	0.17
	Lairage	1.51 ^{by}	3.50 ^x	0.16
	SEM	0.09	0.21	
Tyrosin	Control	1.73 ^y	3.33 ^x	0.17
	Lairage	1.66 ^y	3.27 ^x	0.18
	SEM	0.06	0.25	
Tryptophan	Control	87.81 ^b	86.75	1.34
	Lairage	92.39 ^a	88.91	2.12
	SEM	1.35	2.11	

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=20).

^{a-b} Figures with different letters within the same cloumn differ significantly ($p < 0.05$).

^{x-y} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

[표 2-2-47] 계류시간에 따른 동물복지 돈육의 유리아미노산 비교 (mg/100 g)

FAA	Treatment ¹	Storage (day)		SEM ²
		1d	7d	
Total free amino acid	Control	184.03 ^y	211.77 ^x	3.99
	Lairage	188.01 ^y	222.03 ^x	6.88
	SEM	2.87	7.41	
Non-bitter A.A.	Control	47.48 ^y	62.90 ^x	2.00
	Lairage	43.33 ^y	67.10 ^x	2.38
	SEM	1.46	2.75	
Bitter A.A.	Control	16.38 ^y	30.33 ^x	1.24
	Lairage	16.40 ^y	31.04 ^x	1.80
	SEM	0.38	2.15	
Non-bitter/Bitter A.A.	Control	2.90 ^x	2.09 ^y	0.09
	Lairage	2.65 ^x	2.20 ^y	0.08
	SEM	0.1	0.08	

¹ Control : slaughter on the same day, Lairage : slaughter after lairage for an additional 24 hours

² SEM; standard error of means (n=20).

^{x-y} Figures with different letters within the same row differ significantly ($p < 0.05$).

다. 요약

- 국내 시중에 유통되는 동물복지형 농장에서 생산된 돈육의 품질가치는 일반농장에서 생산된 돈육과 유의적 차이를 나타내지 않았다.
- 동물복지 생산방식이 생산회사 및 브랜드에 따른 육질 차이를 압도하는 품질특성을 보이지 않고 있는 실정이다.
- 이는 실질적으로 동물복지 생산에 대한 기준이 확립되어 있고 이에 따른 생산방식을 준수하고 있지만, 이는 실질적으로 돈육 품질 제고를 위해 일반농장에서도 상당 부분 동일하거나 유사한 생산 및 도축/가공 방법 기준에 따라 생산되고 있기 때문이다.
- 실질적으로 소비자들이 차별화할 수 있을 정도의 뚜렷한 품질특성 차이를 보일만 한 생산단계의 동물복지 기준 차이가 일반농장과 있다고 보기 어려운 점 때문이다.
- 동일농장에서 동물복지 방식으로 생산된 돼지 개체를 대상으로 차별화된 스트레스 방식(사육밀도 스트레스, 도축장에서의 계류시간 등)이 육질특성에 유의적 영향을 미치지 않는 결과로 나타났다.
- 계류시간은 pH 값에 영향을 미치는 주요인이고 계류시간이 늘어날수록 pH가 높아지며 pH는 육질특성에 밀접하게 관계하는 지표로 잘 알려져 있지만, 본 연구에서는 계류시간 연장에 따른 일정한 육질특성 변화의 패턴을 보이지 않았다.
- 현행 동물복지형 도축장에 도착한 후 6시간에서 12시간 정도 계류가 이루어지는 것으로 보이며, 본 실험에서 조건인 12시간 이상부터 24시간까지의 연장계류가 돈육의 품질특성에 긍정적인 영향을 미친다고 볼 수 없는 결과를 나타냈다.
- 이는 현행 동물복지형 도축조건으로 사용되고 있는 계류시간이 품질특성에 적절한 조건임을 판단할 수 있으며, 오히려 국내의 계류장 조건에서의 계류시간 연장이 돼지에게 스트레스를 부가하는 경우가 될 수도 있을 것이다.
- 현행 동물복지형 생산 및 도축방식이 최종 돈육의 육질특성, 영양성분, 기능성분 등에 유의적 변화를 주지 않는 것으로 판단되며, 이는 일반 사육기준과의 차이가 크지 않은 것이 원인으로 사려된다.
- 동물복지는 소비자가 감지할 수 있는 관능특성이나 성분변화에 따른 영양/기능특성 보다는 생산단계 이력과 관련된 신뢰를 바탕으로 하는 품질속성으로 여겨진다.
- 품질 차별화 요인을 도출하기 위한 독립된 동물복지 요인별 제한 설정 실험 추가가 필요할 것으로 판단된다.

제 3 절 동물복지 닭고기의 차별화 및 인증시스템 구축을 위한 품질가치 확보

1. 1차년도

가. 실험방법

(1) 재료 및 전처리

- 공시재료는 일반농장(n=30)과 복지형 농장에서 각각 사육된 육계를(n=30) 도계 후 바로 (주)하림에서 구입하여 냉장온도(2±2℃)에서 실험실로 이동한 후 다리육과 가슴육을 발골하였다. 발골한 육계 다리육과 가슴육은 각각 스티로폼 트레이에 LDPE (Low Density Polyethylene)으로 각각 포장한 뒤, 0, 3, 5, 7, 9일 동안 4±1℃ 저온 인큐베이터에서 저장하여 실험에 사용하였다.

(2) 일반성분

- 일반성분 분석은 AOAC의 방법(1995)에 따라 수분, 조지방, 조회분, 조단백질 함량을 측정하였다. 수분은 105℃ 상압가열건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550℃ 건식회화법, 조단백질은 Kjeldahl법을 이용하여 분석하였다.

(3) pH

- 식육의 pH는 시료 10g에 증류수 90mL을 가하여 homogenizer (PolyTron PT-2500 E, Kinematica, Lucerne, Switzerland)을 사용하여 균질한 후, pH meter (Orion 230A, Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

(4) 닭고기 육색

- 육색은 색차계(Colorimeter CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. Lightness (L*, 명도), Redness (a*, 적색도), Yellowness (b*, 황색도)의 값은 동일한 방법으로 반복 측정하여 평균값을 나타내었다. 표준화 작업은 Y값이 93.60, x값이 0.3134, y값이 0.3194인 표준백판을 사용하였다.

(5) 가열감량

- 가열감량은 시료를 polyethylene bag에 넣고 식육의 심부온도가 75±2℃에 도달할 때까지 항온수조에서 45분간 가열하였다. 가열감량 값은 가열 전 후의 중량차이를 백분율로 하여 계산하였다.

$$\text{가열감량(\%)} = (\text{가열 전 무게} - \text{가열 후 무게}) / \text{가열 전 무게} \times 100$$

(6) 보수력

- 원심분리법으로 보수력을 측정하기 위하여 시험관에 근막(힘줄)을 제거한 시료를 약 0.5g 측정하여 80℃의 항온 수조에서 20분간 가열하였다. 가열 후 10분 동안 실온에서 방냉하였으며, 2,000×g에서 20분간 원심분리 한 다음 시료의 무게를 측정하였다. 보수력은 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{보수력(\%)} = [(\text{총 수분} - \text{유리수분}) / \text{총 수분}] \times 100$$

$$\text{유리수분} = [(\text{원심분리 전 무게} - \text{원심분리 후 무게}) / (\text{시료} \times \text{지방계수})] \times 100$$

$$\text{지방계수} = 1 - (\text{지방함량}) / 100$$

(7) 전단력

- 가열감량은 시료를 polyethylene bag에 넣고 식육의 심부 온도가 75±2℃에 도달할 때까지 항온수조에서 45분간 가열한 후, 근섬유 방향과 직각이 되도록 2 × 1 × 2cm로 잘라 준비하였다. 전단력은 Texture Analyzer TA 1(LLOYD instruments, Fareham, UK)를 이용하여 V blade로 측정하였다. Texture Analyzer의 측정 조건은 test speed는 50mm/min, trigger speed는 50mm/min, trigger forces는 0.01kgf, load cell은 50kg이었다.

(8) 미생물 (총균수 및 대장균/대장균군)

- 총균수와 대장균/대장균군은 Petrifilm (Aerobic Count Plates, Coliform/E.coli Count Plates, 3M, USA)을 이용하여 측정하였다. 시료 10g을 채취한 다음 멸균 생리 식염수 90mL과 함께 멸균 bag에 넣고, stomacher (BagMixer 400; Interscience, France)를 이용하여 1분 동안 균질화 하였다. 균질액을 멸균 생리 식염수로 희석하여 Petrifilm에 1mL를 접종하였다. Petrifilm은 37℃에서 48시간 배양한 후, 균락 수를 계수하여 나타내었다.

(9) Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

- TBARS 측정은 Buege & Aust (1978)의 방법을 이용하였다. 시료 5g에 15mL 증류수를 가하여 균질화 하였다. 균질액 1mL를 시료로 사용하여, 50μL 7.2% BHA를 넣고 산화반응을 정지시켰다. 반응혼합물 1mL에 2mL의 20mM 2-Thiobarbituric acid (in 15% Trichroacetic acid) 시약을 가하고, 90℃에서 15분간 가열하였다. 가열 후 찬물에서 10분간 식힌 다음 2,000×g에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리 후 상층액을 UV/VIS spectrophotometer (Molecular Device, M2e, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 531nm 에서 흡광도를 측정하였고, 공시료는 시료대신 증류수를 가하여 같은 방법으로 측정하였다. TBARS 값은 흡광도 수치에 5.88을 곱하여 나타내었다.

$$\text{TBARS값 (mg malonaldehyde/kg Sample)} = (\text{시료 흡광도} - \text{공시료 흡광도}) \times 5.88$$

(10) 휘발성 염기태 질소(Volatile basic nitrogen, VBN)

- 시료 내 VBN 함량은 Conway unit을 사용하는 미량화산법을 이용하여 측정하였다(Kim et al., 2018). 시료 10g에 50mL 증류수를 넣고 30분간 교반을 실시한 후 여과지(Whatman No.1)를 이용하여 여과하였다. Conway unit 외실에는 시료 여과액과 포화 K₂CO₃ 각각 1mL을 넣고 내실에는 0.01N H₂SO₄ 1mL을 첨가하여 즉시 밀폐하였다. 밀폐한 Conway unit을 25°C 암실에서 1시간 방치한 후 Conway unit 내실에 Brunswik 지시약(0.2g methyl red와 0.1g methylene blue/100mL ethanol)을 첨가하고 0.01N NaOH로 적정하였다. 휘발성 염기태 질소의 함량은 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{VBN (mg/100g)} = 0.14 \times (b-a) \times F \div W \times 100 \times D$$

a : 시료의 적정한 NaOH의 양 (mL), b : 공시료의 적정한 NaOH의 양(mL),
F : 0.01N NaOH의 표준화 지수, W : 시료의 무게 (g), D : 회석배수

(11) Creatine, creatinine, di-peptide (anserine, carnosine)

- 식육 내 creatine 및 di-peptide (carnosine, anserine) 함량은 Mora et al. (2007)의 방법을 이용하였다. 시료 2.5g에 0.01N HCl 7.5mL을 첨가하여 균질하였다. 균질 후 4°C에서 3,000×g으로 30분간 원심분리한 후 상층액을 Whatman Glass microfiber Filter GF/C를 이용하여 여과하였다. 여과액 250uL를 acetonitrile 750uL와 혼합하여 4°C에서 20분간 반응시켰다. 반응 후, 10,000×g에서 10분 동안 원심 분리한 후 상등액을 0.22um membrane filter로 여과하여 HPLC (Agilent Infinity 1260 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA) 분석에 이용하였다. 분석 컬럼은 Atlantis HILIC silica column (150×4.6mm, 3.0um, Waters, USA)을 사용하였으며, 컬럼 온도는 35°C로 하였다. Creatine, anserine, carnosine은 214nm에서 검출하였으며, creatinine은 236nm에서 검출하였다. 이동상은 A 용매가 0.65mM ammonium acetate/acetonitrile (pH 5.50, 35:75(v/v)), B 용매가 0.55mM ammonium acetate/acetonitrile (pH 5.50, 70:30(v/v))로 B 용매를 1.4mL/min의 유속으로 13분 동안 linear gradient (0~100%) 방법으로 분석하였다. 각각 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 표준물질의 처리 농도에 따른 면적 비율을 계산하여 mg/100g로 나타내었다.

(12) SOD 활성 및 DPPH 라디칼 소거능

- SOD활성은 SOD-Assay kit-WST (Dojindo, Japan)를 이용하여 분석하였다. 최종 흡광도 측정은 micro plate reader (SpectraMax M2e, Molecular Devices, USA)를 사용하여 450nm에서 측정하였다.
- DPPH 라디칼 소거능은 Blois (1958)의 방법을 이용하여 분석하였다. 메탄올에 용해시킨 0.2mM DPPH 100uL에 각 시료를 100uL씩 혼합하여 실온 암실에서 30분간 반응시킨 후 micro plate reader (SpectraMax M2e, Molecular Devices, USA)를 사용하여 517nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 아래의 식에 따라 계산하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = 1 - (\text{시료 흡광도} - \text{Reference 흡광도}) / \text{대조구 흡광도} \times 100$$

(13) 지방산 분석

- 지방산 분석은 Folch (1957) 등의 방법에 따라 Folch 용액(chloroform:methanol=2:1)을 사용하여 지방을 추출하였으며, 지질 가수분해 과정은 Morrison & Smith(1964) 방법을 이용하였다. 지방산 조성은 CP-Sil 88 capillary column (Agilent CP7489, 100m×0.25mm×0.20µm)이 장착된 Gas Chromatography (Agilent 6890N, Agilent Technologies, USA)를 이용하여 분석을 실시하였으며, 분석결과는 전체 피크 면적에 대한 비율(%)로 계산하였다. Gas chromatography의 분석조건은 Table 1과 같다.

[표 2-3-1] GC operating conditions for determination of fatty acid

Item	Condition
Instrument	Agilent 6890N, Agilent Technologies, USA
Column	CP-Sil 88 capillary column (Agilent CP7489, 100m×0.25mm×0.20µm)
Detector	Flame Ionization Detector
Carrier gas	Helium(99.99%, Research purity)
Column flow rate	1mL/min
Split ratio	100:1, 1µL (Injection volume)
Injection port temperature	260°C
Detection port temperature	280°C
Oven temperature	150°C-200°C at 7°C/min; 200°C for 10min; 200°C-250°C, 3 at 7°C/min; 250°C, for 5min

(14) 통계분석

- 본 실험의 결과는 SAS (statistics analytical system) program (ver. 9.4)을 이용하여 처리구간 및 저장 일차에 따른 차이분석을 위해 분산분석을 실시하였으며, Tukey's 방법을 실시하여 P<0.05 수준에서 평균값 간의 유의성을 검정하였다. 모든 통계 수치는 평균값과 평균표준오차(Standard error of mean)로 나타내었다.

나. 실험결과

□ 국내 유통 일반 농장과 동물복지 농장의 육계 다리육의 품질·영양 기능 평가 및 비교



[그림 2-3-1] 국내 일반 농장 및 동물복지 농장 육계 다리육의 냉장저장 기간 중 외형

(1) 일반성분

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 일반성분 함량은 [표 2-3-2]에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 74.95~75.75%, 17.34~17.76%, 5.80~6.63%, 1.12~1.35%를 나타내었으며, 저장기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. Husak et al. (2008)의 결과, 육계 다리육의 수분, 조단백질, 조지방 함량은 각각 72.56~73.99%, 17.82~19.25%, 5.92~7.23%를 나타내어 본 연구와 유사한 수치를 나타내었다.

[표 2-3-2] Proximate composition of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Moisture	CT ²⁾	75.57 ^{Aa}	75.75 ^{Aa}	75.30 ^{Aa}	75.21 ^{Aa}	74.95 ^{Aa}	0.465
	WT	75.15 ^{Aa}	75.25 ^{Aa}	75.27 ^{Aa}	74.99 ^{Aa}	75.15 ^{Aa}	0.435
	SEM	0.333	0.445	0.380	0.373	0.650	
Crude protein	CT	17.34 ^{Aa}	17.68 ^{Aa}	17.34 ^{Aa}	17.40 ^{Aa}	17.38 ^{Aa}	0.294
	WT	17.76 ^{Aa}	17.65 ^{Aa}	17.56 ^{Aa}	17.54 ^{Aa}	17.54 ^{Aa}	0.258
	SEM	0.301	0.300	0.288	0.242	0.247	
Crude fat	CT	6.41 ^{Aa}	6.22 ^{Aa}	6.61 ^{Aa}	6.59 ^{Aa}	6.63 ^{Aa}	0.302
	WT	5.80 ^{Aa}	6.18 ^{Aa}	6.05 ^{Aa}	6.35 ^{Aa}	5.81 ^{Aa}	0.282
	SEM	0.283	0.341	0.303	0.201	0.313	
Crude ash	CT	1.23 ^{Aa}	1.12 ^{Aa}	1.32 ^{Aa}	1.25 ^{Aa}	1.23 ^{Aa}	0.071
	WT	1.12 ^{Aa}	1.25 ^{Aa}	1.19 ^{Aa}	1.35 ^{Aa}	1.29 ^{Aa}	0.061
	SEM	0.064	0.049	0.070	0.082	0.062	

^AMeans within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^aMeans within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(2) pH

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 pH 변화는 [표 2-3-11]에 나타내었다. 저장 1 일차 일반 및 동물복지 육계 다리육의 pH는 각각 6.37과 6.28이었으며, 동물복지 육계 다리육에서 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다($P < 0.05$). Castellini et al. (2002)는 유기농장의 육계 다리육의 pH (6.02~6.10)가 일반 농장 육계 다리육의 pH (6.18~6.25) 보다 유의적으로 낮은 수치를 보였으며, 이는 유기농장의 육계가 복지환경으로 인해 스트레스 정도가 낮아 글리코젠 소비가 감소하였기 때문이라고 보고하여 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 일반 및 동물복지 육계 다리육의 pH는 저장 기간이 증가함에 따라 모두 유의적으로 증가하였다.

(3) 육색

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 육색변화는 [표 2-3-11]에 나타내었다. 소비자들이 식육 구매 시 신선도를 판단하는데 매우 중요한 요인으로 작용한다. 또한 육색은 시료 보관 및 운송 중에 변할 수 있어, 육색의 안정성은 매우 중요하다(Adams & Huffman, 1972). 특히 명도를 나타내는 L*값은 식육의 창백한 정도를 나타내며 품질에 많은 영향을 미친다. 일반육계 다리육의 L* 값은 처리구간 유의적인 차이는 없었으나, 동물 복지 육계 다리육의 L*값은 저장 기간이 증

가함에 따라 유의적으로 낮아짐을 보였다. 적색도를 나타내는 a*값은 처리구 및 저장 기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. Castellini et al. (2002)의 연구에서 일반 농장 및 유기축산 농장의 육계 다리육의 a*값은 5.78~6.07을 나타내었다.

- 저장 기간이 증가함에 따라 닭고기의 황색도(b*)는 증가하며, 오랜 시간 동안 저장된 식육일수록 b*값은 증가하여 고기 품질에 부정적인 영향을 미친다(Kim et al., 2018). CT의 b*값은 저장 1일차에 4.40으로 WT (5.97)보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었으나, 저장 7, 9일차에는 CT가 WT보다 유의적으로 높은 b*을 나타내었다. 적색도를 나타내는 a*값은 처리구 및 저장 기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다.

(4) 가열감량 및 보수력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 가열감량 및 보수력의 변화는 [표 2-3-3]에 나타내었다. 식육을 가열하면, 익힘 정도, 가열방법, 식육의 성분 및 조성에 따라 식육의 구조가 크게 변하며, 가열 방법과 상관없이 식육을 가열할 때 근섬유의 수축 및 근질의 단축으로 인해 식육의 보수력은 감소되어 가열감량이 발생하게 된다(Cho et al., 2008). 가열 감량은 식육을 가열할 때 유리되어 나오는 수분의 양을 측정하는 방법이며, 가열감량은 모든 저장 일차에서 CT와 WT간 유의적인 차이는 없었으나(25.69~30.94)는 저장 기간이 증가함에 따라 가열감량이 유의적으로 감소하였다. 결과 보수력의 증가로 인해 가열로 인한 수분 방출이 감소하여 가열 감량이 감소한 것으로 사료된다(Hughes et al., 2014). 식육의 보수력은 식육에 절단, 압착, 분쇄, 열처리 등과 같은 외부의 물리적인 힘을 가하였을 때 식육 내 수분을 유지하려는 성질을 말한다(Choi et al., 2009). 보수력은 식육의 연도, 조직감, 육색, 다즙성에 영향을 미치며, 단백질 구조변화 및 이온강도 등에 따라 보수력이 증가한다는 보고가 있다(Wu & Smith, 1987). 보수력이 증가하는 것은 저장 기간이 증가함에 따라 pH가 증가함에 따라 식육의 등전점에서 멀어졌기 때문이라고 사료된다(Thomsen & Zeuthen, 1988).

[표 2-3-3] pH, instrumental color, cooking loss (%) and water holding capacity (WHC, %) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾	
		1	3	5	7	9		
pH	CT ²⁾	6.37 ^{Ac}	6.41 ^{Ac}	6.40 ^{Ac}	6.56 ^{Ab}	6.75 ^{Aa}	0.028	
	CW	6.28 ^{Bd}	6.38 ^{Ac}	6.40 ^{Ac}	6.53 ^{Ab}	6.69 ^{Aa}	0.024	
	SEM	0.014	0.035	0.029	0.029	0.019		
L*	CT	55.31 ^{Aa}	55.52 ^{Aa}	54.99 ^{Aa}	54.83 ^{Aa}	55.04 ^{Aa}	0.409	
	CW	55.77 ^{Aa}	55.47 ^{Aab}	55.28 ^{Aab}	54.41 ^{Aab}	54.24 ^{Ab}	0.341	
	SEM	0.360	0.254	0.552	0.365	0.275		
color	a*	CT	6.96 ^{Aa}	7.11 ^{Aa}	7.71 ^{Aa}	7.44 ^{Aa}	7.72 ^{Aa}	0.222
	CW	7.16 ^{Aa}	7.16 ^{Aa}	7.80 ^{Aa}	7.38 ^{Aa}	8.11 ^{Aa}	0.238	
	SEM	0.216	0.255	0.276	0.193	0.201		
b*	CT	4.40 ^{Bc}	6.62 ^{Ab}	6.91 ^{Ab}	7.21 ^{Aab}	7.68 ^{Aa}	0.168	
	CW	5.97 ^{Aa}	5.91 ^{Aa}	6.54 ^{Aa}	6.52 ^{Ba}	7.23 ^{Ba}	0.316	
	SEM	0.232	0.281	0.368	0.189	0.128		
Cooking loss	CT	30.61 ^{Aa}	30.94 ^{Aa}	30.11 ^{Aab}	28.31 ^{Aab}	26.50 ^{Ab}	0.860	
	CW	28.05 ^{Aab}	29.45 ^{Aa}	28.90 ^{Aab}	29.85 ^{Aa}	25.69 ^{Ab}	0.798	
	SEM	0.824	0.885	0.661	0.797	0.953		
WHC	CT	53.63 ^{Ac}	57.17 ^{Abc}	59.58 ^{Abc}	61.61 ^{Ab}	69.92 ^{Aa}	1.716	
	CW	50.19 ^{Ac}	56.45 ^{Abc}	60.04 ^{Ab}	63.74 ^{Ab}	72.40 ^{Aa}	1.975	
	SEM	2.242	1.928	0.886	2.181	1.680		

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(5) 전단력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 냉장 저장 기간 중 전단력의 변화는 [표 2-3-4]에 나타내었다. 모든 저장일차에서 WT 처리구가 CT 처리구 보다 높은 전단력을 보였으며($P < 0.05$), 두 처리구 모두 저장 기간이 증가함에 따라 전단력은 감소하였다. Castellini et al. (2002)은 유기농장 육계 다리육의 전단력은 3.09~3.48kg/cm³이었으며, 일반 육계 다리육은 2.39~2.87kg/cm³으로 유기농장 육계 다리육의 전단력이 높았다고 하였으며, 이는 육계 사육 시스템의 차이로 인해 유기농장 육계가 더 많은 운동 활동을 하였기 때문이라고 보고하였다.

[표 2-3-4] Shear force (kgf) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
	1	3	5	7	9	
CT ²⁾	2.48 ^{Ba}	2.20 ^{Bb}	2.19 ^{Ab}	1.94 ^{Bc}	1.77 ^{Bd}	0.035
CW	2.81 ^{Aa}	2.50 ^{Ab}	2.28 ^{Ac}	2.21 ^{Ac}	1.89 ^{Ad}	0.050
SEM	0.054	0.051	0.040	0.031	0.035	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(6) 미생물

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 총균수와 대장균군의 변화는 [표 2-3-5]에 나타내었다. 저장 1일차에 총균수는 CT와 WT처리구간 유의적인 차이는 없었으나, 저장 7일차와 9일차에 WT (각각 5.83, 6.70log CFU/g)가 CT(각각 6.12, 7.16log CFU/g)보다 유의적으로 낮은 총균수를 나타내었다. 현재 식품의약품안전처의 식육 중 미생물 검사 권장기준(MFDS, 2018)에 따르면 식육 판매장에서의 닭고기 총균수는 5×10^6 CFU/g (약 6.70log CFU/g) 이하가 되어야 한다고 권장하고 있다. 그러나 저장 9일에 WT는 6.7 log CFU/g을 보여 권장기준 이내였으나 CT는 7.16 log CFU/g을 보여 미생물 권장 기준을 초과하였다. 따라서 복지 농장에서 사육된 육계 다리육의 미생물 증식이 일반농장 육계 다리육 보다 낮은 것으로 판단된다. 대장균군의 경우 저장 1일차에는 검출이 되지 않았으나, 3일차부터 유의적으로 증가하였으며, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 대장균의 경우 모든 처리구 및 저장일차에서 검출되지 않았다(data not shown).

[표 2-3-5] Microorganisms (log CFU/g) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Total aerobic bacteria	CT ²⁾	2.64 ^{Ad}	2.96 ^{Ad}	3.85 ^{Ac}	6.12 ^{Ab}	7.16 ^{Aa}	0.081
	CW	2.67 ^{Ad}	2.92 ^{Ad}	3.75 ^{Ac}	5.83 ^{Bb}	6.70 ^{Ba}	0.089
	SEM	0.081	0.069	0.104	0.084	0.084	
Coliforms	CT	ND ³⁾	0.55 ^{Aab}	0.84 ^{Aa}	1.30 ^{Aa}	1.67 ^{Aa}	0.204
	CW	ND	0.63 ^{Aa}	0.53 ^{Aa}	0.77 ^{Aa}	1.32 ^{Aa}	0.227
	SEM	0.000	0.304	0.301	0.248	0.216	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

³⁾ND; Not detected

(7) TBARS 및 VBN

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 TBARS 변화는 [표 2-3-6]에 나타내었다. 식육 저장 중 TBARS는 미생물 대사로 인한 지방의 산화 및 지방분해 효소에 의해 생성되는 malonaldehyde가 thiobarbituric acid와 반응하여 생성되는 붉은 색의 malondialdehyd를 흡광도로 측정하는 방법이다. TBARS 값이 클수록 지방산패도가 크다는 것을 의미한다. 저장 1부터 7일까지 CT와 WT간의 유의적인 차이는 없었으나, 저장 9일차에 WT (0.56mg MDA/kg)가 CT (0.64mg MDA/kg) 보다 유의적으로 낮은 TBARS 값을 나타내었다. 두 처리구 모두 저장 기간이 경과함에 따라 TBARS 값이 유의적으로 증가하였다.
- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 VBN의 변화는 [표 2-3-14]에 나타내었다. VBN 함량은 저장 기간이 증가함에 따라 고기의 변패가 진행되어 단백질이 아미노산과 무기태 질소로 분해된 산물을 측정하는 것이며, 식육의 신선도를 평가하는 지표로 사용된다(Kim et al., 2018). 저장 기간 동안 모든 일차에 WT가 CT 보다 유의적으로 낮은 VBN 함량을 나타내었다. 우리나라 식품공전에서는 VBN 함량이 20mg/100g 초과 시 부패육으로 판정하고 있다(MFDS, 2018). 저장 7일차에 CT는 VBN함량이 20.00mg/100g을 나타내어 부패육으로 판단되었으나, WT는 15.01mg/100g을 보여 CT보다 낮은 VBN값을 나타내었다. 동물복지 육계 다리육의 저장성이 일반농장 육계 다리육보다 높고, 신선도를 오랫동안 유지하는 것으로 판단되어진다.

[표 2-3-6] TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
TBARS	CT ²⁾	0.32 ^{Ad}	0.37 ^{Ac}	0.40 ^{Ac}	0.53 ^{Ab}	0.64 ^{Aa}	0.011
	WT	0.30 ^{Ae}	0.37 ^{Ad}	0.42 ^{Ac}	0.50 ^{Ab}	0.56 ^{Ba}	0.010
	SEM	0.010	0.011	0.008	0.010	0.013	
VBN	CT	9.16 ^{Ae}	10.32 ^{Ad}	11.96 ^{Ac}	20.00 ^{Ab}	26.87 ^{Aa}	0.198
	WT	8.45 ^{Bd}	9.22 ^{Bd}	10.16 ^{Bc}	15.01 ^{Bb}	21.79 ^{Ba}	0.206
	SEM	0.144	0.195	0.232	0.178	0.245	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-e} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(8) Creatine, creatinine과 di-peptide (Anserine 및 carnosine)

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 creatine 및 di-peptide (Anserine 및 carnosine)의 변화는 [표 2-3-7]에 나타내었다. Creatine 함량은 저장 1일차에 CT (192.52mg/100g)와 WT (203.00mg/100g)의 유의적인 차이는 없었으며, WT 처리구는 저장 기간이 증가함에 따라 creatine 함량이 유의적으로 감소하였다. Creatinine 함량은 저장 1일차에 CT (1.57mg/100g)와 WT (1.52mg/100g)간의 유의적인 차이는 없었으며, 두 처리구 모두 저장 기간이 경과함에 따라 creatinine의 함량이 증가하였다
- Di-peptide로 알려진 anserine (β -alanyl-L-1-methylhistidine)과 carnosine (β -alanyl-L-histidine)은 소, 돼지, 닭 같은 척추동물의 골격근과 신경 조직에 주로 분포하고 있으며, 금속 킬레이터와 유리 라디칼 소거제로 작용한다(Chan & Decker, 1994). 또한 세포막을 보호하고, 유리 라디칼과 같은 신체 독소를 제거하고 완충효과와 면역작용을 하는 대식세포 조절 기능을 가지고 있다(Boldyrev & Severin, 1990). Anserine의 경우 저장 1일차에 WT (101.64mg/100g)가 CT (75.73mg/100g) 보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었으며, 두 처리구 모두 저장 기간이 감소함에 따라 유의적으로 감소하였다. Carnosine 함량은 모든 저장 기간 동안 CT와 WT간의 유의적인 차이는 없었으며, 특히 CT는 저장 기간 증가에 따른 유의적인 변화를 보이지 않았다.

[표 2-3-7] Creatine, creatinine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Creatine	CT ²⁾	192.52 ^{Aa}	192.13 ^{Aa}	183.93 ^{Aa}	183.32 ^{Aa}	170.10 ^{Aa}	5.401
	WT	203.00 ^{Aa}	202.67 ^{Aa}	197.81 ^{Aa}	186.19 ^{Aab}	174.99 ^{Ab}	5.302
	SEM	3.667	6.356	7.428	4.827	3.296	
Creatinine	CT	1.57 ^{Ab}	1.50 ^{Ab}	1.66 ^{Aab}	1.63 ^{Ab}	1.99 ^{Aa}	0.078
	WT	1.52 ^{Abc}	1.47 ^{Ac}	1.71 ^{Aab}	1.66 ^{Aabc}	1.81 ^{Aa}	0.046
	SEM	0.062	0.057	0.032	0.080	0.079	
Anserine	CT	75.73 ^{Bab}	86.36 ^{Aa}	75.67 ^{Aab}	70.86 ^{Aab}	58.26 ^{Ab}	4.815
	WT	101.64 ^{Aa}	92.91 ^{Aab}	85.16 ^{Ab}	73.30 ^{Ac}	60.04 ^{Ad}	2.408
	SEM	2.635	5.887	3.931	2.554	2.980	
Carnosine	CT	34.45 ^{Aa}	36.02 ^{Aa}	38.32 ^{Aa}	32.00 ^{Aa}	22.40 ^{Aa}	4.272
	WT	42.27 ^{Aa}	41.28 ^{Aa}	33.63 ^{Aab}	32.69 ^{Aab}	21.78 ^{Ab}	3.222
	SEM	2.638	4.544	3.815	4.533	2.976	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

(9) SOD활성 및 DPPH 라디칼 소거능

○ 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 SOD 활성 및 DPPH 라디칼 소거능의 변화는 [표 2-3-8]에 나타내었다. 살아 있는 생명체는 free radical에 의한 손상으로부터 보호할 수 있는 방어기전을 가지고 있다, 그 중 SOD는 항산화 효소로 free radical을 제거하는 역할을 하며 세포를 산화적 손상으로부터 보호하는 작용을 한다(Freeman & Crapo, 1982). SOD 활성 실험 결과 모든 저장 일차에서 처리구간의 유의적인 차이가 없었다. Azad et al. (2010)의 따르면 34°C의 열 스트레스를 받은 육계에서 산화적 스트레스로 인해 ROS (reactive oxygen species)가 증가하여 항산화적 시스템이 작용하여 SOD 활성이 증가하였으며, 32°C의 스트레스를 받은 육계에서는 대조구 육계와 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 본 연구 결과 농장에 따른 육계 다리육의 SOD 활성의 차이는 없는 것으로 사료된다. DPPH 라디칼 소거능은 특정 항산화 물질이 활성 라디칼을 억제하는 작용을 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법으로 가장 많이 사용되고 있다. DPPH 라디칼 소거능은 저장 1일차에 WT (43.73%)가 CT (38.44%) 보다 유의적으로 높은 소거능을 보였으며, 두 처리구 모두 저장 기간이 증가함에 따라 DPPH 라디칼 소거능이 감소하였다.

[표 2-3-8] SOD activity (U/g wet tissue) and DPPH (%) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
SOD activity	CT ²⁾	3319.72 ^{Aa}	3309.66 ^{Aa}	2838.97 ^{Aa}	2594.34 ^{Aa}	2840.31 ^{Aa}	179.760
	WT	3478.75 ^{Aa}	3429.36 ^{Aa}	3321.05 ^{Aa}	2853.01 ^{Ab}	3003.57 ^{Aab}	113.087
	SEM	156.624	134.220	176.403	118.022	158.627	
DPPH (5mg/ml)	CT	38.44 ^{Ba}	31.79 ^{Ab}	29.12 ^{Bb}	30.49 ^{Ab}	27.43 ^{Ab}	1.054
	WT	43.73 ^{Aa}	35.84 ^{Ab}	31.31 ^{Ac}	31.75 ^{Ac}	28.62 ^{Ac}	0.963
	SEM	1.081	1.332	0.604	1.203	0.585	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

(10) 지방산 조성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 지방산 조성의 변화는 [표 2-3-9]에 나타내었다. 식이 내 지방산 조성이 인체의 영양과 건강에 중요하며, 식품 내 지방산의 포화도에 따라 인체 건강에 미치는 영향이 달라진다는 것은 여러 연구를 통해 밝혀졌다(Zhang et al., 1999). 육계 다리육의 주요 지방산은 oleic acid (26.55~32.91%), palmitic acid (20.11~24.07%), linoleic acid (16.59~18.39%) 순으로 나타났다. Oleic acid의 경우 1, 3, 5, 9일차에 WT처리구가 CT처리구보다 유의적으로 높은 조성을 나타내었다. Vaccenic acid는 모든 저장일차에서 WT처리구가 CT처리구보다 유의적으로 낮은 조성을 나타내었다. Eicosapentaenoic acid와 eicosenoic acid는 저장 1일차에 WT처리구가 CT처리구보다 유의적으로 낮은 조성을 나타내었다.

[표 2-3-9] Fatty acid (%) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
C14:0 (Myristic acid)	CT ²⁾	0.92 ^{Aa}	0.91 ^{Aa}	0.93 ^{Aa}	0.92 ^{Ba}	0.98 ^{Aa}	0.024
	WT	0.95 ^{Aa}	0.94 ^{Aa}	0.96 ^{Aa}	0.98 ^{Aa}	1.03 ^{Aa}	0.020
	SEM	0.019	0.014	0.018	0.012	0.037	
C16:0 (Palmitic acid)	CT	23.64 ^{Aa}	23.64 ^{Aa}	22.81 ^{Aab}	21.02 ^{Ab}	21.35 ^{Ab}	0.438
	WT	24.07 ^{Aa}	24.07 ^{Aab}	23.47 ^{Aa}	21.32 ^{Abc}	20.11 ^{Ac}	0.376
	SEM	0.378	0.553	0.310	0.364	0.396	
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	CT	4.61 ^{Aa}	3.61 ^{Ba}	3.99 ^{Aa}	5.47 ^{Aa}	5.78 ^{Aa}	0.582
	WT	4.63 ^{Aab}	4.41 ^{Aab}	3.39 ^{Bb}	4.19 ^{Aab}	5.26 ^{Aa}	0.356
	SEM	0.271	0.196	0.145	0.836	0.579	
C18:0 (Stearic acid)	CT	10.89 ^{Aa}	11.64 ^{Aa}	10.29 ^{Bab}	8.80 ^{Abc}	8.11 ^{Ac}	0.418
	WT	11.13 ^{Aa}	11.28 ^{Aa}	11.53 ^{Aa}	10.22 ^{Aa}	7.98 ^{Ab}	0.319
	SEM	0.169	0.434	0.149	0.562	0.371	
C18:1n9 (Oleic acid)	CT	26.55 ^{Bab}	24.20 ^{Bb}	24.34 ^{Bb}	28.26 ^{Aa}	29.73 ^{Ba}	0.823
	WT	29.18 ^{Abc}	30.11 ^{Ab}	28.00 ^{Ac}	29.96 ^{Ab}	32.91 ^{Aa}	0.321
	SEM	0.405	0.731	0.384	1.032	0.201	
C18:1n7 (Vaccenic acid)	CT	8.17 ^{Aa}	9.30 ^{Aa}	10.92 ^{Aa}	10.66 ^{Aa}	10.92 ^{Aa}	0.480
	WT	5.48 ^{Bc}	5.87 ^{Bbc}	5.92 ^{Bbc}	6.77 ^{Bab}	7.55 ^{Ba}	0.230
	SEM	0.256	0.370	0.221	0.396	0.548	
C18:2n6 (Linoleic acid)	CT	16.59 ^{Aa}	17.66 ^{Aa}	17.87 ^{Aa}	17.63 ^{Aa}	16.89 ^{Aa}	0.744
	WT	16.83 ^{Aa}	17.27 ^{Aa}	17.86 ^{Aa}	18.39 ^{Aa}	17.80 ^{Aa}	0.482
	SEM	0.615	0.517	0.205	0.888	0.700	
C18:3n6 (γ-Linolenic acid)	CT	0.12 ^{Aa}	0.12 ^{Aa}	0.13 ^{Aa}	0.13 ^{Aa}	0.12 ^{Ba}	0.009
	WT	0.11 ^{Ac}	0.12 ^{Abc}	0.13 ^{Aabc}	0.15 ^{Aab}	0.16 ^{Aa}	0.009
	SEM	0.008	0.008	0.007	0.011	0.009	
C18:3n3 (Linolenic acid)	CT	0.96 ^{Aa}	0.98 ^{Aa}	1.07 ^{Aa}	1.19 ^{Aa}	1.06 ^{Aa}	0.034
	WT	0.68 ^{Ac}	0.50 ^{Bbc}	0.98 ^{Aab}	1.12 ^{Ba}	1.07 ^{Ba}	0.080
	SEM	0.087	0.067	0.054	0.041	0.049	
C20:1n9 (Eicosenoic acid)	CT	1.81 ^{Aa}	1.46 ^{Aa}	1.40 ^{Aa}	1.59 ^{Aa}	1.84 ^{Aa}	0.213
	WT	1.33 ^{Bb}	1.10 ^{Ab}	1.42 ^{Ab}	1.65 ^{Ab}	3.01 ^{Aa}	0.241
	SEM	0.094	0.226	0.168	0.223	0.349	
C20:4n6 (Arachidonic acid)	CT	4.06 ^{Aab}	4.27 ^{Aab}	4.40 ^{Aa}	3.00 ^{Abc}	2.27 ^{Ac}	0.299
	WT	3.90 ^{Ab}	3.96 ^{Aab}	4.54 ^{Aa}	3.70 ^{Aab}	2.16 ^{Ac}	0.127
	SEM	0.219	0.190	0.194	0.356	0.124	
C20:5n3 (Eicosapentaenoic acid)	CT	0.30 ^{Aa}	0.28 ^{Aa}	0.29 ^{Aa}	0.24 ^{Aab}	0.18 ^{Ab}	0.016
	WT	0.23 ^{Bab}	0.30 ^{Aa}	0.28 ^{Aa}	0.26 ^{Aa}	0.16 ^{Ab}	0.015
	SEM	0.009	0.017	0.022	0.018	0.008	
C22:4n6 (Adrenic acid)	CT	0.99 ^{Aa}	1.08 ^{Aa}	1.14 ^{Aa}	0.79 ^{Aa}	0.59 ^{Ab}	0.066
	WT	0.96 ^{Aab}	0.92 ^{Aab}	1.04 ^{Aa}	0.90 ^{Abc}	0.59 ^{Ac}	0.064
	SEM	0.060	0.091	0.052	0.073	0.036	
C22:6n3 (Docosahexaenoic acid)	CT	0.40 ^{Aab}	0.39 ^{Aab}	0.41 ^{Aa}	0.29 ^{Bbc}	0.18 ^{Ac}	0.026
	WT	0.52 ^{Aa}	0.38 ^{Aab}	0.46 ^{Aa}	0.40 ^{Aab}	0.22 ^{Ab}	0.049
	SEM	0.077	0.020	0.017	0.027	0.021	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

□ 국내 유통 일반 농장과 동물복지 농장의 육계 가슴육의 품질·영양 기능 평가 및 비교



[그림 2-3-2] 국내 일반 농장 및 동물복지 농장 육계 가슴육의 냉장저장 기간 중 외형

(1) 일반성분

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 일반성분 함량은 [표 2-3-10]에 나타내었다. 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 75.03~76.22%, 21.80~22.50%, 1.10~1.44%, 1.67~1.76%의 수준을 나타내었으며, 저장기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. Chen et al. (2013)의 연구결과 육계의 가슴육을 조단백질 함량은 24.2~24.6%, 지방함량은 1.44~1.72%를 나타내어 본 연구 결과와 유사한 수치를 나타내었다. Husak et al. (2008)는 육계의 가슴육의 수분 함량을 측정한 결과 74.81~75.52%를 나타내어 본 연구 결과와 유사한 수치를 나타내었다.

[표 2-3-10] Proximate composition of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Moisture	CB ²⁾	76.10 ^{Aa}	76.09 ^{Aa}	75.86 ^{Aa}	75.93 ^{Aa}	76.22 ^{Aa}	0.383
	WB	75.03 ^{Aa}	75.95 ^{Aa}	76.10 ^{Aa}	76.02 ^{Aa}	75.53 ^{Aa}	0.334
	SEM	0.369	0.208	0.270	0.442	0.445	
Crude protein	CB	21.95 ^{Aa}	22.00 ^{Aa}	22.14 ^{Aa}	22.04 ^{Aa}	21.80 ^{Aa}	0.381
	WB	22.50 ^{Aa}	22.07 ^{Aa}	22.07 ^{Aa}	21.89 ^{Aa}	21.99 ^{Aa}	0.339
	SEM	0.298	0.293	0.337	0.379	0.467	
Crude fat	CB	1.29 ^{Aa}	1.28 ^{Aa}	1.31 ^{Aa}	1.35 ^{Aa}	1.34 ^{Aa}	0.081
	WB	1.10 ^{Aa}	1.44 ^{Aa}	1.19 ^{Aa}	1.22 ^{Aa}	1.33 ^{Aa}	0.101
	SEM	0.064	0.123	0.078	0.098	0.082	
Crude ash	CB	1.67 ^{Aa}	1.71 ^{Aa}	1.70 ^{Aa}	1.73 ^{Aa}	1.73 ^{Aa}	0.038
	WB	1.73 ^{Aa}	1.73 ^{Aa}	1.75 ^{Aa}	1.73 ^{Aa}	1.76 ^{Aa}	0.035
	SEM	0.031	0.028	0.042	0.047	0.031	

^A Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^a Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; chicken breast meat from conventional farm, WB; chicken breast meat from animal welfare farm

(2) pH

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 pH 변화는 [표 2-3-11]에 나타내었다. 저장 1일차 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 pH는 각각 5.95과 5.92이었으며, 두 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 두 처리구 모두 저장기간이 경과함에 따라 pH가 증가하였으며, 저장 9일차에는 WB처리구가 CB처리구보다 유의적으로 낮은 pH 값을 나타내었다. Castellini et al. (2002)의 연구에서 육계가슴육의 pH는 5.96~5.98 수준이었으며, 일반농장과 유기농장의 육계 가슴육의 초기 pH는 유의적인 차이가 없어 본 연구 결과와 유사하였다.

(3) 육색

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 육색변화는 [표 2-3-11]에 나타내었다. 명도를 나타내는 L*값은 품질에 많은 영향을 미친다. CB와 WB의 L*값은 모두 저장기간 동안의 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 적색도를 나타내는 a*값 및 황색도를 나타내는 b*은 저장기간 동안의 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. Castellini et al. (2002)의 연구 결과 일반농장과 유기농장에서 사육된 육계의 가슴육의 L*, a*, b* 값 모두 유의적인 차이를 보이지 않아 본 연구 결과와 유사하였다.

(4) 가열감량 및 보수력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 가열감량 및 보수력의 변화는 [표 2-3-11]에 나타내었다. 식육의 익힘 정도, 가열방법, 시간, 성분 및 조성에 따라 식육의 구조가 크게 변하여 근섬유의 수축 및 근질의 단축으로 인해 식육의 보수력이 감소되어 가열 감량이 발생한다. 가열감량은 1일차에 WB처리구가 CB처리구보다 유의적으로 낮았으며, 그 외 모든 저장 일차에서 CT와 WT 간 유의적인 차이는 없었다.
- 보수력은 물리적인 힘을 가하였을 때 식육이 수분함량을 유지하려는 힘을 말한다, CB와 WB의 보수력 결과 44.50~49.39% 수준을 나타내었으며, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 또한 두 처리구 모두 저장 기간 동안의 보수력의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-11] pH, instrumental color, cooking loss (%) and water holding capacity (WHC, %) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
pH	CB ²⁾	5.95 ^{Ab}	6.05 ^{Ab}	6.07 ^{Ab}	6.08 ^{Ab}	6.34 ^{Aa}	0.035
	WB	5.92 ^{Ab}	6.00 ^{Aab}	6.03 ^{Aab}	6.07 ^{Aa}	6.15 ^{Ba}	0.035
	SEM	0.027	0.034	0.046	0.040	0.024	
L*	CB	54.68 ^{Aa}	54.19 ^{Aa}	54.67 ^{Aa}	53.74 ^{Aa}	54.03 ^{Aa}	0.365
	WB	55.33 ^{Aa}	54.90 ^{Aa}	54.79 ^{Aa}	54.49 ^{Aa}	53.28 ^{Aa}	0.511
	SEM	0.444	0.470	0.398	0.534	0.352	
color	a*	1.89 ^{Aa}	1.78 ^{Aab}	1.86 ^{Aab}	1.52 ^{Ab}	1.69 ^{Aab}	0.085
	WB	1.74 ^{Aa}	1.77 ^{Aa}	1.79 ^{Aa}	1.74 ^{Aa}	1.70 ^{Aa}	0.101
	SEM	0.113	0.054	0.132	0.068	0.075	
b*	CB	2.25 ^{Ab}	2.79 ^{Aab}	3.16 ^{Aa}	3.28 ^{Aa}	3.56 ^{Aa}	0.197
	WB	2.26 ^{Aa}	3.34 ^{Aa}	3.53 ^{Aa}	3.46 ^{Aa}	3.44 ^{Aa}	0.149
	SEM	0.092	0.176	0.179	0.139	0.248	
Cooking loss	CB	20.91 ^{Aa}	19.37 ^{Aab}	19.57 ^{Aab}	18.63 ^{Ab}	19.90 ^{Aab}	0.486
	WB	18.61 ^{Ba}	19.36 ^{Aa}	18.69 ^{Aa}	19.64 ^{Aa}	20.83 ^{Aa}	0.628
	SEM	0.423	0.578	0.481	0.426	0.805	
WHC	CB	47.41 ^{Aa}	48.70 ^{Aa}	48.70 ^{Aa}	49.11 ^{Aa}	49.39 ^{Aa}	0.945
	WB	44.50 ^{Aa}	48.46 ^{Aa}	48.34 ^{Aa}	48.43 ^{Aa}	48.82 ^{Aa}	1.189
	SEM	1.361	0.655	0.720	1.126	1.303	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(5) 전단력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 냉장 저장 기간 중 전단력의 변화는 [표 2-3-12]에 나타내었다. 저장 1일차에 WB처리구의 전단력이 CB보다 높았으나, 유의적인 차이를 보이지 않았다. 저장 3, 5, 7, 9일차에는 WB처리구가 CB처리구보다 유의적으로 높은 전단력 값을 보였다. 두 처리구 모두 저장기간이 증가함에 따라 전단력 값이 감소하였다. Castellini et al. (2002) 연구에서 일반농장과 유기농장 육계 가슴육의 초기 전단력 값을 실험한 결과, 두 처리구간의 유의적인 차이가 없었으며, 본 연구 결과와 유사하였다.

[표 2-3-12] Shear force (kgf) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
	1	3	5	7	9	
CB ²⁾	2.58 ^{Aa}	2.30 ^{Bb}	2.20 ^{Bb}	2.08 ^{Bbc}	1.89 ^{Bc}	0.062
WB	2.80 ^{Aa}	2.59 ^{Aab}	2.41 ^{Abc}	2.24 ^{Ac}	2.14 ^{Ac}	0.075
SEM	0.119	0.065	0.048	0.045	0.027	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(6) 미생물

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 총균수와 대장균군의 변화는 [표 2-3-13]에 나타내었다. 저장 1일차에 총균수는 CB와 WB처리구간 유의적인 차이는 없었으나, 저장 9일차에 WB (6.58log CFU/g)가 CB(7.01log CFU/g)보다 유의적으로 낮은 총균수를 나타내었다. 현재 식품의약품안전처의 식육 중 미생물 검사 권장기준(MFDS, 2018)에 따르면 식육 판매장에서의 닭고기 총균수는 5×10^6 CFU/g (약 6.70log CFU/g) 이하가 되어야 한다고 권장하고 있다. 그러나 저장 9일에 WB는 6.58log CFU/g을 보여 권장기준 이내였으나 CB는 7.01log CFU/g을 보여 미생물 권장 기준을 초과하였다. 따라서 복지 농장에서 사육된 육계 가슴육의 미생물 증식이 일반농장 육계 다리육 보다 낮은 것으로 판단된다. 대장균군의 경우 저장 1일차에 검출 되지 않았으나, 3일차부터 검출되었다. 대장균군의 경우 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 대장균의 경우 모든 처리구 및 저장일차에서 검출되지 않았다(data not shown).

[표 2-3-13] Microorganisms (log CFU/g) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Total aerobic bacteria	CB ²⁾	2.82 ^{Ad}	2.82 ^{Ad}	3.48 ^{Ac}	5.55 ^{Ab}	7.01 ^{Aa}	0.102
	WB	2.60 ^{Ad}	2.91 ^{Ad}	3.38 ^{Ac}	5.49 ^{Ab}	6.58 ^{Ba}	0.096
	SEM	0.102	0.098	0.115	0.093	0.086	
Coliforms	CB	ND ³⁾	1.12 ^{Aa}	1.17 ^{Aa}	1.27 ^{Aa}	1.40 ^{Aa}	0.308
	WB	ND	0.43 ^{Aa}	0.40 ^{Aa}	0.96 ^{Aa}	1.14 ^{Aa}	0.241
	SEM	0.000	0.289	0.346	0.335	0.259	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

³⁾ND; Not detected

(7) TBARS 및 VBN 함량

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 TBARS 변화 및 VBN 함량은 [표 2-3-14]에 나타내었다. TBARS의 함량이 높을수록 지방의 산패도가 높을 것을 의미 한다. 두 처리구 모두 저장기간이 증가함에 따라 TBARS값이 유의적으로 증가하였다. 저장 1일차에는 WB 처리구(0.11mg MDA/kg)가 CB 처리구(0.13mg MDA/kg)보다 유의적으로 낮은 TBARS값을 나타내었다. Liu et al.(2016)의 연구결과 양에 열 스트레스를 주었을 때 식육의 MDA 함량이 증가하였으며, 스트레스로 인하여 MDA 함량이 증가하였다고 보고하였다. 본 연구 결과 동물복지 농장의 육계가 적은 스트레스로 인하여 MDA 함량이 감소한 것으로 사료된다. 또한 저장 7, 9일차에는 WB처리구가 CB처리구보다 유의적으로 낮은 TBARS값을 나타내었다. VBN 함량은 식육의 신선도를 판단하는데 지표로 사용되고 있으며, 저장기간이 증가함에 따라 식육의 변패가 진행되어 단백질이 아미노산과 무질태 질소로 분해된 산물을 측정하는 것이다. 그 결과 모든 저장 일차에서 WB의 처리구가 CB처리구보다 유의적으로 낮은 VBN 함량을 나타내었으며, 동물복지 가슴육이 저장성이 일반 육계 가슴육보다 저장성이 높으며, 신선도를 유지하는데 있어 유리할 것으로 사료된다.

[표 2-3-14] TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
TBARS	CB ²⁾	0.13 ^{Ae}	0.15 ^{Ad}	0.18 ^{Ac}	0.30 ^{Ab}	0.33 ^{Aa}	0.005
	WB	0.11 ^{Bd}	0.14 ^{Ac}	0.18 ^{Ab}	0.19 ^{Bb}	0.27 ^{Ba}	0.005
	SEM	0.003	0.005	0.005	0.004	0.007	
VBN	CB	9.69 ^{Ae}	10.61 ^{Ad}	11.69 ^{Ac}	16.35 ^{Ab}	25.07 ^{Aa}	0.200
	WB	9.17 ^{Be}	10.01 ^{Bd}	10.92 ^{Bc}	14.32 ^{Bb}	22.88 ^{Ba}	0.191
	SEM	0.149	0.112	0.178	0.255	0.244	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-e} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(8) Creatine, creatinine과 di-peptide (Anserine 및 carnosine)

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 creatine, creatinine 및 di-peptide (Anserine 및 carnosine)의 변화는 [표 2-3-15]에 나타내었다. Creatine 함량은 저장 1일차에 CB (183.18mg/100g)와 WB (178.730mg/100g)의 유의적인 차이는 없었으며, CB 처리구는 저장 기간이 증가함에 따라 creatine 함량이 유의적으로 감소하였다. Creatinine 함량은 저장 1일차에 CB (1.04mg/100g)와 WB (1.22mg/100g)간의 유의적인 차이는 없었으며, 두 처리구 모두 저장 기간이 경과함에 따라 creatinine의 함량이 증가하였다.
- Anserine의 경우 저장 1일차에 WB (130.10mg/100g)가 CB (92.60mg/100g) 보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었으며, 두 처리구 모두 저장 기간에 따른 유의적인 차이는 없었다. Carnosine 함량은 모든 저장 일차에서 처리구간의 유의적인 차이는 없었으나, 두 처리구 모두 저장기간이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다.

[표 2-3-15] Creatine, creatinine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Creatine	CB ²⁾	183.18 ^{Aa}	182.67 ^{Aa}	171.96 ^{Aab}	167.51 ^{Ab}	161.62 ^{Ab}	3.386
	WB	178.73 ^{Aa}	182.82 ^{Aa}	174.85 ^{Aa}	176.00 ^{Aa}	172.91 ^{Aa}	4.268
	SEM	3.246	3.742	2.682	3.616	5.421	
Creatinine	CB	1.04 ^{Ab}	1.50 ^{Aa}	1.52 ^{Aa}	1.60 ^{Aa}	1.54 ^{Aa}	0.053
	WB	1.22 ^{Ab}	1.48 ^{Aa}	1.44 ^{Aa}	1.52 ^{Aa}	1.54 ^{Aa}	0.051
	SEM	0.054	0.046	0.065	0.056	0.049	
Anserine	CB	92.60 ^{Ba}	94.99 ^{Ba}	104.57 ^{Aa}	88.36 ^{Ba}	81.85 ^{Ba}	6.080
	WB	130.10 ^{Aa}	117.54 ^{Aa}	123.55 ^{Aa}	129.54 ^{Aa}	110.19 ^{Aa}	5.487
	SEM	4.780	6.780	7.376	3.845	5.447	
Carnosine	CB	63.16 ^{Aa}	58.01 ^{Aa}	54.69 ^{Aa}	55.88 ^{Aab}	46.38 ^{Ab}	4.251
	WB	68.52 ^{Aa}	65.30 ^{Aa}	59.29 ^{Aab}	49.83 ^{Ab}	48.55 ^{Ab}	3.214
	SEM	4.658	4.437	3.769	3.209	2.263	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(9) SOD 활성 및 DPPH 라디칼 소거능

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 SOD 활성 및 DPPH 라디칼 소거능의 변화는 [표 2-3-16]에 나타내었다. SOD 활성 실험 결과 모든 저장 일차에서 처리구간의 유의적인 차이가 없었으며, 저장기간에 따른 SOD 활성에 유의적인 변화 또한 없었다. 따라서 본 연구 결과 농장에 따른 육계 가슴육의 SOD 활성의 차이는 없는 것으로 사료된다. Ahmad et al. (2012)는 육계 가슴육을 plastic bag에 포장한 뒤 4°C에서 12일 동안 SOD 함량을 측정한 결과 저장 기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않아 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다.
- DPPH 라디칼 소거능은 특정 항산화 물질이 활성 라디칼을 억제하는 작용을 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법으로 가장 많이 사용되고 있다. DPPH 라디칼 소거능은 처리구간의 유의적인 차이는 없었으나, WB 처리구의 경우 저장 기간이 감소함에 따라 유의적으로 감소하였다.

[표 2-3-16] SOD activity (U/g wet tissue) and DPPH (%) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items		Treatment					Storage (days)
		1	3	5	7	9	
SOD activity	CB ²⁾	3068.74 ^{Aa}	2740.19 ^{Aa}	2919.20 ^{Aa}	2926.62 ^{Aa}	2500.23 ^{Aa}	159.72
	WB	3010.72 ^{Aa}	3119.43 ^{Aa}	3025.07 ^{Aa}	2793.79 ^{Aa}	2555.15 ^{Aa}	154.74
	SEM	156.66	121.61	135.27	184.12	179.19	
DPPH (5mg/ml)	CB	48.30 ^{Aa}	43.22 ^{Aa}	43.49 ^{Aa}	42.38 ^{Aa}	42.79 ^{Aa}	1.423
	WB	51.55 ^{Aa}	44.41 ^{Ab}	41.64 ^{Ab}	41.06 ^{Ab}	42.94 ^{Ab}	1.325
	SEM	2.617	1.129	0.614	0.688	0.689	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(10) 지방산 조성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 지방산 조성은 [표 2-3-17]에 나타내었다. 가슴육의 주요 지방산은 palmitic acid (23.08~25.48%), oleic acid (21.47~21.53%), linoleic acid (17.21~17.50%)이었다. Nkukwana et al. (2014)의 연구에서 육계 가슴육의 지방산 조성을 살펴 본 결과, 주요 지방산은 oleic acid (28~32%), palmitic acid (23~25%), linoleic acid (17~21%)이라 하여 본연구와 유사하였다. W6지방산인 arachidonic acid과 adrenic acid은 CB 처리구가 WB 처리구보다 유의적으로 낮은 조성을 나타내었다. 또한 다가 불포화 지방산이 CB 처리구가 25.90%로 WB 처리구 (28.56%)보다 유의적으로 낮은 조성을 나타내었다. Chen et al. (2013)의 연구 결과, 방목 사육한 육계의 다가불포화 지방산이 일반 사육된 육계보다 다가불포화 지방산 조성이 높았으며, Husak et al. (2008)의 연구결과 또한 유기농장에서 사육된 육계의 다가불포화지방산 조성이 일반농장 육계 보다 높은 수치를 나타내어 본 연구의 결과와 유사하였다. 다가불포화 지방산은 건강한 지방산으로 알려져 있으며, 소비자가 구매 하는데 있어 중요한 이점이 될 수 있을 것으로 사료된다(Husak et al., 2008).

[표 2-3-17] Fatty acid of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm

Fatty acid	CB ¹⁾	WB	SEM ²⁾
C14:0 (Myristic acid)	0.83 ^A	0.81 ^A	0.011
C16:0 (Palmitic acid)	25.48 ^A	23.08 ^A	0.807
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	2.85 ^A	2.44 ^A	0.223
C18:0 (Stearic acid)	10.49 ^A	11.17 ^A	0.640
C18:1n9 (Oleic acid)	21.53 ^A	21.47 ^A	0.553
C18:1n7 (Vaccenic acid)	11.02 ^A	10.09 ^A	0.608
C18:2n6 (Linoleic acid)	17.21 ^A	17.50 ^A	0.576
C18:3n6 (γ -Linolenic acid)	0.13 ^A	0.13 ^A	0.006
C18:3n3 (Linolenic acid)	1.01 ^A	0.88 ^A	0.044
C20:1n9 (Eicosenoic acid)	1.90 ^A	2.38 ^A	0.211
C20:4n6 (Arachidonic acid)	4.80 ^B	6.36 ^A	0.055
C20:5n3 (Eicosapentaenoic acid)	0.51 ^A	0.55 ^A	0.028
C22:4n6 (Adrenic acid)	1.56 ^B	2.33 ^A	0.162
C22:6n3 (Docosahexaenoic acid)	0.67 ^A	0.81 ^A	0.073
SFA ³⁾	36.81 ^A	35.06 ^A	1.414
MUFA	37.30 ^A	36.38 ^A	0.949
PUFA	25.90 ^B	28.56 ^A	0.534
W6/W3	10.70 ^A	11.71 ^A	0.482

^{A-B} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

²⁾SEM; Standard error of means

³⁾SFA; Saturated fatty acid, MUFA; Monounsaturated fatty acid, PUFA; Polyunsaturated fatty acid.

2. 2차년도 연구결과

가. 실험방법

(1) 재료 및 조건

□ 사육 밀도에 따른 토종 실용계 가슴육 품질 특성 분석

- 공시재료는 토종 실용계의 사육 밀도에 따른 가슴육 품질을 비교하기 위해 [표 2-3-18]과 같은 사육 밀도로 하여 사육하였다. 급여 사료는 사육 단계별로 초기, 중기, 후기로 구분하여 시판 사료를 급여 하였으며, 깔짚은 높이를 5cm로 하여 왕겨를 사용하였다. 점등은 입추 후 3일간 24시간 점등, 이후 7일령까지 23시간 점등, 1시간 소등으로 하고 시험 종료 시 까지 간헐점등(1L:2D)을 실시하였으며, 조도는 시험 전기간 동안 10~15Lux로 조정하였다. 사육 후 도계하여 가슴육을 발골하여 실험에 사용하였다.

[표 2-3-18] Experimental design

Items	Con	T1	T2	T3	T4
Stock density (bird/m ²)	18	22	20	16	15

□ 계절에 따른 일반 및 동물복지 농장의 육계 품질 비교 분석

- 공시재료는 일반농장(n=30)과 복지농장(n=30)에서 35일 동안 사육한 도계 체중 1.1 kg의 Arbor Acres를 도계 후 바로 (주)하림에서 구입하여 냉장온도(2±2℃)에서 실험실로 이동한 후 다리육과 가슴육을 발골하였다. 발골한 육계 다리육과 가슴육은 각각 스티로폼 트레이에 LDPE (Low Density Polyethylene)으로 각각 포장 한 뒤, 1, 3, 5, 7, 9일 동안 4±1℃ 저온 인큐베이터에서 저장하여 실험에 사용하였다.

□ ROSS 306 품종의 일반 및 동물복지 농장의 육계 품질 비교 분석

- 공시재료는 일반농장(n=30)과 복지농장(n=30)에서 사육한 도계 체중 1.151~1.250 kg의 Ross 306을 도계 후 바로 참프레에서 구입하여 냉장온도(2±2℃)에서 실험실로 이동한 후 다리육과 가슴육을 발

콜하였다. 발골한 육계 다리육과 가슴육은 각 각 스티로폼 트레이에 LDPE (Low Density Polyethylene)으로 각각 포장 한 뒤, 1, 3, 5, 7, 9일 동안 4±1℃ 저온 인큐베이터에서 저장하여 실험에 사용하였다.

(2) 일반성분

- 일반성분 분석은 AOAC의 방법(1995)에 따라 수분, 조지방, 조회분, 조단백질 함량을 측정하였다. 수분은 105℃ 상압가열건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550℃ 건식회화법, 조단백질은 Kjeldahl법을 이용하여 분석하였다.

(3) pH

- 식육의 pH는 시료 10g에 증류수 90mL을 가하여 homogenizer (PolyTron PT-2500 E, Kinematica, Lucerne, Switzerland)을 사용하여 균질한 후, pH meter (Orion 230A, Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

(4) 닭고기 육색

- 육색은 색차계(Colormeter CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. Lightness (L*, 명도), Redness (a*, 적색도), Yellowness (b*, 황색도)의 값은 동일한 방법으로 반복 측정하여 평균값을 나타내었다. 표준화 작업은 Y값이 84.6, x값이 0.3174, y값이 0.3241인 표준백판을 사용하였다.

(5) 가열감량

- 가열감량은 시료를 polyethylene bag에 넣고 식육의 심부온도가 75±2℃에 도달할 때까지 항온수조에서 45분간 가열하였다. 가열감량 값은 가열 전 후의 중량차이를 백분율로 하여 계산하였다.

$$\text{가열감량(\%)} = (\text{가열 전 무게} - \text{가열 후 무게}) / \text{가열 전 무게} \times 100$$

(6) 보수력

- 원심분리법으로 보수력을 측정하기 위하여 시험관에 근막(힘줄)을 제거한 시료를 약 0.5g 측정하여 80℃의 항온 수조에서 20분간 가열하였다. 가열 후 10분 동안 실온에서 방냉하였으며, 2,000×g에서 20분간 원심분리 한 다음 시료의 무게를 측정하였다. 보수력은 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{보수력(\%)} = [(\text{총 수분} - \text{유리수분}) / \text{총 수분}] \times 100$$

$$\text{유리수분} = [(\text{원심분리 전 무게} - \text{원심분리 후 무게}) / (\text{시료} \times \text{지방계수})] \times 100$$

$$\text{지방계수} = 1 - (\text{지방함량}) / 100$$

(7) 전단력

- 시료를 polyethylene bag에 넣고 식육의 심부 온도가 $75\pm 2^{\circ}\text{C}$ 에 도달할 때까지 항온수조에서 45분간 가열한 후, 근섬유 방향과 직각이 되도록 $3 \times 1 \times 2\text{cm}$ 로 잘라 준비하였다. 전단력은 Texture Analyzer TA 1(LLOYD instruments, Fareham, UK)를 이용하여 V blade로 측정하였다. Texture Analyzer의 측정 조건은 500N load cell을 사용하였으며, cross-head speed은 50mm/min.이었다.

(8) 미생물(총균수 및 대장균/대장균군)

- 총균수와 대장균/대장균군은 Petrifilm (Aerobic Count Plates, Coliform/E.coli Count Plates, 3M, USA)을 이용하여 측정하였다. 시료 10g을 채취한 다음 멸균 생리 식염수 90mL과 함께 멸균 bag에 넣고, stomacher (BagMixer 400; Interscience, France)를 이용하여 1분 동안 균질화 하였다. 균질액을 멸균 생리 식염수로 희석하여 Petrifilm에 1mL를 접종하였다. Petrifilm은 37°C 에서 48시간 배양한 후, 균락 수를 계수하여 나타내었다.

(9) Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

- TBARS 측정은 Buege & Aust (1978)의 방법을 이용하였다. 시료 5g에 15mL 증류수를 넣은 후 7.2% butylated hydroxyl toluene $0.05\mu\text{L}$ 를 첨가하여 균질하였다. 균질액 1mL에 2mL의 20mM 2-Thiobarbituric acid (in 15% Trichroacetic acid) 시약을 가하고, 90°C 에서 15분간 가열하였다. 가열 후 찬물에서 10분간 식힌 다음 $2,000\times\text{g}$ 에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리 후 상층액을 UV/VIS spectrophotometer (Molecular Device, M2e, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 531nm 에서 흡광도를 측정하였고, 공시료는 시료대신 증류수를 가하여 같은 방법으로 측정하였다. TBARS 값은 흡광도 수치에 5.88을 곱하여 나타내었다.

$$\text{TBARS 값 (mg malonaldehyde/kg Sample)} = (\text{시료 흡광도} - \text{공시료 흡광도}) \times 5.88$$

(10) 휘발성염기태질소(Volatile basic nitrogen, VBN)

- 시료 내 VBN 함량은 Conway unit을 사용하는 미량확산법을 이용하여 측정하였다(Kim et al., 2018). 시료 10g에 50mL 증류수를 넣고 30분간 교반을 실시한 후 여과지(Whatman No.1)를 이용하여 여과하였다. Conway unit 외실에는 시료 여과액과 포화 K_2CO_3 각각 1mL을 넣고 내실에는 0.01N H_2SO_4 1mL을 첨가하여 즉시 밀폐하였다. 밀폐한 Conway unit을 25°C 암실에서 1시간 방치한 후 Conway unit 내실에 Brunswik 지시약(0.2g methyl red와 0.1g methylene blue/100mL ethanol)을 첨가하고 0.01N NaOH로 적정하였다. 휘발성 염기태 질소의 함량은 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{VBN (mg/100g)} = 0.14 \times (b-a) \times F \div W \times 100 \times D$$

a : 시료의 적정한 NaOH의 양 (mL), b : 공시료의 적정한 NaOH의 양(mL),

F : 0.01N NaOH의 표준화 지수, W : 시료의 무게 (g), D : 희석배수

(11) Creatine, creatinine, di-peptide (anserine, carnosine)

- 식육 내 creatine, creatinine 및 di-peptide (carnosine, anserine) 함량은 Mora et al. (2007)의 방법을 이용하였다. 시료 2.5g에 0.01N HCl 7.5mL을 첨가하여 균질하였다. 균질 후 4°C에서 3,000×g으로 30분간 원심분리한 후 상층액을 Whatman Glass microfiber Filter GF/C를 이용하여 여과하였다. 여과액 250μL를 acetonitrile 750μL와 혼합하여 4°C에서 20분간 반응시켰다. 반응 후, 10,000×g에서 10분 동안 원심 분리한 후 상층액을 0.22μm membrane filter로 여과하여 HPLC (Agilent Infinity 1260 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA) 분석에 이용하였다. 분석 컬럼은 Atlantis HILIC silica column (150×4.6mm, 3.0μm, Waters, USA)을 사용하였으며, 컬럼 온도는 35°C로 하였다. Creatine, anserine, carnosine은 214nm에서 검출하였으며, creatinine은 236nm에서 검출하였다. 이동상은 A 용매가 0.65mM ammonium acetate/acetonitrile (pH 5.50, 35:75(v/v)), B 용매가 0.55mM ammonium acetate/acetonitrile (pH 5.50, 70:30(v/v))로 B 용매를 1.4mL/min의 유속으로 13분 동안 linear gradient (0~100%) 방법으로 분석하였다. 각각 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 표준물질의 처리 농도에 따른 면적 비율을 계산하여 mg/100g로 나타내었다.

(12) 항산화 활성 실험 (DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP 활성, ORAC 활성)

- DPPH 라디칼 소거능은 Blois (1958)의 방법을 이용하여 분석하였다. 메탄올에 용해시킨 0.2mM DPPH 용액 100μL에 각 시료를 100μL씩 혼합하여 실온 암실에서 30분간 반응시킨 후 micro plate reader (SpectraMax M2e, Molecular Devices, USA)를 사용하여 517nm에서 흡광도를 측정하였다.
- ABTS 라디칼 소거 활성은 Re(1999)등의 방법을 이용하여 측정하였다. 7mM ABTS 용액과 2.45mM Potassium persulphate 용액을 혼합하고, ABTS 라디칼을 만들기 위해 실온에서 12~16시간 동안 암소 반응시켰다. 라디칼이 생성된 용액을 735nm에서 흡광도 값이 0.700 ± 0.02 가 되도록 희석하였다. 그 후 시료 50μL와 ABTS+용액 950μL를 혼합하여 30°C 암실에서 30분간 반응시킨 다음 735nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 Trolox를 표준물질로 하여 uM TE/mg dry matter로 나타내었다.
- FRAP 활성은 Benzie와 Strainin (1996)의 방법을 이용하여 항산화 활성을 측정하였다. FRAP solution은 300mM acetate buffer (pH3.6)와 40mM HCl로 용해시킨 10mM 2,4,6-tripyridyl-S-triazine (TPTZ) 용액 및 20mM FeCl₃·6H₂O를 각각 10:1:1의 비율로 혼합하여 사용하였다. 시료 25μL와 FRAP solution 175μL를 넣어 37°C에서 30분간 방치 후 590nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 trolox를 표준물질로 하여 uM TE/mg dry matter로 계산하여 나타내었다.
- ORAC은 Gillespie 등(2007)의 방법에 따라 측정하였다. Black 96 well plate에 25μL 표준시약 (trolox) 또는 시료를 넣고, 150μL fluorescein(80nM)을 넣어 혼합한 뒤 37°C incubator에서 15분 동안 방치하였다. 이 후 25μL AAPH(150mM)을 넣고 완전하게 혼합한 뒤 fluorescent microplate

reader(SpectraMax M2e, Molecular Devices, USA)를 사용하여 37°C에서 excitation 파장 485nm와 emission 파장 520nm에서 60분 동안 1분 간격으로 fluorescence의 감소율을 측정하였다. 표준시약 (trolox)과 시료의 area under the curve(AUC)를 측정하였으며, 표준시약 농도와 AUC 간의 회귀곡선을 이용하여 uM TE/mg dry matter로 나타내었다.

(13) 지방산 분석

- 지방산 분석은 Folch(1957)등의 방법에 따라 Folch 용액(chloroform:methanol=2:1)을 사용하여 지방을 추출하였으며, 시료를 시험관에 취한 후, 0.5N의 NaOH 메탄올 용액 1.5mL를 첨가하여 vortex로 혼합한 뒤에 100°C에서 5분 동안 가열하였다. 다음 찬물에서 냉각 후, BF₃ -메탄올 용액(약 10%, Supelco, Bellefonte, PA, USA) 2mL를 첨가하고 vortex 한 후에 100°C에서 2분 동안 다시 가열한 후 냉각하였다. 다음 지방산 메틸에스테르(fatty acid methyl ester, FAME)들을 추출하기 위하여 iso-octane 2mL를 첨가한 후 1분 동안 vortex 하였다. 다음 포화 NaCl용액 1mL를 가한 후 1분 동안 충분히 vortex 한 후에, 원심분리기(2,000 rpm, 3분)를 이용하여 충분히 분리 하였다. FAME를 포함한 상층액(iso-octane층)을 GC vial에 옮겨 분석하였다.

[표 2-3-19] GC operating conditions for determination of fatty acid

Item	Condition
Instrument	Agilent 6890N, Agilent Technologies, USA
Column	Omegawax250 (30 mx 0.25 mm id, 0.25 um film thickness; Supelco, Bellefonte, PA, USA)
Detector	Flame Ionization Detector
Carrier gas	Helium(99.99%, Research purity)
Column flow rate	1.2 mL/min
Split ratio	100:1, 1µL (Injection volume)
Injection port temperature	250°C
Detection port temperature	260°C
Oven temperature	150°C, hold for 2min 4°C/min up to 220°C, hold for 30min

(14) 유리 아미노산

- 지방을 제거한 마쇄한 시료 3 g에 2% TCA 용액 27 mL을 넣은 후 13,000 rpm에서 30초간 균질화한 후 17,000 ×g에서 15분간 원심분리 하였다. 상층액을 취하여 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 하였다. 상층액을 0.45 µm membrane filter로 여과한 다음 시료로 사용하였다. 유리 아미노산의 분석은 아미노산 분석기(SYKAM, S433 A.A., Germany)로 하였으며 분석 조건은 column size 4.6 × 150 mm, resin Li⁺ form, lithium citrate buffer (pH 2.9, 4.2, 8.0), 유속은 0.45 mL/min, ninhydrin은

0.25 mL/min, column 온도는 37 °C, 반응 온도는 110 °C로 하였고 분석시간은 120 min 으로 하였다.

[표 2-3-20] Operating conditions of amino acid auto analyzer for analysis of free amino acid in meat sample

Items	Conditions
Instrument	S433, auto analyzer Cation separation column (LCAK07/Li) 4.6 × 150 mm
Buffer change	A: pH 2.90 B: pH 4.20 C: pH 8.00 (Lithium citrate buffer solution)
Buffer flow rate	0.45 mL/min
Ninhydrin flow rate	0.25 mL/min
Column temp.	37 °C

(15) 통계분석

- 본 실험의 결과는 SAS (statistics analytical system) program (ver. 9.4)을 이용하여 처리구간 및 저장 일차에 따른 차이분석을 위해 분산분석을 실시하였으며, Tukey’s 방법을 실시하여 P<0.05 수준에서 평균값 간의 유의성을 검정하였다. 모든 통계 수치는 평균값과 평균표준오차(Standard error of mean)로 나타내었다.

나. 실험결과

□ 국내 일반농장 및 동물 복지 육계(브로일러)농장의 환경 조건 조사

- 육계 수컷 병아리 Arbor acres를 받아 실험에 사용하였으며, 입추 수수는 일반 농장, 동물복지 농장 각각 23,100, 17,833마리를 받아 사용하였다. 사육 밀도와 계사규격, 니플의 숫자는 일반 농장은 25수/m², 929m², 니플 한 개당 13수로 사육하였으며, 동물복지 농장의 경우 17수/m², 1,027m², 니플 한 개당 10수로 사육하였다. 총 사육 일수는 일반농장 및 동물복지 농장 모두 35일령 까지 사육하여 도계하였다.
- 본 실험에 사용한 사료는 사양표준을 근거하여 제조하였으며, 육계 초기 (0~7일령), 중기 (8~21일령), 후기(22~35일령)로 나누어 급여하였다. 일반 농장의 초기 사료는 대사에너지 3,040kcal/kg, 조단백질

22.5%, 중기사료는 대사에너지 3,150 kcal/kg, 조단백질 21.0%, 후기사료는 대사에너지 3,200 kcal/kg, 조단백질 20.0%이었으며, 동물복지 농장의 초기 사료는 대사에너지 3,040 kcal/kg, 조단백질 22.5%, 중기사료는 대사에너지 3,150 kcal/kg, 조단백질 21.5%, 후기사료는 대사에너지 3,200 kcal/kg, 조단백질 20.5%이었다.




□ 관행적인 사육 환경과 동물 복지 수준의 사육환경에 따른 육계(브로일러)의 품질·영양기능물질 차이 규명

(1) RSPCA (Royal Society for the Prevention of Cruelty to Animals) 복지 기준

- RSPCA는 법규, 정부 복지기준, 과학적 연구, 수의학적 자문, 농장 동물 복지 위원회 Farm Animal Welfare Committee (FAWC)의 권고사항, 축산업계의 실무 경험을 반영하였다.
- FAWC의 권고하고 있는 5가지 자유는 기아와 갈증으로부터의 자유, 불편함으로부터의 자유, 통증·외상·질병으로부터의 자유, 정상적으로 행동할 수 있는 자유, 공포와 고통으로부터의 자유가 있다.

○ 사료와 식수 : 완전한 건강을 유지하기 위하여, 사료와 식수를 언제든지 쉽게 섭취할 수 있도록 해야 된다.

- 사료는 균형 잡힌 사료를 제공해야 하며, 위생적으로 운송, 보관해야 한다 (감염, 오염, 습윤에 안전). 또한 영양 함유량 명시, 포유류 및 조류의 단백질 사용은 금하며(유제품 허용), 항생물질 사용금지하며 오염 되서는 안 된다. 25mm 구유를 사용해야 하며, 16mm의 원형 사료 통을 사용해야 한다. 원반형 급이기 사용시 65마리당 지름이 최소 330mm 원반형 급이기 1대 이상 필요하다 (한국 기준과 동일, 삼계의 경우 110마리당 1대 이상). 균일한 사료양이 제공 될 수 있도록 해야 하며, 4m 안에 사료가 있어야 하고, 공급기는 육계의 활동량을 증가 시킬 수 있는 장소에 위치해 있어야 한다. 헛대사용방지철사(anti-perch wire)의 사용을 금하며, 전기가 흐르면 안 된다.
- 식수는 깨끗해야 하며, 식수의 오염이 있어서는 안 되고 언제든지 식수공급이 되어야 한다. 6개월마다 수질 검사를 진행해야 하며, 물의 상태를 확인해야 한다. 또한 육계의 마시는 상태를 관찰해야 하며, 낭비되는 물의 양이 없어야 한다. 크기와 연령에 맞도록 설정해야 하며, 닭이 4m 이상 움직이도록 하면 안 된다. 식수 공급이 되지 않을 때 24시간 동안 식수를 제공 할 수 있는 양이 있어야 하며, 전기가 흘러서는 안 된다.

Bell 형	100마리당 1대	
Nipple 형 (한국기준과 동일)	10마리 당 1대 * 360도의 경우는 20마리당 1대	
Cup 형 (한국기준과 동일)	28 마리 당 1대	

[그림 2-3-3] 급수기 기준

- 환경 : 물리적, 환경적 요소로 인한 불안을 해결해야 하며, 스트레스를 느끼지 않게 하고, 본능적인 활동 욕구를 충족시킬 수 있어야 한다. 소음, 대기오염, 악천후, 포식동물 (방목형 농장 일 경우 토양오염 등의 외부 환경에 침해 받거나 그러한 가능성이 있어서는 안 된다)에 대한 영향이 없어야 한다.
- 건물 : 좋은 공기 상태와 깔짚 상태여야 하며 통풍이 가능해야 한다. 도축장으로 옮길 경우 운반과 취급이 간소화 시키고 쉽게 이동시킬 수 있도록 해야 한다. 내벽은 부드러워야 하며, 독성이 없어야 한다. 전기시설은 접근금지 시켜야 하며, 절연되어야 한다. 설치류로 부터 보호해야하며, 접지시켜야 한다. 계류장은 육계를 옮기기 쉽게 높이가 높아야 한다. 또한 계류장은 청결해야 하고, 야생조류나 설치류가 나타나지 않도록 해야 되며, 오염 방지 장치가 있어야 한다.
- 바닥과 깔짚 : 기생충이나 병원성미생물에 오염 되지 않도록 관리 해야 하며, 설치류의 침입을 방지해야 한다. 방습효과가 있어야 하며, 바닥이 모두 깔짚에 덮여 있어야 된다. 깔짚은 적합한 재료와, 건조하고 폭신한 상태여야 하며, 최소 5cm 깊이로 관리해야 하며, 모래목욕을 할 수 있어야 하고, 가능하면 매일 깔짚을 변경해주어야 하고, 위생적으로 관리해야 한다. 육계에 심각한 화상이 없어야 하고, 발바닥 및 뒤꿈치에 화상 있는 닭들이 4.0%를 넘지 않도록 해야 된다.
- 조명 : 조명은 8시간 이상 밝게 해야 하고, 최소 6시간에서 최대 12시간 연속된 암기를 가져야 한다. 자연조명을 사용할 경우 암기는 6시간 이하로 제공해야 한다. 바닥의 면적의 70% 이상에서 100 lux 이상의 조명을 제공해야 하며, 밝기는 20 lux 이하로 해서는 안 된다 (조도는 눈높이에서 측정하며, 조명이 달라지면 행동성향도 달라진다). 인공조명은 스위치로 작동하고, 단계적이거나 점진적인 방법으로 최소 15분 이상 단위로 작동해야 한다.

<한국 동물복지 육계의 조명 기준>

- 낮 시간 동안 계사 내부는 닭이 어려움 없이 주변을 볼 수 있고 관리자가 닭을 제대로 관찰할 수 있도록 충분히 밝아야 한다.
- 조명시설의 조명도는 최소 20 lux 이상이 되어야 한다.
- 계사 내부 모든 곳의 조명도는 균일하여야 한다.
- 매일 최소 8시간 이상의 연속된 명기, 최소 6시간 이상의 연속된 암기가 있어야 한다.
- 인공조명의 경우 단계적이거나 점진적인 방식이어야 한다.

- 사육 밀도 : 실내 시스템의 경우 30,000마리 이하, Free range의 경우 15,000마리 이하로 해야 한다.

<육계 동물복지 농장 사육 밀도 기준>

시스템방식		면적		최소 범위
		m ² 당 닭의 수	kg/m ²	마리당 가능한 m ² 범위
Indoor (한국 기준과 동일)		19	30.0	-
Free-range		13	27.5	1
Organic	Fixed housing	10	21.0	4
	Mobile housing	16	30.0	2.5

* 삼계 (한국 기준) : m² 당 35수 이하 및 30kg/m² 이내

- 공기 상태와 온도 환경 : 불쾌한 상태를 만들어서는 안 되며, 자연적 인공적 통풍시설이 있어야 한다. 검사날짜의 경우 먼지는 14일 주기, 암모니아 21일 주기로 검사해야 한다. 건물의 온도가 +3°C가 초과하면 경보 울리는 시스템이 있어야 한다.

*** 대기질 기준**

- 암모니아 : 20ppm 이하 (한국 기준 25ppm 이하)
- 이산화탄소 : 3,000ppm 이하 (한국 기준 5,000ppm 이하)
- 8시간 동안 평균 흡입 가능한 먼지 : 10mg/m³
 평균 일산화탄소 : 50ppm

- 환정보조물 : 가마니(straw bales), 헛대, 쪼을 수 있는 물건, 배추 속 식물, 도정하지 않은 곡식 제공해야 한다.

가마니	헛대	쪼을 수 있는 물건	배추속 식물	도정하지 않은 곡식
				

- 육계 1,000마리 당 가마니 1.5개, 두께 4~6cm 헛대 2m 제공해야 한다 (품종에 따라 10-30cm, 육계 한 마리당 15~20cm 제공).

<한국의 헛대의 기준>

- 육계 1000수, 토종닭 800수, 삼계 1700수 당 2m 제공
- 굵기 : 직경 3~6cm
- 췌 사이 간격 : 최소 30cm 이상
- 높이 : 최소 10cm~최대100 cm
- 벽과의 거리 : 최소 20cm 이상

○ 방목 : 방목사육 하는 것을 강요하지는 않지만, 관련 기준을 준수해야 한다. 실외에서 방목할 경우 축사 주변 지역에서 밀렵 활동이 없어야 하며, 살아있는 풀이 있는 목초지여야 한다. 또한 방목지에 질병 또는 기생충에 대해 안전해야 하며, 방목지역을 관리해야 한다. 사육 기간 중 절반 기간 동안은 방목해야 한다. Free range일 경우 28일 이상 방목해야 하며, organic의 경우 35일 이상 방목해야 한다. 닭이 최대 이동할 수 있는 거리는 14m이므로 사육시 고려해야 한다. 방목장의 경우 높이 45cm, 넓이 50cm이상이어야 하며, 출입구 개수는 700마리 기준으로 1개 이상이어야 하며, 700마리 이하일 경우 총 출입문의 개수는 최소 2개가 있어야 한다.

<한국의 실외 방목지 시설 기준>

- 방목장 면적이 1마리당 1.1m² 이상
- 출입구의 높이 45cm 이상, 너비 50cm 이상이어야 한다.
- 출입구의 개수는 700수당 1개 이상이어야 한다.
- 닭이 이용할 수 있는 가장 가까운 방목장 출입구의 위치: 최대 20m 이내

- Verandas (베란다) : 총 바닥에 20% 이상 차지해야 하며, 단단한 방수 재질이어야 하고, 망사형으로 절연되어야 한다.

- 그늘과 쉼터 : 튼튼한 건물이며, 안전이 보장되어야 하며, 서서 자연스런 자세를 취할 수 있어야 한다. 1000마리 당 8m²로 제공되어야하며 (한국 기준 412수 당 3.3m²), 2000

마리 당 최소 1개 있어야 한다(총 그늘과 쉼터는 최소 2개는 있어야 한다). 날씨와 육식 동물로부터 안전해야 하고, 다양한 거리에 배치한다. 집에서 20m이내에 위치해야 한다 (한국 기준 동일). 총 방목장 범위에서 최소 5%이내여야 한다.

- 관리 : 책임감 있는 관리 방식 및 소명의식이 필요하며, 사육 및 복지에 대하여 철저히 교육 받고, 풍부한 경험과 능력이 있어야 한다. 실무 지식을 가져야 한다.
- 건강 : 가축이 사육 되는 환경은 건강에 도움이 되어야 하며, 담당 수의사는 동물보건계획 (Veterinary Health and Welfare Plan, VHWP)문서의 초안을 만들고 정기적으로 검사해야 한다.
- 복지평가 결과 : 제공되는 것들이 어떠한 영향을 미치는지에 정기적으로 평가를 받아야 한다. 복지에 대해 더욱 신중한 조사와 모니터링 되어야 한다. 최소 12개월 마다 평가가 이루어져야 한다.
- 운송 : 운송시 동물에게 불필요하거나 고통이나 불안을 주지 않도록 설계 및 관리해야 한다. 운송 및 취급과정은 간소화해야 하며, 운송하는 인원은 교육과 직무능력을 가져야 한다.
 - 관리 : 담당자는 훈련을 받고, 수행할 능력이 있어야 한다. 육계에 불필요한 고통 방지와 안전을 보장해야 한다.
 - 포획 : 잡기 전에 눈이 띄지 않는 새들은 포획하지 않고, 지체 없이 진행해야 하며, 두려움을 최소화하기 위해 낮은 조명이나 푸른 조명에서 포획해야 한다. 포획하기 10시간 전까지 사료를 먹을 수 있어야 한하며, 포획할 때, 외풍이 들어오지 않도록 해야 한다. 포획하지 않을 육계가 사용 할 수 있는 바닥의 면적을 줄여서는 안 된다. 한손에 3마리 이상 운반해서는 안 된다. 높이가 220mm 이상이고 윗부분이 개방된 트레이 형태의 운반기구 사용해야 한다. 운반용 트레이로 육계를 운반해야 한다. 수용밀도는 트레이 바닥 면적(tray floor area)에 57kg/m²를 초과하면 안 되며, 더운 날 (25℃ 이상) 일 때는 수용 밀도를 감소시켜야 한다.
 - 운송 : 운송 상자는 사용 전 청소와 들에게 상처를 입히지 않기 위해 날카로운 모서리와 돌출부 제거해야 한다. 포획 후 8시간 이내에 도계되어야 한다. 이동 거리는 4시간 이내로 해야 되며, 육계가 차량에서 대기하는 시간을 가급적 줄여야 한다. 8℃ 이하의 온도의 경우 저 체온증이 발생하며, 이동시 육계가 고온과 추위에서 고통 받지 않아야 한다. 26℃ 이하, 상대습도 75%이하로 운송용 컨테이너의 실내 환경을 조성해야 한다.

- 도계 및 도살 : 불필요한 스트레스나 불안을 주지 않도록 설계 및 관리해야 된다. 취급과정을 간소화해야 되며, 도축에 관련된 사람들이 필요한 작업을 할 수 있도록 적합한 교육을 받고 직무 능력을 갖추어야 한다. 사육장과 가까운 도축장에서 도축/도살해야 하며, 가스기절 및 전기 워터 베이스를 이용하여 도축한다.
 - 계류장 : 도축장에 도착하면 계류장 혹은 즉시 도계해야 하며, 도착 후 4시간 안에 도계해야 한다. 소음, 고통, 불편함 최소화해야 한다.
 - 족쇄처리 : 족쇄는 모두 같은 형태와 모양이어야 하며, 매달린 상태에서 고통과 불안을 느끼지 않을 속도도록 도축과정을 진행해야 된다. 반드시 양다리로 매달려야 하며, 불균형이 없어야 한다. 족쇄를 처리할 때는 5 lux이하의 조도로 한다. 족쇄가 빠지지 않고, 떨어지지 않도록 주의해야 한다. 매달린 육계는 60초 이내 기절해야 한다.
 - 전기기절 : 출혈 전에 기절해야 한다. 전기 수조, 전기적인 금속, 또는 바(bar)로 된 기절 장치, 손으로 작동 되는 충격장치만을 이용하여 전기 기절 시킬수 있다.
 - 수조에서의 기절 : 육조는 모든 육계의 머리가 물에 잠길 수 있도록 위치해야 한다. 육계 한 마리당 평균 120mA의 최소전류가 흐르도록 해야 하며, 전류가 105mA 이하로 떨어지지 않게 해야 한다. 교류 전파의 주파수 50Hz(a frequency of 50Hz with a sinusoidal (AC) waveform)로 육조를 작동시켜야한다. 모든 육계는 최소 4초 이상 전기에 감전시켜야 한다. 육계가 잠겨있을 때 육조에 흐르는 전류를 정확하게 확인할 수 있는 전류계를 육조에 부착해야 한다.
 - 수동 헤드 전용 전기 기절 : 정확한 위치에 사용되어야 하며, 25-50마리에 사용한 후 세척해야 한다. 300-400mA 사이 (110V 전압 필요)여야 하며, 7초 동안 진행해야 한다.
 - 출혈 : 기절 후 출혈직전에 충분한 시간이 있어야 하며, 출혈은 기절 후 10초를 넘겨서는 안 된다. 수동으로 출혈 시킬 경우 최소 12cm 길이의 날카로운 칼을 사용해야 한다.
 - 가스 기절 : 많은 복지를 제공할 수 있으며, 육계 기절시 균일성이 높아진다. 또한 이산화탄소가 함유된 불활성 가스 및 이산화탄소만 허용된다. 또한 이산화탄소의 최대 농도는 33%이며, 40% 이상이면 법적으로 문제가 된다.

□ 사육밀도, 행동육구해소를 위한 방법과 효과

(1) 사육 밀도와 육계 생산량, 품질 및 스트레스 지표와의 관계

- Jang et al. (2014)는 사육 밀도(표준 밀도구: 0.046m²/수, 고밀도구: 0.023m²/수)에 생산성, 장기무게, 혈액 corticosterone, 염증성 사이토카인과 항산화 효소의 mRNA 발현에

- 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 고밀도 사육구에서 표준 밀도구에 비해 체중과 사료 섭취량이 유의적으로 감소하였으며, 장기 무게는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 사이토카인(IL-1 β , IL-6, IL-18 및 IFN- γ) mRNA 발현 또한 사육 밀도에 따른 차이가 없었으며, SOD, GPX 및 CAT의 mRNA 발현이 모두 고밀도 사육구에서 현저히 증가되는 것으로 나타났다. 따라서, 사육 밀도는 생산성을 감소시켰다고 보고하였다.
- An et al.(2012)은 육계를 표준 밀도구(495cm²/수)와 고밀도구(245cm²/수)에 사육 시 사료 요구율을 제외한 체중 및 사료 섭취량이 고밀도 사육구에서 현저히 감소하였음을 보고하였다. 또한 동물의 분자 수준(DNA), 면역체계(스트레스)에도 불리한 환경을 제공할 수 있음을 보여 주었으며, 닭의 사양관리에서 사육밀도를 적절한 수준으로 감소시켜 스트레스를 최소화 시키는 것이 좋을 것이라고 보고하였다.
 - Feddes et al.(2002) 연구에 의하면, 사육 밀도(23.8, 17.0, 14.3, 11.9수/m²)에 따른 42일령 육계의 생산성을 조사한 결과, 밀도가 가장 높은 23.8수/m²에서 체중이 제일 낮았으며, 14.3수/m² 에서 체중이 높았다고 보고하였다. 하지만, 입식 밀도는 사망률, 유방 수확량, 도체 등급, 굵힘 발생률 또는 도체 품질에 영향을 미치지 않았다. 환기율과 공기 순환이 적절할 때 좋은 도체 품질로 단위 면적당 높은 수확량을 가질 것이라고 보고하였다.
 - Tong et al. (2012)는 밀도(12.5, 17.5, 22.5수/m²)에 따른 식육의 품질, 도체 생산량, 면역 상태에 대해 연구하였다. 그 결과 하루 섭취량은 밀도가 증가함에 따라 유의하게 감소하였으나, 도체 생산량 및 가슴육, 다리육 생산량에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 품질에서는 드립감량, 전단력, 육색에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, pH는 낮은 밀도의 처리구에서 유의적으로 낮은 pH 값을 나타내었다. 또한 간, 비장 및 흉성의 무게는 사육 밀도에 따른 차이를 보이지 않았고 보고하였다.
 - Dozier et al.(2006)는 사육 밀도를 25(75수/펜), 30(90수/펜), 35(105수/펜), 40(120수/펜)kg BW/m²로하여 연구를 하였다. 연구결과, 사료 소비 및 사료 전환율은 사육 밀도가 증가함에 따라 감소하였으며, 혈장 코르티코스테론, 포도당, 콜레스테롤은 사육 밀도에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 입식 밀도가 증가함에 따라 도체의 무게가 감소되었지만, 도체 수율, 복부지방 함량, 피부질병은 입식 밀도에 따른 차이는 없었다. 따라서 본 연구 결과 30kg BW/m²를 초과하는 입식밀도에서는 육계에 성장과, 수율에는 부정적 영향을 미치지만 스트레스 지표에는 차이가 없다고 보고하였다.
 - Buijs, et al.(2009)의 밀도가 육계에 미치는 영향에 대하여 보고하였다. 본 연구에서는 사육밀도를 8, 19, 29, 40, 45, 51, 61, 72수/펜 (6, 15, 23, 33, 35, 41, 47, 56kg BW/m²)로 하여 실험을 진행하였다. 사망률, 또는 배설물 내의 코르티코스테론 대사산물의 농도는 사육밀도가 영향을 미치지 않았다. 하지만 고밀도 사육시 발바닥 및 피부의 질병에

영향을 미쳤다.

- Eckersall et al.(2015)는 사육 밀도에 따른 혈청 corticosterone (CORT), ovotransferrin (OVT), α 1-acid glycoprotein (AGP) 및 ceruloplasmin (CP)농도 및 열 쇼크 단백질 (HSP 70)의 단백질 발현양을 조사하였다. 사육 밀도는 저밀도 (0.100m²/수)와 고밀도 (0.063 m²/수)로 나누어 실험을 진행하였다. 본 연구 결과 고밀도 사육시에 육계의 생리학적(CORT, AGP, CP, OVT 및 HSP 70)으로 스트레스를 주었지만, 성장 및 사망률에는 영향을 미치지 않았다.
- Simitzis et al.(2012)는 육계의 사육밀도를 6, 13수/m² (12.6, 27.2수/m²)로 하여 연구하였다. 그 결과 입식 밀도가 높을수록 체중과 사료 섭취량에 부정적 영향을 미쳤으나, 식육에서 pH, 가열감량, 전단력에는 영향을 미치지 않았다. 또한 저밀도에서 사육된 육계에서 높은 근내지방량 및 NADP-isocitrate, NADP-malate dehydrogenase 활성을 보였으며, 고밀도 사육 육계에서 운동성이 감소하고, 스트레스 지표가 증가하였다. 따라서 입식밀도가 식육 품질에 유의적인 영향을 미치지 않았으나, 밀도가 높을수록 낮은 성장률과 산화적 스트레스 수준이 증가한다고 보고하였다.
- Nugraha et al.(2016)는 육계를 각각 8, 10, 12수/m²의 입식 밀도로 하여 연구를 하였다. 그 결과 사육 밀도에 따른 도체 생산량, 간과 신장의 MDA의 함량 차이가 없었으며, 식육 내 콜레스테롤의 함량의 대한 유의적인 차이는 없었다.
- Simsek et al.(2011)는 7.5, 11.25, 15, 18.75, 22.5수/m²의 사육 밀도로 실험하였다. 사육 밀도가 증가함에 따라 일일 체중 증가량과 사료 섭취량이 감소하였으며, 이에 따라 육계의 성장에 부정적 영향을 미쳤다. 사료 전환율 또한 감소하였으나, 도체수율과 사망률에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.
- Hall (2001)는 입식밀도 34kg/m²과 40kg/m²인 육계를 처리구로 하여 실험하였다. 입식 밀도가 40kg/m²인 처리구에서 높은 사망률과 높은 피부염 발생을 수치를 보였다고 보고하였다. 휴식의 행동이 감소하였으며, 운동성과 바닥을 쪼는 행동이 감소하였다고 보고하였다. 따라서 고밀도의 입식밀도를 가진 처리구에서 동물복지가 감소하였다고 보고하였다.
- Thomas et al.(2004)는 입식밀도를 5, 10, 15, 20수/m²으로 하여 실험을 진행하였다. 낮은 입식밀도를 가진 5수/m²에서 유의적으로 높은 성장률을 보였으나, 사망률에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 입식 밀도가 증가함에 따라 운동성이 감소하였으며, 깃털 상태와 발 화상 등 질병이 악화 되었다. 따라서 밀도가 높을수록 동물복지에 악영향을 미치는 것으로 보고하였다.
- Abudabos et al.(2013)는 저밀도(28.0kg/m²), 중밀도 (37.0kg/m²) 및 고밀도(40.0kg/m²)로 나누어 실험을 진행하였다. 고밀도에서 체중과 사료섭취량 유의적으로 낮은 수치를

보였으나, 사료 효율에는 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 고밀도 사육에서 체온이 유의적으로 높게 나타났으며, 간 손상 지표인 aspartate aminotransferase가 유의적으로 높은 수치를 나타내었다. 따라서 고밀도 사육으로 인하여 육계의 건강에 악영향을 줄 수 있다고 보고하였다.

- Simsek et al.(2009)는 육계의 입식밀도를 각각 7.5, 11.25, 15, 18.75, 22.5수/m²로 하여 실험을 진행하였다. 낮은 밀도는 닭이 움직일 수 있는 공간을 더 많이 제공하였으며, 이 결과로 육계에서 고기의 지방 비율을 감소시키고 단백질 비율을 증가시켰다고 보고하였다. 또한 입식 밀도가 높아 질수록 혈청의 HDL 콜레스테롤 함량이 유의적으로 감소하였다고 보고하였다.

(2) 사육 밀도와 육계의 행동특성의 관계

- 육계는 자신의 건강을 유지하기 위하여 적절한 환경에서 만족할 수 있는 기본적인 필수 요소가 있다. 이러한 목적을 위해서는 육계는 자연스럽게 걷거나, 쪼거나, 긁거나, 날개짓을 하고, 몸단장(깃털을 다듬는 행동)하거나, 먼지 목욕하거나, 쉬는 행동을 한다. Van Liere, (1992)는 먼지 목욕은 육계에게 가장 필요한 행동이며, 먼지목욕을 할 수 없는 상태에서 사육을 한다면 동물복지 수준을 감소한다고 언급하였다. 또한 깃털 쪼기는 깔짚이나, 쪼을 수 있는 물건 및 먼지 목욕을 할 수 없을 때 대체할 수 있는 행동으로 간주된다(Shields et al. , 2004),
- Son (2013)는 저밀도구(30~32kg/m²)보다 고밀도구(42~44kg/m²)에서 유식의 행동이 가장 많이 발행하는 것으로 보고하였으며, 모든 행동 중 가장 일반적인 행동으로 보고하였다 (76.0~85.7%).
- Martrenchar et al.(1997)은 가장 높은 입식 밀도 (43kg/m²)를 가지는 처리구에서 활동적인 행동을 하는 빈도수가 가장 낮다는 것을 보고하였다.
- Ha et al.(2011)의 연구는 사육밀도에 따른 토종 육계의 행동특성에 대하여 연구하였다. 사육 밀도가 증가함에 따라 걷는 행동이 유의적으로 감소하였다. 또한 사육 밀도가 증가함에 따라 다른 개체 간에 접촉이 증가하게 되고 상대적으로 좁아진 활동 공간 때문에 걷는 행동이 감소한다고 보고하였다. 또한 이러한 걷는 행동의 감소로 인하여 다리의 힘이 약해지고 발바닥 등의 피부염을 증가시키는 것으로 보고되고 있다. 섭식 행동은 사육 밀도가 증가함에 따라 증가하는 것으로 보고하였다. 또한 사육 밀도가 증가함에 따라서 몸단장, 모래욕, 바닥쪼기, 날개짓, 다른 닭 쪼기와 같은 활동적인 행동의 빈도수가 낮아진다고 보고하였다. 또한 자연 상태의 정상적인 행동이 많이 발현되었을 때 좋은 복지 수준이라 판단할 수 있으며, 따라서 높은 사육밀도에서 사육된 육계보다 낮은 밀도에서 사육된 육계가 더 좋은 복지 환경에서 사육된 것으로 판단되어 진다고 보

고하였다.

- 따라서 입식 밀도의 증가로 인하여 육계가 이동하는 공간이 부족하여 활동적인 행동이 감소하는 것으로 사료된다.

				
서기 (Standing)	앉기 (Sitting)	걷기 (Walking)	음수 (Drinking)	섭식 (Feeding)
				
몸단장 (Preening)	모래욕 (Dust bathing)	바닥조기 (Pecking)	날개짓 (Flapping)	다른 닭 쪼기 (Aggressive Pecking)

[그림 2-3-4] 육계의 행동

□ 사육 밀도에 따른 토종 실용계 가슴육 품질 특성 분석

(1) 일반성분

- 사육밀도에 따른 토종 실용계 가슴육의 일반성분 함량은 [표 2-3-21]에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 74.44~76.35%, 23.39~23.85%, 0.96~1.11%, 1.05~1.11%를 나타내었으며, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-21] Effect of stocking density on proximate composition (%) of chicken breast meat

Items	Con ¹⁾	T1	T2	T3	T4	SEM ²⁾
Moisture	75.32 ^a	74.44 ^a	76.35 ^a	75.60 ^a	75.85 ^a	0.453
Crude protein	23.61 ^a	23.69 ^a	23.39 ^a	23.76 ^a	23.85 ^a	0.373
Crude fat	1.04 ^a	1.02 ^a	0.96 ^a	1.11 ^a	0.97 ^a	0.070
Crude ash	1.09 ^a	1.11 ^a	1.08 ^a	1.08 ^a	1.05 ^a	0.021

^a Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾Con; 18 bird/m², T1; 22bird/m², T2; 20 bird/m², T3; 16 bird/m², T4; 15 bird/m²

(2) pH, 육색, 보수력, 가열감량

- 사육밀도에 따른 토종 실용계 가슴육의 pH, 육색, 가열감량, 보수력 결과를 [표 2-3-22]에 나타내었다. pH는 5.70~5.82 수치를 나타내었으며, 가장 낮은 사육 밀도를 가진 T4 처리구가 다른 처리구 보다 유의적으로 높은 pH를 나타내었다.
- L*(56.06~57.65), a*(4.14~4.56), b*(10.60~12.06) 결과 모든 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 보수력과 가열감량은 각각 48.21~55.18%, 21.97~23.73%를 나타내었으며, 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다.

[표 2-3-22] Effect of stocking density on pH, color, water holding capacity (WHC, %), and cooking loss (%) of chicken breast meat

Items	Con ¹⁾	T1	T2	T3	T4	SEM ²⁾	
pH	5.70 ^b	5.71 ^b	5.71 ^b	5.74 ^b	5.82 ^a	0.019	
Color	L*	57.65 ^a	56.63 ^a	56.76 ^a	56.06 ^a	56.99 ^a	0.481
	a*	4.36 ^a	4.14 ^a	4.36 ^a	4.35 ^a	4.56 ^a	0.324
	b*	12.06 ^a	11.70 ^a	11.72 ^a	11.15 ^a	10.60 ^a	0.439
WHC	48.21 ^a	50.06 ^a	55.18 ^a	52.24 ^a	52.87 ^a	1.832	
Cooking loss	21.94 ^a	23.10 ^a	23.73 ^a	22.29 ^a	22.94 ^a	1.043	

^a Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾Con; 18 bird/m², T1; 22 bird/m², T2; 20 bird/m², T3; 16 bird/m², T4; 15 bird/m²

(3) 전단력

- 사육밀도에 따른 토종 실용계 가슴육의 전단력 결과는 [표 2-3-23]에 나타내었다. 사육밀도가 감소할수록 전단력 값은 유의적으로 증가하였으며, 사육 밀도가 18~20 bird/m²인 Con, T1, T2, T3 처리구 보다 사육밀도가 15 bird/m²인 T4 처리구에서 유의적으로 높은 전단력 값을 보였다.

[표 2-3-23] Effect of stocking density on shear force (N) of chicken breast meat

Items	Con ¹⁾	T1	T2	T3	T4	SEM ²⁾
Shear force	16.58 ^{bc}	15.19 ^c	15.65 ^c	19.36 ^{ab}	20.69 ^a	0.688

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾Con; 18 bird/m², T1; 22 bird/m², T2; 20 bird/m², T3; 16 bird/m², T4; 15 bird/m²

(4) 미생물, TBARS, VBN

- 사육밀도에 따른 토종 실용계 가슴육의 미생물, TBARS, VBN 결과는 [표 2-3-24]에 나타내었다. 총균수와 대장균군은 각각 5.37~5.55 log CFU/g, 3.10~3.13 log CFU/g를 나타내었으며, 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 지방 산패도를 나타내는 TBARS의 경우 사육 밀도가 감소할수록 TBARS 값이 유의적으로 감소하였으며, T1(22bird/m²)보다 T4(15bird/m²)에서 유의적으로 낮은 TBARS값을 보였다. 단백질 변패를 나타내는 VBN 결과 12.38~12.87 mg/100g을 나타내었으며, 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다.

[표 2-3-24] Effect of stocking density on microorganisms (log CFU/g), TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken breast meat

Items	Con ¹⁾	T1	T2	T3	T4	SEM ²⁾	
Microorganisms	Total aerobic bacteria	5.49 ^a	5.37 ^a	5.48 ^a	5.54 ^a	5.55 ^a	0.169
	Coliforms	3.13 ^a	3.10 ^a	3.16 ^a	3.11 ^a	3.13 ^a	0.107
	TBARS	0.098 ^{ab}	0.104 ^a	0.095 ^{ab}	0.084 ^{bc}	0.078 ^c	0.004
	VBN	12.38 ^a	12.87 ^a	12.81 ^a	12.71 ^a	12.62 ^a	0.272

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾Con; 18 bird/m², T1; 22 bird/m², T2; 20 bird/m², T3; 16 bird/m², T4; 15 bird/m²

(5) Creatine, creatinine과 di-peptide (Anserine 및 carnosine)

- 사육밀도에 따른 토종 실용계 가슴육의 creatine, creatinine과 di-peptide (anserine 및 carnosine 함량을 [표 2-3-25]에 나타내었다. Creatine, creatinine, anserine, carnosine 함량은 각각 355.86~381.70 mg/100g, 2.61~3.74 mg/100g, 319.59~340.35 mg/100g, 98.07~110.66 mg/100g이었으며, 모든 항목에서 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다.

[표 2-3-25] Effect of stocking density on creatine, creatinine, anserine and carnosine (mg/100g) of chicken breast meat

Items	Con ¹⁾	T1	T2	T3	T4	SEM ²⁾
Creatine	366.18 ^a	355.86 ^a	363.86 ^a	368.97 ^a	381.70 ^a	8.096
Creatinine	3.74 ^a	2.61 ^a	2.91 ^a	2.77 ^a	2.86 ^a	0.323
Anserine	345.09 ^a	319.59 ^a	329.53 ^a	347.66 ^a	340.35 ^a	11.703
Carnosine	98.07 ^a	102.08 ^a	102.20 ^a	105.67 ^a	110.66 ^a	5.922

^a Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾Con; 18 bird/m², T1; 22 bird/m², T2; 20 bird/m², T3; 16 bird/m², T4; 15 bird/m²

(6) 지방산

- 사육밀도에 따른 토종 실용계 가슴육의 지방산 조성을 [표 2-3-26]에 나타내었다. 토종 실용계 가슴육의 주요 지방산은 Oleic acid (25.89~27.79%), Palmitic acid (23.67~24.88%), Linoleic acid (20.46~21.46%)이었으며, 세 지방산 모두 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 모든 지방산에서 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다.

[Table 2-3-26] Effect of stocking density on fatty acid of chicken (%) breast meat

Items	Con ¹⁾	T1	T2	T3	T4	SEM ²⁾
C14:0 (Myristic acid)	0.12 ^a	0.13 ^a	0.11 ^a	0.12 ^a	0.11 ^a	0.008
C16:0 (Palmitic acid)	23.67 ^a	23.89 ^a	23.92 ^a	24.88 ^a	24.10 ^a	0.309
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	2.67 ^a	2.54 ^a	3.01 ^a	3.34 ^a	2.74 ^a	0.252
C18:0 (Stearic acid)	10.00 ^a	10.70 ^a	10.12 ^a	10.42 ^a	10.24 ^a	0.300
C18:1n9 (Oleic acid)	27.73 ^a	25.89 ^a	27.79 ^a	26.21 ^a	26.91 ^a	0.725
C18:1n7 (Vaccenic acid)	3.26 ^a	3.42 ^a	3.33 ^a	3.43 ^a	3.11 ^a	0.089
C18:2n6 (Linoleic acid)	21.02 ^a	20.73 ^a	20.62 ^a	20.46 ^a	21.46 ^a	0.434
C18:3n6 (γ -Linolenic acid)	0.56 ^a	0.71 ^a	0.59 ^a	0.58 ^a	0.55 ^a	0.094
C18:3n3 (Linolenic acid)	0.47 ^a	0.42 ^a	0.49 ^a	0.44 ^a	0.48 ^a	0.018
C20:1n9 (Eicosenoic acid)	0.37 ^a	0.42 ^a	0.42 ^a	0.36 ^a	0.39 ^a	0.026
C20:4n6 (Arachidonic acid)	7.27 ^a	8.00 ^a	6.80 ^a	6.81 ^a	6.93 ^a	0.449
C20:5n3 (Eicosapentaenoic acid)	0.17 ^a	0.17 ^a	0.20 ^a	0.16 ^a	0.16 ^a	0.011
C22:4n6 (Adrenic acid)	2.07 ^a	2.24 ^a	1.94 ^a	2.13 ^a	2.14 ^a	0.145
C22:6n3 (Docosahexaenoic acid)	0.63 ^a	0.73 ^a	0.66 ^a	0.66 ^a	0.68 ^a	0.051
SFA	33.78 ^a	34.72 ^a	34.15 ^a	35.42 ^a	34.46 ^a	0.432
USFA	66.22 ^a	65.28 ^a	65.85 ^a	64.58 ^a	65.54 ^a	0.432
MUFA	32.19 ^a	33.00 ^a	31.31 ^a	31.24 ^a	32.40 ^a	0.767
PUFA	34.02 ^a	32.28 ^a	34.55 ^a	33.34 ^a	33.15 ^a	0.912

^a Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ Con; 18 bird/m², T1; 22 bird/m², T2; 20 bird/m², T3; 16 bird/m², T4; 15 bird/m²

□ 겨울철 일반농장 및 동물복지 농장 육계 가슴육의 특성 분석

(1) 일반성분

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 일반성분 함량은 [표 2-3-27]에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 75.47~76.40%, 21.89~22.72%, 1.06~1.14%, 1.17~1.27%를 나타내었으며, 저장기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-27] Proximate composition of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ⁹⁾
		1	3	5	7	9	
Moisture	CB ²⁾	76.40 ^{Aa}	75.52 ^{Aa}	75.79 ^{Aa}	75.61 ^{Aa}	76.25 ^{Aa}	0.254
	WB	75.95 ^{Aa}	76.02 ^{Aa}	75.62 ^{Aa}	76.15 ^{Aa}	75.47 ^{Aa}	0.263
	SEM	0.210	0.215	0.243	0.280	0.326	
Crude protein	CB	21.98 ^{Aa}	22.08 ^{Aa}	22.08 ^{Aa}	22.61 ^{Aa}	22.51 ^{Aa}	0.351
	WB	22.26 ^{Aa}	21.89 ^{Aa}	22.26 ^{Aa}	22.72 ^{Aa}	22.59 ^{Aa}	0.299
	SEM	0.343	0.291	0.393	0.291	0.301	
Crude fat	CB	1.11 ^{Aa}	1.10 ^{Aa}	1.06 ^{Aa}	1.10 ^{Aa}	1.07 ^{Aa}	0.043
	WB	1.11 ^{Aa}	1.12 ^{Aa}	1.10 ^{Aa}	1.08 ^{Aa}	1.14 ^{Aa}	0.030
	SEM	0.034	0.045	0.027	0.047	0.028	
Crude ash	CB	1.24 ^{Aa}	1.27 ^{Aa}	1.23 ^{Aa}	1.20 ^{Aa}	1.22 ^{Aa}	0.036
	WB	1.26 ^{Aa}	1.25 ^{Aa}	1.17 ^{Aa}	1.22 ^{Aa}	1.15 ^{Aa}	0.031
	SEM	0.039	0.021	0.039	0.028	0.037	

^A Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^a Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; chicken breast meat from conventional farm, WB; chicken breast meat from animal welfare farm

(2) pH, 육색, 가열감량, 보수력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 pH, 육색, 가열감량, 보수력의 변화는 [표 2-3-28]에 나타내었다. pH는 6.00~6.27 수치를 나타내었으며, 두 처리구 모두 pH값이 저장 기간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다.
- 육색은 소비자가 식육의 품질을 판단하는데 있어 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. L*(52.28~54.40), a*(1.51~1.78), b*(2.85~4.85) 값은 모든 저장 기간 동안 두 처리구간의 유의적인 차이

가 없었다. 황색도를 나타내는 b*값은 두 처리구 모두 저장 시간이 경과함에 따라 증가하였다. 식육의 익힘 정도, 가열방법, 시간, 성분 및 조성에 따라 식육의 구조가 크게 변하여 근섬유의 수축 및 근절의 단축으로 인해 식육의 보수력이 감소되어 가열 감량이 발생한다. 가열감량 또한 모든 저장 기간동안 17.29~19.81%를 나타내었으며, 두 처리구 간의 유의적인 차이는 없었다. 또한 두 처리구 모두 저장 기간 동안의 보수력의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-28] pH, instrumental color, cooking loss (%) and water holding capacity (WHC, %) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ⁹⁾
		1	3	5	7	9	
pH	CB ²⁾	6.03 ^{Ab}	6.09 ^{Aab}	6.13 ^{Aab}	6.24 ^{Aab}	6.27 ^{Aa}	0.053
	WB	6.00 ^{Ab}	6.01 ^{Bb}	6.00 ^{Bb}	6.11 ^{Aab}	6.25 ^{Aa}	0.035
	SEM	0.068	0.012	0.035	0.050	0.039	
L*	CB	53.61 ^{Aa}	53.43 ^{Aa}	53.06 ^{Aa}	53.44 ^{Aa}	52.93 ^{Aa}	0.429
	WB	54.40 ^{Aa}	52.28 ^{Aa}	52.96 ^{Aa}	52.78 ^{Aa}	52.94 ^{Aa}	0.527
	SEM	0.391	0.479	0.474	0.482	0.562	
color	a*	1.77 ^{Aa}	1.64 ^{Aa}	1.67 ^{Aa}	1.73 ^{Aa}	1.59 ^{Aa}	0.099
	WB	1.78 ^{Aa}	1.66 ^{Aa}	1.67 ^{Aa}	1.51 ^{Aa}	1.60 ^{Aa}	0.112
	SEM	0.156	0.077	0.091	0.080	0.103	
b*	CB	3.35 ^{Abc}	3.20 ^{Ac}	4.23 ^{Aab}	4.85 ^{Aa}	4.71 ^{Aa}	0.224
	WB	2.85 ^{Ab}	2.92 ^{Ab}	3.42 ^{Bab}	4.09 ^{Aa}	4.16 ^{Aa}	0.247
	SEM	0.271	0.133	0.195	0.302	0.241	
Cooking loss	CB	18.58 ^{Aa}	18.13 ^{Aa}	17.29 ^{Aa}	19.59 ^{Aa}	18.40 ^{Aa}	0.574
	WB	18.37 ^{Aa}	17.56 ^{Aa}	17.98 ^{Aa}	19.81 ^{Aa}	18.69 ^{Aa}	0.683
	SEM	0.447	0.850	0.739	0.633	0.350	
WHC	CB	51.12 ^{Aa}	52.02 ^{Aa}	50.29 ^{Aa}	51.23 ^{Aa}	51.54 ^{Aa}	1.893
	WB	55.39 ^{Aa}	52.44 ^{Aa}	53.35 ^{Aa}	51.53 ^{Aa}	52.88 ^{Aa}	1.306
	SEM	1.997	1.766	1.473	1.385	1.422	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(3) 전단력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 냉장 저장 기간 중 전단력의 변화는 [표 2-3-29]에 나타내었다. 모든 저장 간 동안 WB 처리구의 전단력이 CB보다 높은 값을 나타내었다. 또한 두 처리구 모두 저장 기간이 경과함에 따라 전단력은 유의적으로 감소하였다.

[표 2-3-29] Shear force (N) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment					Storage (days)
	1	3	5	7	9	
CB ²⁾	23.91 ^{Ba}	22.34 ^{Bb}	20.97 ^{Bbc}	19.80 ^{Bc}	17.93 ^{Bd}	0.353
WB	26.66 ^{Aa}	24.21 ^{Ab}	22.54 ^{Ac}	22.25 ^{Ac^d}	20.97 ^{Ad}	0.333
SEM	0.510	0.402	0.176	0.186	0.304	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(4) 미생물

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 총균수와 대장균군의 변화는 [표 2-3-30]에 나타내었다. 저장 1일차에 총균수는 CB와 WB처리구간 유의적인 차이는 없었으나, 저장 9일차에 WB(6.64 log CFU/g)가 CB(6.90 log CFU/g)보다 유의적으로 낮은 총균수를 나타내었다. 현재 식품의약품안전처의 식육 중 미생물 검사 권장기준(MFDS, 2018)에 따르면 식육 판매장에서의 닭고기 총균수는 5×10^6 CFU/g (약 6.70 log CFU/g) 이하가 되어야 한다고 권장하고 있다. 그러나 저장 9일에 WB는 6.64 log CFU/g을 보여 권장기준 이내였으나 CB는 6.90 log CFU/g을 보여 미생물 권장기준을 초과하였다. 따라서 복지 농장에서 사육된 육계 가슴육의 미생물 증식이 일반농장 육계 가슴육보다 낮은 것으로 판단된다. 대장균군의 경우 저장 1일차에 검출 되지 않았으나, 3일차부터 검출되었다. 대장균군의 경우 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 대장균의 경우 모든 처리구 및 저장일차에서 검출되지 않았다(data not shown).

[표 2-3-30] Microorganisms (log CFU/g) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ⁹⁾
		1	3	5	7	9	
Total	CB ²⁾	2.92 ^{Ad}	2.90 ^{Ad}	3.80 ^{Ac}	4.92 ^{Ab}	6.90 ^{Aa}	0.052
aerobic bacteria	WB	2.71 ^{Ad}	2.76 ^{Bd}	3.59 ^{Bc}	4.67 ^{Bb}	6.64 ^{Ba}	0.061
	SEM	0.087	0.035	0.035	0.062	0.048	
Coliforms	CB	ND ³⁾	0.20 ^{Ac}	0.53 ^{Abc}	1.09 ^{Aab}	1.44 ^{Aa}	0.145
	WB	ND	0.23 ^{Aa}	0.53 ^{Aa}	0.50 ^{Ba}	1.23 ^{Aa}	0.184
	SEM		0.216	0.242	0.160	0.080	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

³⁾ND; Not detected

(5) TBARS 및 VBN 함량

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 TBARS 변화 및 VBN 함량은 [표 2-3-31]에 나타내었다. 지방 산패도를 나타내는 TBARS 값은 수치가 높을수록 산패도가 높은 것을 의미한다. 두 처리구 모두 저장기간이 증가함에 따라 TBARS 값이 유의적으로 증가하였다. 저장 1, 3, 5, 9일차에는 WB 처리구와 CB 처리구는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 저장 7일차에는 WB (0.18mg MDA/kg) 값이 CB (0.21 mg MDA/kg) 값보다 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다.
- VBN 함량은 식육의 신선도를 판단하는데 지표로 사용되고 있으며, 저장기간이 증가함에 따라 식육의 변패가 진행되어 단백질이 아미노산과 무질태 질소로 분해된 산물을 측정하는 방법이다. 그 결과 저장 1일차부터 5일차까지는 두 처리구 간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 저장 7일차와 9일차에는 WB (13.85, 18.70 mg/100g)가 CB(14.65, 19.62 mg/100g) 보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 또한 VBN 함량은 미생물수에 영향을 미치며, 총균수의 실험결과와 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 동물복지 가슴육이 일반 육계 가슴육보다 저장성이 높으며, 저장 기간동안 신선도를 더 오래 유지하는 것으로 사료된다.

[표 2-3-31] TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ⁹⁾
		1	3	5	7	9	
TBARS	CB ²⁾	0.11 ^{Ac}	0.13 ^{Ac}	0.19 ^{Ab}	0.21 ^{Ab}	0.28 ^{Aa}	0.009
	WB	0.09 ^{Ac}	0.12 ^{Ac}	0.18 ^{Ab}	0.18 ^{Bb}	0.25 ^{Aa}	0.007
	SEM	0.005	0.009	0.009	0.007	0.011	
VBN	CB	9.93 ^{Ad}	11.77 ^{Ac}	12.47 ^{Ac}	14.65 ^{Ab}	19.62 ^{Aa}	0.184
	WB	9.24 ^{Ae}	11.33 ^{Ad}	12.26 ^{Ac}	13.85 ^{Bb}	18.70 ^{Ba}	0.139
	SEM	0.189	0.136	0.093	0.231	0.127	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a-e} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(6) Creatine, creatinine과 di-peptide (anserine 및 carnosine)

○ 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 creatine, creatinine 및 di-peptide (anserine 및 carnosine)의 변화는 [표 2-3-32]에 나타내었다. Creatine, creatinine, anserine, carnosine 함량 모두 두 처리간의 유의적인 차이는 없었다. Creatine과 anserine은 저장 기간이 경과함에 따라 유의적으로 감소하였으며, creatinine은 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

[표 2-3-32] Creatine, creatinine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ⁹⁾
		1	3	5	7	9	
Creatine	CB ²⁾	336.25 ^{Aa}	321.33 ^{Aab}	312.80 ^{Ab}	314.54 ^{Aab}	307.80 ^{Ab}	5.764
	WB	344.82 ^{Aa}	320.11 ^{Aab}	320.48 ^{Aab}	320.12 ^{Aab}	309.37 ^{Ab}	6.786
	SEM	9.303	3.026	6.334	6.085	5.033	
Creatinine	CB	0.94 ^{Ac}	1.48 ^{Ab}	1.80 ^{Ab}	2.40 ^{Aa}	2.60 ^{Aa}	0.128
	WB	0.94 ^{Ac}	1.42 ^{Abc}	1.76 ^{Ab}	2.33 ^{Aa}	2.72 ^{Aa}	0.107
	SEM	0.077	0.098	0.051	0.050	0.036	
Anserine	CB	236.32 ^{Aa}	210.90 ^{Aab}	216.18 ^{Aab}	225.67 ^{Aa}	173.07 ^{Ab}	11.632
	WB	292.16 ^{Aa}	244.89 ^{Aab}	217.32 ^{Ab}	232.21 ^{Aab}	191.70 ^{Ab}	16.910
	SEM	20.012	10.773	13.776	9.071	16.297	
Carnosine	CB	113.07 ^{Aa}	109.05 ^{Aa}	105.10 ^{Aa}	112.11 ^{Aa}	107.00 ^{Aa}	9.668
	WB	111.15 ^{Aa}	109.67 ^{Aa}	121.46 ^{Aa}	122.90 ^{Aa}	109.72 ^{Aa}	9.262
	SEM	8.444	11.276	9.662	8.718	8.964	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(7) 항산화 활성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성의 변화는 [표 2-3-33]에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능 및 ABTS 라디칼 소거능은 특정 항산화 물질이 활성 라디칼을 억제하는 작용을 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법으로 가장 많이 사용되고 있다. FRAP 활성은 철 환원력을 측정하여 항산화 활성을 측정하는 방법이며, ORAC 활성은 AAPH 에 의해 생성된 peroxy radical에 대한 소거활성을 형광도로 측정하는 방법이다.
- DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능과 ORAC 활성은 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, FRAP은 저장 1,5,7,9일차에 WB가 CB보다 유의적으로 높은 FRAP 활성을 나타내었다.

[표 2-3-33] DPPH, FRAP, ABTS, and ORAC (uM TE /mg dry matter) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items		Treatment					Storage (days)
		1	3	5	7	9	
DPPH	CB	19.98 ^{Aa}	18.58 ^{Aab}	17.47 ^{Ba}	17.65 ^{Aab}	17.38 ^{Ab}	0.749
	WB	20.05 ^{Aa}	18.47 ^{Aab}	18.82 ^{Aab}	18.82 ^{Ab}	15.96 ^{Ab}	0.557
	SEM	0.815	0.549	0.404	0.577	0.846	
ABTS	CB	113.45 ^{Aa}	107.84 ^{Aab}	106.97 ^{Aab}	100.03 ^{Ab}	102.13 ^{Aab}	2.950
	WB	109.34 ^{Aa}	106.97 ^{Aab}	106.56 ^{Aab}	102.54 ^{Aab}	99.57 ^{Ab}	2.002
	SEM	2.925	3.502	1.753	1.852	2.110	
FRAP	CB	13.14 ^{Ba}	12.51 ^{Aab}	11.51 ^{Bab}	11.51 ^{Bab}	11.06 ^{Bb}	0.413
	WB	15.69 ^{Aa}	14.13 ^{Aab}	13.79 ^{Aab}	13.63 ^{Aab}	12.77 ^{Ab}	0.688
	SEM	0.469	0.771	0.679	0.498	0.294	
ORAC	CB	194.30 ^{Aa}	187.80 ^{Aab}	184.50 ^{Aab}	176.95 ^{Aab}	164.20 ^{Ab}	5.865
	WB	206.40 ^{Aa}	199.65 ^{Aa}	189.35 ^{Aa}	188.40 ^{Aa}	177.95 ^{Aa}	7.655
	SEM	8.475	5.425	4.660	5.985	8.580	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(8) 유리 아미노산 함량

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 유리 지방산 함량 (ppm)은 [표 2-3-34]에 나타내었다. 총 유리 아미노산 함량은 CB (387.76ppm)가 WB (307.12ppm)보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. Threonine, Serine, Asparagine, Glutamic acid, Isoleucine, Leucine, Tyrosine, Lysine 함량은 CB 처리구가 WB 처리구보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었다.

[표 2-3-34] Free amino acid contents (ppm) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	CB ²⁾	WB	SEM ¹⁾
Taurine	13.42	11.05	1.20
Aspartic acid	17.14	13.88	1.35
Threonine	19.44 ^a	12.23 ^b	1.44
Serine	31.86 ^a	24.16 ^b	1.74
Asparagine	31.79 ^a	21.36 ^b	1.18
Glutamic acid	42.15 ^a	27.79 ^b	3.60
Glycine	46.50	37.33	3.02
Alanine	11.07	8.23	1.24
Valine	0.68	0.36	0.17
Methionine	6.34	4.96	0.49
Isoleucine	8.13 ^a	5.27 ^b	0.54
Leucine	19.62 ^a	13.54 ^b	1.43
Tyrosine	11.58 ^a	8.54 ^b	0.73
Phenylalanine	9.47	7.28	0.69
Histidine	1.17	0.82	0.13
Tryptophan	1.51	1.07	0.14
Lysine	92.25 ^a	83.41 ^b	1.43
Arginine	5.47	5.74	1.04
FAA	387.76 ^a	307.12 ^b	19.65
Tasty A.A.	286.19 ^a	227.21 ^b	11.18
Bitter A.A.	50.89 ^a	37.97 ^b	2.75
Tasty A.A. / Bitter A.A.	5.70	5.98	0.24

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

□ 겨울철 일반농장 및 동물복지 농장 육계 다리육의 특성 분석

(1) 일반성분

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 일반성분 함량은 [표 2-3-35]에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 76.10~76.70%, 16.14~16.57%, 5.92~6.08%, 1.07~1.12%를 나타내었으며, 저장기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-35] Proximate composition of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Moisture	CT ²⁾	76.70 ^{Aa}	76.66 ^{Aa}	76.27 ^{Aa}	76.51 ^{Aa}	76.37 ^{Aa}	0.435
	WT	76.12 ^{Aa}	76.25 ^{Aa}	76.10 ^{Aa}	76.29 ^{Aa}	76.35 ^{Aa}	0.304
	SEM	0.216	0.335	0.414	0.337	0.509	
Crude protein	CT	16.56 ^{Aa}	16.57 ^{Aa}	16.35 ^{Aa}	16.33 ^{Aa}	16.33 ^{Aa}	0.312
	WT	16.36 ^{Aa}	16.57 ^{Aa}	16.25 ^{Aa}	16.14 ^{Aa}	16.49 ^{Aa}	0.311
	SEM	0.243	0.277	0.364	0.343	0.315	
Crude fat	CT	5.96 ^{Aa}	6.04 ^{Aa}	5.95 ^{Aa}	5.92 ^{Aa}	5.99 ^{Aa}	0.183
	WT	6.08 ^{Aa}	6.06 ^{Aa}	6.07 ^{Aa}	5.92 ^{Aa}	5.95 ^{Aa}	0.131
	SEM	0.188	0.147	0.157	0.167	0.131	
Crude ash	CT	1.12 ^{Aa}	1.09 ^{Aa}	1.07 ^{Aa}	1.07 ^{Aa}	1.09 ^{Aa}	0.023
	WT	1.07 ^{Aa}	1.09 ^{Aa}	1.07 ^{Aa}	1.11 ^{Aa}	1.10 ^{Aa}	0.022
	SEM	0.011	0.024	0.012	0.023	0.034	

^AMeans within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^aMeans within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(2) pH, 육색, 가열감량, 보수력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 pH, 육색, 가열감량 및 보수력의 변화는 [표 2-3-36]에 나타내었다. 저장 1일차 일반 및 동물복지 육계 다리육의 pH는 각각 6.48과 6.57이었으며, 동물복지 육계 다리육에서 유의적으로 높은 수준을 나타내었다. 일반 및 동물복지 육계 다리육의 pH는 저장 기간이 증가함에 따라 모두 유의적으로 증가하였다. 소비자들이 식육 구매 시 신선도를 판단하는데 매우 중요한 요인으로 작용한다. 또한 육색은 시료 보관 및 운송 중에 변할 수 있어, 육색의 안정성은 매우 중요하다(Adams & Huffman, 1972). 명도를 나타내는 L*값은 식육의 명도를 나타내며 품질에 많은 영향을 미친다. 다리육의 L* 값은 처리구간 및 저장기간에 따른 유의적인 차

이는 없었다. 적색도를 나타내는 a*값은 처리구 및 저장 기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 저장 기간이 증가함에 따라 닭고기의 황색도(b*)는 증가하며, 오랜 시간 동안 저장된 식육일수록 b*값은 증가하여 고기 품질에 부정적인 영향을 미친다(Kim et al., 2018). b*값은 저장 1일차에 각각 6.38, 6.67값을 나타내어 유의적인 차이가 없었으나, 9일차에는 CT(9.17)가 WT(8.07)보다 유의적으로 높은 b*을 나타내었다.

- 식육을 가열하면, 익힘 정도, 가열방법, 식육의 성분 및 조성에 따라 식육의 구조가 크게 변하며, 가열 방법과 상관없이 식육을 가열할 때 근섬유의 수축 및 근질의 단축으로 인해 식육의 보수력은 감소되어 가열감량이 발생하게 된다(Cho et al., 2008). 식육의 보수력은 식육에 절단, 압착, 분쇄, 열처리 등과 같은 외부의 물리적인 힘을 가하였을 때 식육 내 수분을 유지하려는 성질을 말한다(Choi et al., 2009). 보수력은 식육의 연도, 조직감, 육색, 다즙성에 영향을 미치며, 단백질 구조변화 및 이온강도 등에 따라 보수력이 증가한다는 보고가 있다(Wu & Smith, 1987). 가열 감량은 식육을 가열할 때 유리되어 나오는 수분의 양을 측정하는 방법이며, 가열감량 및 보수력은 모든 저장 일차에서 CT와 WT간 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-36] pH, instrumental color, cooking loss (%) and water holding capacity (WHC, %) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
pH	CT ²⁾	6.48 ^{Bc}	6.57 ^{Abc}	6.67 ^{Aab}	6.71 ^{Aa}	6.72 ^{Aa}	0.033
	WT	6.57 ^{Aab}	6.48 ^{Bb}	6.53 ^{Aab}	6.61 ^{Aab}	6.68 ^{Aa}	0.039
	SEM	0.027	0.018	0.043	0.049	0.033	
L*	CT	56.77 ^{Aa}	56.05 ^{Aa}	55.32 ^{Aa}	55.14 ^{Aa}	54.46 ^{Aa}	0.700
	WT	56.79 ^{Aa}	55.66 ^{Aa}	55.18 ^{Aa}	55.39 ^{Aa}	53.91 ^{Aa}	0.697
	SEM	0.610	1.065	0.461	0.598	0.602	
Color a*	CT	8.32 ^{Aa}	8.38 ^{Aa}	8.38 ^{Aa}	8.20 ^{Aa}	8.74 ^{Aa}	0.292
	WT	8.07 ^{Aa}	7.64 ^{Aa}	8.04 ^{Aa}	7.85 ^{Aa}	8.48 ^{Aa}	0.245
	SEM	0.207	0.329	0.184	0.225	0.358	
b*	CT	6.38 ^{Ad}	7.42 ^{Ac}	8.12 ^{Abc}	8.69 ^{Aab}	9.17 ^{Aa}	0.230
	WT	6.67 ^{Ab}	7.64 ^{Aab}	7.88 ^{Aa}	8.05 ^{Aa}	8.07 ^{Ba}	0.246
	SEM	0.279	0.232	0.199	0.257	0.216	
Cooking loss	CT	28.73 ^{Aa}	27.69 ^{Aa}	27.63 ^{Aa}	29.06 ^{Aa}	27.59 ^{Aa}	1.116
	WT	26.14 ^{Aa}	27.92 ^{Aa}	27.60 ^{Aa}	29.48 ^{Aa}	26.76 ^{Aa}	1.213
	SEM	1.217	0.516	1.067	1.265	1.517	
WHC	CT	59.20 ^{Aa}	58.75 ^{Aa}	59.04 ^{Aa}	64.10 ^{Aa}	67.07 ^{Aa}	2.046
	WT	61.61 ^{Aa}	58.70 ^{Aa}	61.19 ^{Aa}	62.11 ^{Aa}	66.72 ^{Aa}	1.995
	SEM	2.265	2.159	1.859	2.050	1.721	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(3) 전단력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 냉장 저장 기간 중 전단력의 변화는 [표 2-3-37]에 나타내었다. 모든 저장일차에서 WT 처리구가 CT 처리구 보다 높은 전단력을 보였으며, 두 처리구 모두 저장 기간이 증가함에 따라 전단력은 감소하였다. Castellini et al. (2002)은 유기농장 육계 다리육의 전단력은 3.09~3.48kg/cm³이었으며, 일반 육계 다리육은 2.39~2.87kg/cm³으로 유기농장 육계 다리육의 전단력이 높았다고 하였으며, 이는 육계 사육 시스템의 차이로 인해 유기농장 육계가 더 많은 운동 활동을 하였기 때문이라고 보고하였다.

[표 2-3-37] Shear force (N) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
	1	3	5	7	9	
CT ²⁾	22.83 ^{Ba}	21.17 ^{Bb}	20.68 ^{Bb}	18.42 ^{Bc}	15.58 ^{Bd}	0.284
WT	25.68 ^{Aa}	24.79 ^{Aa}	22.64 ^{Ab}	21.27 ^{Ac}	19.21 ^{Ad}	0.314
SEM	0.372	0.284	0.167	0.372	0.255	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(4) 미생물

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 총균수와 대장균군의 변화는 [표 2-3-38]에 나타내었다. 저장 1일차에 총균수는 CT와 WT처리구간 유의적인 차이는 없었으나, 저장 7일차와 9일차에 WT (각각 4.66, 6.53 log CFU/g)가 CT(각각 4.91, 6.91 log CFU/g)보다 유의적으로 낮은 총균수를 나타내었다. 현재 식품의약품안전처의 식육 중 미생물 검사 권장기준(MFDS, 2018)에 따르면 식육 판매장에서의 닭고기 총균수는 5×10⁶CFU/g (약 6.70log CFU/g) 이하가 되어야 한다고 권장하고 있다. 그러나 저장 9일에 WT는 6.53 log CFU/g을 보여 권장기준 이내였으나 CT는 6.91 log CFU/g을 보여 미생물 권장 기준을 초과하였다. 따라서 복지 농장에서 사육된 육계 다리육의 미생물 증식이 일반농장 육계 다리육 보다 낮은 것으로 판단된다. 대장균군의 경우 저장 1, 3일차에는 검출이 되지 않았으나, 5일차부터 유의적으로 증가하였으며, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 대장균의 경우 모든 처리구 및 저장일차에서 검출되지 않았다(data not shown).

[표 2-3-38] Microorganisms (log CFU/g) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Total aerobic bacteria	CT ²⁾	2.70 ^{Ad}	2.82 ^{Ad}	3.77 ^{Ac}	4.91 ^{Ab}	6.91 ^{Aa}	0.050
	WT	2.63 ^{Ad}	2.79 ^{Ad}	3.64 ^{Ac}	4.66 ^{Bb}	6.53 ^{Ba}	0.054
	SEM	0.061	0.054	0.040	0.041	0.062	
Coliforms	CT	ND ³⁾	ND	0.30 ^{Ab}	0.94 ^{Aab}	1.29 ^{Aa}	0.180
	WT	ND	ND	0.30 ^{Ab}	0.63 ^{Aab}	1.02 ^{Aa}	0.161
	SEM			0.200	0.216	0.173	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

³⁾ND; Not detected

(5) TBARS 및 VBN

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 TBARS, VBN 함량 변화는 [표 2-3-39]에 나타내었다. 식육 저장 중 TBARS는 미생물 대사로 인한 지방의 산화 및 지방분해 효소에 의해 생성되는 malonaldehyde가 thiobarbituric acid와 반응하여 생성되는 붉은 색의 malondialdehyd를 흡광도로 측정하는 방법이다. TBARS 값이 클수록 지방산패도가 크다는 것을 의미한다. 저장 1일부터 5일까지 CT와 WT간의 유의적인 차이는 없었으나, 저장 7, 9일차에 WT (각각 0.31, 0.44mg MDA/kg)가 CT (각각 0.35, 0.55mg MDA/kg) 보다 유의적으로 낮은 TBARS 값을 나타내었다. 두 처리구 모두 저장 기간이 경과함에 따라 TBARS 값이 유의적으로 증가하였다.
- VBN 함량은 저장 기간이 증가함에 따라 고기의 변패가 진행되어 단백질이 아미노산과 무기태 질소로 분해된 산물을 측정하는 것이며, 식육의 신선도를 평가하는 지표로 사용된다(Kim et al., 2018). 저장 1일부터 7일까지 CT와 WT간의 유의적인 차이는 없었으나, 저장 9일차에 WT (19.07mg/100g)가 CT (21.41mg/100g) 보다 유의적으로 낮은 VBN함량을 나타내었다. 우리나라 식품공전에서는 VBN 함량이 20mg/100g 초과 시 부패육으로 판정하고 있다(MFDS, 2018). 저장 9일차에 CT는 VBN함량이 21.41mg/100g을 나타내어 부패육으로 판단되었으나, WT는 19.07mg/100g을 보여 CT보다 낮은 VBN값을 나타내었다. 동물복지 육계 다리육의 저장성이 일반농장 육계 다리육보다 높고, 신선도를 오랫동안 유지하는 것으로 판단되어진다.

[표 2-3-39] TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
TBARS	CT ²⁾	0.21 ^{Ad}	0.24 ^{Ad}	0.30 ^{Ac}	0.35 ^{Ab}	0.55 ^{Aa}	0.010
	WT	0.21 ^{Ad}	0.24 ^{Ac}	0.28 ^{Abc}	0.31 ^{Bb}	0.44 ^{ABa}	0.009
	SEM	0.006	0.006	0.015	0.006	0.012	
VBN	CT	9.62 ^{Ad}	10.99 ^{AcD}	12.42 ^{Ac}	15.36 ^{Ab}	21.41 ^{Aa}	0.355
	WT	9.27 ^{Ae}	10.58 ^{Ad}	12.06 ^{Ac}	14.45 ^{Ab}	19.07 ^{Ba}	0.194
	SEM	0.214	0.214	0.133	0.282	0.470	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-e} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

[표 2-3-40] Creatine, creatinine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Creatine	CT ²⁾	310.84 ^{Aa}	313.69 ^{Aa}	324.39 ^{Aa}	295.93 ^{Aa}	290.13 ^{Aa}	6.341
	WT	186.62 ^{Aa}	182.47 ^{Aa}	173.21 ^{Aa}	169.36 ^{Aa}	172.04 ^{Aa}	9.246
	SEM	6.768	10.388	9.113	5.179	7.122	
Creatinine	CT	1.14 ^{Ac}	1.26 ^{Abc}	1.48 ^{Ab}	1.58 ^{Ab}	1.84 ^{Aa}	0.078
	WT	1.14 ^{Ab}	1.40 ^{Aab}	1.46 ^{Aab}	1.53 ^{Aa}	1.69 ^{Aa}	0.080
	SEM	0.013	0.035	0.049	0.055	0.055	
Anserine	CT	157.01 ^{Aa}	149.10 ^{Aab}	134.60 ^{Bab}	137.14 ^{Aab}	120.73 ^{Ab}	7.431
	WT	176.62 ^{Aa}	158.20 ^{Aab}	160.46 ^{Aab}	148.78 ^{Ab}	142.20 ^{Ab}	6.103
	SEM	8.533	5.524	7.052	5.884	6.594	
Carnosine	CT	83.89 ^{Aa}	83.47 ^{Aa}	85.23 ^{Aa}	92.09 ^{Aa}	74.77 ^{Aa}	4.439
	WT	97.81 ^{Aa}	99.91 ^{Aa}	100.59 ^{Aa}	100.09 ^{Aa}	74.83 ^{Aa}	6.770
	SEM	5.257	3.784	3.964	2.792	2.296	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

(6) Creatine, creatinine과 di-peptide (anserine 및 carnosine)

○ 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 creatine 및 di-peptide (anserine 및 carnosine)의 변화는 [표 2-3-30]에 나타내었다. Creatine과 creatinine 함량은 저장 1일차에 CT와 WT 간의 유의적인 차이는 없었으며, creatinine 함량은 저장 기간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다.

○ Di-peptide로 알려진 anserine (β -alanyl-L-1-methylhistidine)과 carnosine (β -alanyl-L-histidine)은

소, 돼지, 닭 같은 척추동물의 골격근과 신경 조직에 주로 분포하고 있으며, 금속 킬레이터와 유리 라디칼 소거제로 작용한다(Chan & Decker, 1994). 또한 세포막을 보호하고, 유리 라디칼과 같은 신체 독소를 제거하고 완충효과와 면역작용을 하는 대식세포 조절 기능을 가지고 있다(Boldyrev & Severin, 1990). Anserine과 carnosine 함량은 모든 저장 기간 동안 두 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. Anserine 함량은 저장 기간이 경과함에 따라 감소하였다.

(7) 항산화 활성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성의 변화는 [표 2-3-41]에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능 및 ABTS 라디칼 소거능은 특정 항산화 물질이 활성 라디칼을 억제하는 작용을 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법으로 가장 많이 사용되고 있다. FRAP 활성은 철 환원력을 측정하여 항산화 활성을 측정하는 방법이며, ORAC 활성은 AAPH 에 의해 생성된 peroxy radical에 대한 소거활성을 형광도로 측정하는 방법이다.
- DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능과 ORAC 활성은 모든 저장기간 동안 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, FRAP은 저장 7,9일차에 WB가 CB보다 유의적으로 높은 FRAP 활성을 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능과 ORAC 활성은 저장 기간이 경과함에 따라 유의적으로 감소하였다.

[표 2-3-41]. DPPH, FRAP, ABTS, and ORAC (uM TE/mg dry matter) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
DPPH	CT	16.22 ^{Aa}	15.63 ^{Aab}	13.10 ^{Ab}	13.10 ^{Ab}	13.03 ^{Ab}	0.713
	WT	17.58 ^{Aa}	15.26 ^{Ab}	13.61 ^{Ab}	13.57 ^{Ab}	13.20 ^{Ab}	0.533
	SEM	0.715	0.812	0.652	0.437	0.440	
ABTS	CT	114.35 ^{Aa}	111.41 ^{Aab}	106.67 ^{Bab}	104.37 ^{Aab}	97.80 ^{Aab}	3.367
	WT	113.48 ^{Aa}	115.77 ^{Aa}	114.81 ^{Aa}	104.97 ^{Aa}	105.61 ^{Aa}	2.757
	SEM	3.922	2.408	2.024	3.635	2.978	
FRAP	CT	14.52 ^{Aa}	13.31 ^{Aa}	11.00 ^{Ab}	9.39 ^{Bb}	9.17 ^{Bb}	0.545
	WT	14.82 ^{Aa}	14.07 ^{Aa}	10.66 ^{Ab}	10.89 ^{Ab}	10.16 ^{Ab}	0.519
	SEM	0.480	0.709	0.716	0.341	0.231	
ORAC	CT	191.10 ^{Aa}	193.25 ^{Aa}	186.06 ^{Aab}	156.25 ^{Abc}	141.70 ^{Ac}	7.81
	WT	185.95 ^{Aa}	182.15 ^{Aa}	175.75 ^{Aab}	145.00 ^{Ab}	145.00 ^{Ab}	7.42
	SEM	6.290	9.075	4.535	8.340	8.840	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

(8) 유리 아미노산 함량

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 유리 지방산 함량 (ppm)은 [표 2-3-42]에 나타내었다. 총 유리 아미노산 함량은 CT 처리구는 553.04ppm, WT 처리구는 521.73ppm으로 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. Taurine 함량은 WT 처리구가 CT 처리구보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. Aspartic acid, Serine, Alanine, Methionine, Isoleucine, Leucine, Tyrosine 함량은 CT처리구가 WT 처리구 보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었다.

[표 2-3-42] Free amino acid contents (ppm) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	CT ²⁾	WT	SEM ¹⁾
Taurine	98.74 ^b	110.24 ^a	2.08
Aspartic acid	27.38 ^a	3.61 ^b	0.50
Threonine	26.11	21.10	2.00
Serine	47.44 ^a	23.41 ^b	2.21
Asparagine	45.48	40.29	2.62
Glutamic acid	44.07	39.00	4.46
Glycine	55.57	55.58	2.87
Alanine	64.75 ^a	49.17 ^b	4.52
Valine	0.28	0.18	0.06
Methionine	8.16 ^a	6.32 ^b	0.56
Isoleucine	9.91 ^a	7.41 ^b	0.66
Leucine	23.31 ^a	18.31 ^b	1.15
Tyrosine	13.73 ^a	11.10 ^b	0.58
Phenylalanine	10.46	9.33	0.41
Histidine	0.92	0.73	0.09
Tryptophan	8.15	7.13	0.45
Carnosine	8.55	10.45	0.95
Lysine	34.82	31.84	4.52
FAA	553.04	521.73	14.39
Tasty A.A.	418.24 ^a	353.14 ^b	11.39
Bitter A.A.	53.05 ^a	42.28 ^b	2.32
Tasty A.A. / Bitter A.A.	7.92	8.46	0.41

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

□ 가을철 도계 (코브종) 일반농장 및 동물복지 농장 육계 가슴육의 특성 분석

(1) 일반성분

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 일반성분 함량은 [표 2-3-43]에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 74.51~76.02%, 21.78~22.84%, 1.31~1.40%, 1.31~1.35%를 나타내었으며, 저장기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-43] Proximate composition of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Moisture	CB ²⁾	74.63 ^{Aa}	74.51 ^{Aa}	74.80 ^{Aa}	75.20 ^{Aa}	74.87 ^{Aa}	0.594
	WB	74.97 ^{Aa}	74.99 ^{Aa}	75.01 ^{Aa}	75.88 ^{Aa}	76.02 ^{Aa}	0.444
	SEM	0.480	0.572	0.670	0.230	0.561	
Crude protein	CB	22.03 ^{Aa}	21.78 ^{Aa}	21.96 ^{Aa}	22.04 ^{Aa}	22.44 ^{Aa}	0.303
	WB	22.52 ^{Aa}	22.40 ^{Aa}	22.50 ^{Aa}	22.84 ^{Aa}	23.44 ^{Aa}	0.382
	SEM	0.227	0.331	0.293	0.346	0.475	
Crude fat	CB	1.38 ^{Aa}	1.31 ^{Aa}	1.39 ^{Aa}	1.36 ^{Aa}	1.34 ^{Aa}	0.042
	WB	1.32 ^{Aa}	1.40 ^{Aa}	1.32 ^{Aa}	1.33 ^{Aa}	1.39 ^{Aa}	0.041
	SEM	0.039	0.037	0.054	0.032	0.042	
Crude ash	CB	1.35 ^{Aa}	1.35 ^{Aa}	1.33 ^{Aa}	1.35 ^{Aa}	1.34 ^{Aa}	0.050
	WB	1.32 ^{Aa}	1.34 ^{Aa}	1.31 ^{Aa}	1.35 ^{Aa}	1.34 ^{Aa}	0.041
	SEM	0.061	0.044	0.047	0.033	0.038	

^A Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^a Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; chicken breast meat from conventional farm, WB; chicken breast meat from animal welfare farm

(2) pH, 육색, 가열감량, 보수력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 pH, 육색, 가열감량, 보수력의 변화는 [표 2-3-44]에 나타내었다. pH는 6.01~6.38수치를 나타내었다. CB 처리구의 pH 값은 저장 1일차보다 저

장 9일차에 유의적으로 높은 수치를 나타내었으나, WB 처리구에서 저장기간 동안 유의적인 차이를 보이지 않았다. L* (51.91~53.58) 결과 값은 모든 저장 기간 동안 두 처리구간의 유의적인 차이가 없었다. 적색도를 나타내는 a*값은 모든 저장 일차 동안 WB 처리구가 (1.96~2.24) CB 처리구 (1.21~1.42) 보다 유의적으로 높은 값을 나타내었으며, 두처리구 모두 저장기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 황색도를 나타내는 b*값은 두 처리구 모두 저장 시간이 경과함에 따라 증가하였으며, 저장 7일차에는 WB처리구가 CB처리구보다 낮은 황색도를 나타내었다. 가열감량은 18.58~19.56%를 나타내었으며, 처리구간 및 저장기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 두 처리구 모두 저장 기간 동안의 보수력의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-44] pH, instrumental color, cooking loss (%) and water holding capacity (WHC, %) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
pH	CB ²⁾	6.18 ^{Ab}	6.12 ^{Ab}	6.38 ^{Aa}	6.32 ^{Aab}	6.38 ^{Aa}	0.064
	WB	6.01 ^{Aa}	6.11 ^{Aa}	6.23 ^{Aa}	6.23 ^{Aa}	6.22 ^{Ba}	0.055
	SEM	0.065	0.073	0.060	0.049	0.031	
L*	CB	52.72 ^{Aa}	52.67 ^{Aa}	53.58 ^{Aa}	53.28 ^{Aa}	51.91 ^{Aa}	0.716
	WB	53.41 ^{Aa}	53.30 ^{Aa}	52.98 ^{Aa}	52.14 ^{Aa}	52.55 ^{Aa}	0.619
	SEM	0.829	0.476	0.679	0.755	0.545	
Color	a*	1.21 ^{Ba}	1.42 ^{Ba}	1.36 ^{Ba}	1.35 ^{Ba}	1.31 ^{Ba}	0.096
	WB	2.24 ^{Aa}	2.10 ^{Aa}	2.06 ^{Aa}	2.02 ^{Aa}	1.96 ^{Aa}	0.180
	SEM	0.076	0.208	0.116	0.135	0.152	
b*	CB	5.89 ^{Ac}	6.20 ^{Ac}	7.97 ^{Ab}	8.79 ^{Aab}	10.08 ^{Aa}	0.320
	WB	6.33 ^{Ac}	7.05 ^{Abc}	7.30 ^{Ab}	7.56 ^{Bb}	8.73 ^{Aa}	0.221
	SEM	0.216	0.281	0.204	0.120	0.443	
Cooking loss	CB	19.56 ^{Aa}	19.18 ^{Aa}	19.08 ^{Aa}	18.69 ^{Aa}	18.72 ^{Aa}	0.701
	WB	18.58 ^{Ba}	19.13 ^{Aa}	19.54 ^{Aa}	18.84 ^{Aa}	19.12 ^{Aa}	0.954
	SEM	0.245	1.216	0.801	0.814	0.813	
WHC	CB	51.76 ^{Aa}	52.35 ^{Aa}	54.09 ^{Aa}	53.25 ^{Aa}	55.75 ^{Aa}	2.584
	WB	52.54 ^{Aa}	51.94 ^{Aa}	54.20 ^{Aa}	53.39 ^{Aa}	55.03 ^{Aa}	1.941
	SEM	1.903	2.228	2.159	2.358	2.703	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(3) 전단력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 냉장 저장 기간 중 전단력의 변화는 [표 2-3-44]에 나타내었다. 전단력 결과 모든 저장 일차에서 CB보다 WB 처리구에서 유의적으로 높은 전단력 값을 나타내었으며, 저장 기간이 증가함에 따라 전단력 값은 감소하였다.

[표 2-3-44] Shear force (N) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment					Storage (days)
	1	3	5	7	9	
CB ²⁾	23.55 ^{Ba}	20.16 ^{Bb}	18.89 ^{Bbc}	18.25 ^{Bbc}	16.85 ^{Bc}	0.571
WB	26.84 ^{Aa}	22.27 ^{Ab}	22.56 ^{Ab}	21.49 ^{Ab}	20.30 ^{Ab}	0.766
SEM	0.905	0.453	0.628	0.612	0.700	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(4) 미생물

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 총균수와 대장균군의 변화는 [표 2-3-45]에 나타내었다. 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 초기 총균수는 2.54~2.72 수준을 나타내었으며, 저장 5일차까지 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 저장 7일차와 9일차에 WB (각각 5.15, 5.79 log CFU/g)가 CB(각각 5.69, 6.16 log CFU/g)보다 유의적으로 낮은 총균수를 나타내었다. 따라서 복지 농장에서 사육된 육계 다리육의 미생물 증식이 일반농장 육계 다리육 보다 낮은 것으로 판단된다. 대장균군의 경우 저장 1, 3, 5일차에는 검출이 되지 않았으나, 7일차부터 검출 되었으며, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 대장균의 경우 모든 처리구 및 저장일차에서 검출되지 않았다(data not shown).

[표 2-3-45] Microorganisms (log CFU/g) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Total	CB ²⁾	2.72 ^{Ad}	2.70 ^{Ad}	3.79 ^{Ac}	5.69 ^{Ab}	6.16 ^{Aa}	0.109
aerobic	WB	2.54 ^{Ad}	2.59 ^{Ad}	3.68 ^{Ac}	5.15 ^{Bb}	5.79 ^{Ba}	0.100
bacteria	SEM	0.072	0.120	0.075	0.157	0.067	
Coliforms	CB	ND ³⁾	ND	ND	1.09 ^{Aa}	1.30 ^{Aa}	0.099
	WB	ND	ND	ND	1.03 ^{Aa}	1.23 ^{Aa}	0.066
	SEM				0.047	0.109	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

³⁾ND; Not detected

(5) TBARS 및 VBN 함량

○ 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 TBARS 변화 및 VBN 함량은 [표 2-3-46]에 나타내었다. 두 처리구 모두 저장기간이 증가함에 따라 TBARS값이 유의적으로 증가하였으나, 모든 저장 기간 동안 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. VBN 실험결과 저장 1일차부터 5일차까지는 두 처리구 간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 저장 7일차와 9일차에는 WB (15.83, 23.66 mg/100g)가 CB(18.32, 25.22 mg/100g) 보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다.

[표 2-3-46] TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
TBARS	CB ²⁾	0.09 ^{Ac}	0.10 ^{Abc}	0.11 ^{Aab}	0.12 ^{Aa}	0.12 ^{Aa}	0.003
	WB	0.08 ^{Ad}	0.09 ^{Ac}	0.11 ^{Abc}	0.11 ^{Aab}	0.12 ^{Aa}	0.003
	SEM	0.002	0.002	0.004	0.002	0.004	
VBN	CB	9.36 ^{Ae}	10.07 ^{Ad}	11.07 ^{Ac}	18.32 ^{Ab}	25.22 ^{Aa}	0.145
	WB	8.95 ^{Ad}	9.66 ^{Ad}	10.83 ^{Ac}	15.83 ^{Bb}	23.66 ^{Ba}	0.195
	SEM	0.141	0.196	0.135	0.200	0.177	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(6) Creatine, creatinine과 di-peptide (anserine 및 carnosine)

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 creatine, creatinine 및 di-peptide (anserine 및 carnosine)의 변화는 [표 2-3-47]에 나타내었다. Creatine은 저장기간과 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, creatinine은 두처리구 모두 저장 기간에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 저장 9일차에는 WB 처리구가 CB 처리구보다 creatinine함량이 유의적으로 높았다. Anserine함량은 저장 기간에 따른 유의적인 차이는 없었으나, 저장 3, 5, 9일 차에는 WB처리구가 CB 처리구보다 높은 anserine함량을 보였다. Carnosine함량은 CB에서 저장 기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으나, WB 처리구에서는 저장 기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다.

[표 2-3-47] Creatine, creatinine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Creatine	CB ²⁾	363.13 ^{Aa}	373.24 ^{Aa}	367.83 ^{Aa}	366.15 ^{Aa}	368.23 ^{Aa}	8.616
	WB	360.02 ^{Aa}	363.30 ^{Aa}	354.17 ^{Aa}	370.90 ^{Aa}	361.80 ^{Aa}	10.444
	SEM	9.935	8.842	8.766	10.589	9.614	
Creatinine	CB	2.14 ^{Ad}	2.66 ^{Ac}	3.41 ^{Ab}	3.99 ^{Aa}	3.98 ^{Ba}	0.114
	WB	2.40 ^{Ac}	2.55 ^{Ac}	3.35 ^{Ab}	4.17 ^{Aa}	4.46 ^{Aa}	0.080
	SEM	0.058	0.108	0.083	0.108	0.122	
Anserine	CB	192.38 ^{Aa}	172.39 ^{Ba}	161.34 ^{Ba}	162.82 ^{Aa}	156.76 ^{Ba}	7.744
	WB	220.55 ^{Aa}	231.12 ^{Aa}	210.65 ^{Aa}	187.24 ^{Aa}	195.89 ^{Aa}	10.388
	SEM	10.454	7.625	5.561	9.430	11.508	
Carnosine	CB	113.75 ^{Aa}	104.57 ^{Aab}	106.73 ^{Aab}	102.00 ^{Aab}	88.97 ^{Ab}	7.424
	WB	90.57 ^{Aa}	88.02 ^{Aa}	90.66 ^{Aa}	90.85 ^{Aa}	92.61 ^{Aa}	7.974
	SEM	8.66	6.97	8.71	5.83	7.96	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(7) 항산화 활성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성의 변화는 [표 2-3-48]에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능, FRAP활성과 ORAC 활성은 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, ABTS 라디칼 소거능의 결과에서 저

장 1,3,5,7일차에 WB가 CB보다 유의적으로 높은 활성을 나타내었다.

[표 2-3-48] DPPH, FRAP, ABTS, and ORAC ($\mu\text{M TE /mg dry matter}$) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment					Storage (days)	
	1	3	5	7	9		
DPPH	CB	14.64 ^{Aa}	14.46 ^{Aa}	13.54 ^{Aa}	13.02 ^{Aa}	13.10 ^{Aa}	0.887
	WB	15.84 ^{Aa}	15.25 ^{Aa}	15.15 ^{Aa}	14.69 ^{Aa}	14.39 ^{Aa}	0.896
	SEM	1.006	0.826	0.538	0.999	0.997	
ABTS	CB	106.57 ^{Ba}	100.71 ^{Bab}	102.71 ^{Bbc}	99.57 ^{Bbc}	97.71 ^{Ac}	1.099
	WB	112.00 ^{Aa}	111.43 ^{Aa}	108.00 ^{Aa}	102.71 ^{Ab}	98.71 ^{Ab}	1.215
	SEM	1.383	1.550	0.945	0.901	0.830	
FRAP	CB	222.76 ^{Aa}	211.41 ^{Aa}	198.99 ^{Aa}	202.39 ^{Aa}	190.31 ^{Aa}	8.000
	WB	227.59 ^{Aa}	212.08 ^{Aab}	207.66 ^{Aab}	196.92 ^{Aab}	191.39 ^{Ab}	7.559
	SEM	9.673	6.643	8.903	7.407	5.571	
ORAC	CB	14.39 ^{Aa}	13.91 ^{Aa}	13.44 ^{Aa}	13.28 ^{Aa}	12.08 ^{Aa}	0.795
	WB	15.50 ^{Aa}	15.83 ^{Aa}	12.35 ^{Ab}	12.95 ^{Ab}	12.05 ^{Ab}	0.478
	SEM	0.752	0.789	0.795	0.410	0.402	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(8) 지방산 조성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 지방산 함량의 변화는 [표 2-3-49]에 나타내었다. 가슴육의 주요 지방산은 Oleic acid (34.17~37.07%), Palmitic acid (22.97~24.23%), Linoleic acid (16.10~18.24%)이 었으며, 저장 1일차에 Myristic acid과 Oleic acid 함량이 WB가 CB보다 높은 함량을 나타내었다. Adrenic acid 함량의 경우 저장 1일차에 CB가 WB보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었다.

[표 2-3-49] Fatty acid of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
C14:0 (Myristic acid)	CB ²⁾	0.48 ^{Ba}	0.51 ^{Ba}	0.51 ^{Ba}	0.51 ^{Ba}	0.59 ^{Ba}	0.036
	WB	0.81 ^{Aa}	0.76 ^{Aa}	0.74 ^{Aa}	0.77 ^{Aa}	0.85 ^{Aa}	0.024
	SEM	0.016	0.018	0.011	0.021	0.059	
C16:0 (Palmitic acid)	CB	23.16 ^{Aa}	22.97 ^{Ba}	23.24 ^{Aa}	23.58 ^{Aa}	24.01 ^{Aa}	0.369
	WB	24.23 ^{Aa}	24.15 ^{Aa}	23.03 ^{Aa}	23.67 ^{Aa}	24.07 ^{Aa}	0.331
	SEM	0.463	0.273	0.182	0.137	0.524	
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	CB	5.32 ^{Aa}	5.37 ^{Aa}	5.05 ^{Aa}	5.29 ^{Aa}	5.02 ^{Aa}	0.318
	WB	5.13 ^{Aa}	4.82 ^{Aa}	4.05 ^{Ba}	4.59 ^{Ba}	4.75 ^{Aa}	0.335
	SEM	0.402	0.298	0.060	0.122	0.515	
C18:0 (Stearic acid)	CB	8.39 ^{Aa}	7.79 ^{Ba}	8.88 ^{Aa}	8.52 ^{Aa}	8.69 ^{Aa}	0.334
	WB	8.14 ^{Aa}	8.69 ^{Aa}	9.32 ^{Aa}	8.79 ^{Aa}	8.71 ^{Aa}	0.381
	SEM	0.397	0.216	0.235	0.198	0.586	
C18:1n9 (Oleic acid)	CB	35.15 ^{Ba}	36.45 ^{Aa}	34.70 ^{Aa}	35.40 ^{Aa}	34.95 ^{Aa}	0.765
	WB	37.07 ^{Aa}	36.73 ^{Aa}	34.17 ^{Aa}	34.44 ^{Aa}	34.65 ^{Aa}	0.694
	SEM	0.357	0.613	0.342	0.864	1.141	
C18:1n7 (Vaccenic acid)	CB	3.33 ^{Aa}	2.72 ^{Aa}	3.17 ^{Aa}	3.08 ^{Aa}	3.10 ^{Aa}	0.238
	WB	2.71 ^{Ab}	3.00 ^{Aab}	3.28 ^{Aa}	3.07 ^{Aab}	2.83 ^{Aab}	0.107
	SEM	0.334	0.091	0.115	0.177	0.080	
C18:2n6 (Linoleic acid)	CB	17.03 ^{Aa}	18.08 ^{Aa}	17.83 ^{Aa}	17.58 ^{Aa}	17.51 ^{Aa}	0.278
	WB	16.10 ^{Ab}	16.72 ^{Aab}	17.99 ^{Aa}	18.05 ^{Aa}	18.24 ^{Aa}	0.394
	SEM	0.325	0.370	0.241	0.373	0.376	
C18:3n6 (γ-Linolenic acid)	CB	1.15 ^{Aa}	1.12 ^{Aa}	0.41 ^{Ab}	0.32 ^{Ab}	0.40 ^{Ab}	0.131
	WB	1.04 ^{Aa}	0.39 ^{Ba}	0.48 ^{Aa}	0.70 ^{Aa}	0.51 ^{Aa}	0.225
	SEM	0.296	0.126	0.135	0.211	0.054	
C18:3n3 (Linolenic acid)	CB	0.77 ^{Aa}	0.73 ^{Aa}	0.62 ^{Ba}	0.61 ^{Aa}	0.65 ^{Aa}	0.037
	WB	0.85 ^{Aa}	0.74 ^{Aa}	0.70 ^{Aa}	0.76 ^{Aa}	0.78 ^{Aa}	0.033
	SEM	0.052	0.019	0.012	0.040	0.037	

C20:1n9 (Eicosenoic acid)	CB	0.51 ^{Aa}	0.65 ^{Aa}	0.67 ^{Aa}	0.58 ^{Ba}	0.63 ^{Aa}	0.072
	WB	0.54 ^{Aa}	0.55 ^{Aa}	0.75 ^{Aa}	0.70 ^{Aa}	0.63 ^{Aa}	0.073
	SEM	0.129	0.062	0.043	0.014	0.059	
C20:4n6 (Arachidonic acid)	CB	2.99 ^{Aa}	2.26 ^{Aa}	3.32 ^{Aa}	3.00 ^{Aa}	2.97 ^{Aa}	0.315
	WB	2.21 ^{Aa}	2.29 ^{Aa}	3.65 ^{Aa}	2.81 ^{Aa}	2.58 ^{Aa}	0.399
	SEM	0.459	0.316	0.231	0.371	0.381	
C20:5n3 (Eicosapentenoic acid)	CB	0.45 ^{Aa}	0.25 ^{Ab}	0.27 ^{Ab}	0.21 ^{Bb}	0.21 ^{Ab}	0.031
	WB	0.40 ^{Aa}	0.16 ^{Ba}	0.26 ^{Aa}	0.37 ^{Aa}	0.25 ^{Aa}	0.095
	SEM	0.149	0.017	0.022	0.035	0.031	
C22:4n6 (Adrenic acid)	CB	0.70 ^{Aa}	0.64 ^{Aa}	0.83 ^{Aa}	0.79 ^{Aa}	0.81 ^{Aa}	0.089
	WB	0.42 ^{Ba}	0.60 ^{Aab}	0.98 ^{Aa}	0.74 ^{Aab}	0.68 ^{Aab}	0.086
	SEM	0.055	0.103	0.072	0.092	0.104	
C22:6n3 (Docosahexaenoic acid)	CB	0.57 ^{Aa}	0.46 ^{Aa}	0.50 ^{Aa}	0.55 ^{Aa}	0.47 ^{Aa}	0.042
	WB	0.36 ^{Aa}	0.41 ^{Aa}	0.60 ^{Aa}	0.54 ^{Aa}	0.46 ^{Aa}	0.052
	SEM	0.056	0.042	0.064	0.044	0.023	
SFA	CB	32.03 ^{Bab}	31.27 ^{Bb}	32.63 ^{Aab}	32.61 ^{Aab}	33.28 ^{Aa}	0.428
	WB	33.18 ^{Aa}	33.60 ^{Aa}	33.10 ^{Aa}	33.23 ^{Aa}	33.63 ^{Aa}	0.306
	SEM	0.249	0.109	0.282	0.291	0.674	
USFA	CB	67.97 ^{Aab}	68.73 ^{Aa}	67.37 ^{Aab}	67.39 ^{Aab}	66.72 ^{Ab}	0.428
	WB	66.82 ^{Ba}	66.40 ^{Ba}	66.90 ^{Ba}	66.77 ^{Aa}	66.37 ^{Aa}	0.306
	SEM	0.249	0.109	0.282	0.291	0.674	
PUFA	CB	23.66 ^{Aa}	23.55 ^{Aa}	23.77 ^{Aa}	23.04 ^{Aa}	23.03 ^{Aa}	0.464
	WB	21.37 ^{Ba}	21.31 ^{Aa}	24.65 ^{Aa}	23.96 ^{Aa}	23.51 ^{Aa}	0.737
	SEM	0.560	0.738	0.528	0.503	0.713	
MUFA	CB	44.31 ^{Aa}	45.18 ^{Aa}	43.60 ^{Aa}	44.35 ^{Aa}	43.69 ^{Aa}	0.689
	WB	45.45 ^{Aa}	45.09 ^{Aa}	42.25 ^{Aa}	42.81 ^{Aa}	42.86 ^{Aa}	0.808
	SEM	0.354	0.672	0.406	0.783	1.210	
W3/W6	CB	0.37 ^{Aa}	0.38 ^{Aa}	0.31 ^{Aa}	0.34 ^{Aa}	0.32 ^{Aa}	0.040
	WB	0.44 ^{Aa}	0.41 ^{Aa}	0.31 ^{Aa}	0.40 ^{Aa}	0.42 ^{Aa}	0.057
	SEM	0.057	0.059	0.038	0.040	0.049	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

□ 가을철 (코브종) 일반농장 및 동물복지 농장 육계 다리육의 특성 분석

(1) 일반성분

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 일반성분 함량은 [표 2-3-50]에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 74.73~75.88%, 17.87~19.42%, 6.19~6.56%, 1.67~1.72%를 나타내었으며, 저장기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-50] Proximate composition of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Moisture	CT ²⁾	75.09 ^{Aa}	75.83 ^{Aa}	74.92 ^{Aa}	75.80 ^{Aa}	75.29 ^{Aa}	0.538
	WT	75.99 ^{Aa}	75.88 ^{Aa}	74.84 ^{Aa}	74.73 ^{Aa}	75.49 ^{Aa}	0.393
	SEM	0.526	0.616	0.271	0.293	0.544	
Crude protein	CT	18.92 ^{Aa}	18.40 ^{Aa}	18.40 ^{Aa}	17.87 ^{Aa}	18.97 ^{Aa}	0.338
	WT	18.94 ^{Aa}	19.31 ^{Aa}	19.42 ^{Aa}	18.23 ^{Aa}	18.59 ^{Aa}	0.385
	SEM	0.372	0.405	0.391	0.270	0.358	
Crude fat	CT	6.56 ^{Aa}	6.53 ^{Aa}	6.26 ^{Aa}	6.21 ^{Aa}	6.30 ^{Aa}	0.371
	WT	6.31 ^{Aa}	6.19 ^{Aa}	6.40 ^{Aa}	6.32 ^{Aa}	6.55 ^{Aa}	0.330
	SEM	0.319	0.345	0.387	0.398	0.294	
Crude ash	CT	1.72 ^{Aa}	1.72 ^{Aa}	1.70 ^{Aa}	1.67 ^{Aa}	1.71 ^{Aa}	0.045
	WT	1.69 ^{Aa}	1.71 ^{Aa}	1.72 ^{Aa}	1.71 ^{Aa}	1.71 ^{Aa}	0.043
	SEM	0.046	0.036	0.054	0.038	0.043	

^AMeans within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^aMeans within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(2) pH, 육색, 가열감량, 보수력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 pH, 육색, 가열감량, 보수력의 변화는 [표 2-3-51]에 나타내었다. pH는 6.52~7.07수치를 나타내었다. CT 처리구의 pH 값은 저장 1일차보다 저장 9일차에 유의적으로 높은 수치를 나타내었으나, WT 처리구에서 저장기간 동안 유의적인 차이를 보이지 않았다. L* (52.84~53.75) 결과 값은 모든 저장 기간 동안 두 처리구간의 유의적인 차이가 없었다. 적색도를 나타내는 a*값은 모든 저장 일차 동안 WT 처리구가 (8.24~8.56) CT처리구 (6.50~6.89) 보다 유의적으로 높은 값을 나타내었으며, 두처리구 모두 저장기간에 따른 유의적인 차

이를 보이지 않았다. 황색도를 나타내는 b*값은 두 처리구 모두 저장 시간이 경과함에 따라 증가하였으며, 저장 7, 9일차에는 WT처리구가 CT처리구보다 낮은 황색도를 나타내었다. 가열감량은 25.56~29.88%를 나타내었으며, 처리구간 및 저장기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 두 처리구 모두 저장 기간 동안의 보수력(53.23~58.56%)의 유의적인 차이는 없었으며, 저장 기간 경과에 따른 유의적인 차이도 없었다.

[표 2-3-51] pH, instrumental color, cooking loss (%) and water holding capacity (WHC, %) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
pH	CT ²⁾	6.59 ^{Ab}	6.59 ^{Ab}	6.78 ^{Ab}	6.76 ^{Ab}	7.07 ^{Aa}	0.046
	WT	6.52 ^{Aa}	6.54 ^{Aa}	6.59 ^{Ba}	6.56 ^{Ba}	6.59 ^{Aa}	0.029
	SEM	0.037	0.039	0.053	0.034	0.027	
L*	CT	53.26 ^{Aa}	53.21 ^{Aa}	53.00 ^{Aa}	52.65 ^{Aa}	52.84 ^{Aa}	0.464
	WT	53.75 ^{Aa}	52.91 ^{Aa}	53.03 ^{Aa}	53.02 ^{Aa}	53.09 ^{Aa}	0.475
	SEM	0.335	0.748	0.285	0.494	0.325	
Color a*	CT	6.50 ^{Ba}	6.53 ^{Ba}	6.64 ^{Ba}	6.89 ^{Ba}	6.72 ^{Ba}	0.218
	WT	8.56 ^{Aa}	8.29 ^{Aa}	8.38 ^{Aa}	8.24 ^{Aa}	8.39 ^{Aa}	0.200
	SEM	0.195	0.310	0.154	0.206	0.134	
b*	CT	8.20 ^{Ac}	9.26 ^{Abc}	10.57 ^{Ab}	12.38 ^{Aa}	12.38 ^{Aa}	0.406
	WT	8.21 ^{Ac}	9.49 ^{Abc}	10.43 ^{Ab}	10.53 ^{Bab}	11.09 ^{Ba}	0.326
	SEM	0.367	0.456	0.302	0.421	0.258	
Cooking loss	CT	26.34 ^{Aa}	29.45 ^{Aa}	29.39 ^{Aa}	27.34 ^{Aa}	25.56 ^{Aa}	1.151
	WT	29.33 ^{Aa}	29.73 ^{Aa}	29.88 ^{Aa}	28.38 ^{Aa}	28.11 ^{Aa}	1.417
	SEM	1.863	0.995	0.791	1.349	1.194	
WHC	CT	54.14 ^{Aa}	58.56 ^{Aa}	56.58 ^{Aa}	54.24 ^{Aa}	54.90 ^{Aa}	2.211
	WT	53.23 ^{Aa}	57.02 ^{Aa}	58.51 ^{Aa}	54.81 ^{Aa}	57.74 ^{Aa}	1.945
	SEM	1.615	1.684	1.961	1.698	3.083	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(3) 전단력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 냉장 저장 기간 중 전단력의 변화는 [표 2-3-52]에 나타내었다. 전단력 결과 모든 저장 일차에서 CT보다 WT 처리구에서 유의적으로 높은 전단력 값을 나타내었으며, 저장 기간이 증가함에 따라 전단력 값은 감소하였다.

[표 2-3-52] Shear force (N) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment					Storage (days)
	1	3	5	7	9	
CT ²⁾	21.18 ^{Ba}	21.27 ^{Ba}	18.34 ^{Bb}	15.86 ^{Bb}	12.35 ^{Bc}	0.615
WT	24.75 ^{Aa}	23.24 ^{Aa}	22.21 ^{Aab}	20.29 ^{Ab}	19.96 ^{Ab}	0.601
SEM	0.685	0.324	0.386	0.916	0.536	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(4) 미생물

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 총균수와 대장균군의 변화는 [표 2-3-53]에 나타내었다. 일반 및 동물복지 육계 다리육의 초기 총균수는 2.54~2.58 log CFU/g 이었으며, 저장 5일차 까지 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 저장 7, 9일차에 WT처리구가 CT처리구보다 유의적으로 낮은 총균수를 나타내었다. 대장균군의 경우 저장 5일차까지 검출이 되지 않았으나, 7일차부터 검출 되었으며, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 대장균의 경우 모든 처리구 및 저장 일차에서 검출되지 않았다(data not shown).

[표 2-3-53] Microorganisms (log CFU/g) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Total	CT ²⁾	2.58 ^{Ad}	2.71 ^{Ad}	3.81 ^{Ac}	6.26 ^{Ab}	6.99 ^{Aa}	0.098
aerobic	WT	2.54 ^{Ad}	2.66 ^{Ad}	3.68 ^{Ac}	5.45 ^{Bb}	6.22 ^{Ba}	0.091
bacteria	SEM	0.099	0.081	0.088	0.104	0.099	
Coliforms	CT	ND ³⁾	ND	ND	1.31 ^{Aa}	1.43 ^{Aa}	0.156
	WT	ND	ND	ND	1.27 ^{Aa}	1.32 ^{Aa}	0.142
	SEM				0.140	0.159	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

³⁾ND; Not detected

(5) TBARS 및 VBN

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 TBARS 변화 및 VBN 함량은 [표 2-3-54]에 나타내었다. 두 처리구 모두 저장기간이 증가함에 따라 TBARS값이 유의적으로 증가하였으며, 모든 저장 일차에서 WT가 CT 보다 유의적으로 낮은 MDA 함량을 나타내었다. VBN 결과 두 처리구 모두 저장 기간에 따라 유의적으로 증가하였으며, 저장 1, 3, 7일차에는 두 처리구 간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 저장 5, 9일차에는 WT가 CT 보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었다.

[표 2-3-54] TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
TBARS	CT ²⁾	0.20 ^{Ae}	0.24 ^{Ad}	0.27 ^{Ac}	0.32 ^{Ab}	0.37 ^{Aa}	0.006
	WT	0.13 ^{Bd}	0.16 ^{Bc}	0.18 ^{Bc}	0.21 ^{Bb}	0.27 ^{Ba}	0.005
	SEM	0.004	0.004	0.007	0.007	0.003	
VBN	CT	8.28 ^{Ae}	9.52 ^{Ad}	10.87 ^{Ac}	14.53 ^{Ab}	27.83 ^{Aa}	0.163
	WT	8.21 ^{Ae}	9.08 ^{Ad}	10.35 ^{Bc}	14.17 ^{Ab}	26.08 ^{Ba}	0.155
	SEM	0.166	0.163	0.127	0.185	0.147	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-e} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(6) Creatine, creatinine과 di-peptide (anserine 및 carnosine)

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 creatine, creatinine 및 di-peptide (anserine 및 carnosine)의 변화는 [표 2-3-55]에 나타내었다. Creatine, creatinine, anserine, carnosine 함량은 모든 저장기간 동안 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. WT 처리구에서 creatine 함량은 저장 기간이 경과 함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으나, creatinine은 두처리구 모두 저장 기간에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. Anserine함량은 두처리구 모두 저장 기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, carnosine 함량은 CT에서만 유의적으로 감소하였다.

[표 2-3-55] Creatine, creatinine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Creatine	CT ²⁾	337.01 ^{Aa}	333.06 ^{Aa}	351.02 ^{Aa}	337.24 ^{Aa}	327.31 ^{Aa}	13.806
	WT	367.85 ^{Aa}	352.56 ^{Aab}	338.85 ^{Aabc}	315.34 ^{Ac}	331.39 ^{Abc}	6.912
	SEM	10.023	8.070	11.537	13.073	11.241	
Creatinine	CT	3.09 ^{Aa}	3.34 ^{Aa}	3.81 ^{Aa}	3.54 ^{Aa}	3.54 ^{Aa}	0.205
	WT	2.94 ^{Ab}	3.60 ^{Aab}	3.92 ^{Aa}	3.27 ^{Aab}	3.87 ^{Aa}	0.162
	SEM	0.144	0.161	0.291	0.153	0.130	
Anserine	CT	124.34 ^{Aa}	117.86 ^{Aab}	112.90 ^{Aab}	99.31 ^{Aab}	85.81 ^{Ab}	7.660
	WT	141.49 ^{Aa}	125.81 ^{Aab}	120.69 ^{Aab}	129.44 ^{Aab}	110.56 ^{Ab}	5.357
	SEM	6.712	7.781	4.641	7.515	5.902	
Carnosine	CT	53.75 ^{Aab}	67.29 ^{Aa}	62.54 ^{Aab}	45.20 ^{Abc}	32.09 ^{Ac}	4.726
	WT	52.28 ^{Aa}	54.42 ^{Aa}	59.18 ^{Aa}	48.68 ^{Aa}	45.03 ^{Aa}	5.933
	SEM	4.671	4.949	6.965	5.393	4.465	

^A Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

(7) 항산화 활성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성의 변화는 [표 2-3-56]에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능과 ORAC 활성은 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, FRAP 활성 결과에서 저장 1일 차에 WB가 CB보다 유의적으로 높은 활성을 나타내었다. 또한 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP 활성과 ORAC 활성 모두 저장 기간이 경과함에 따라 유의적으로 항산화 활성이 감소하였다.

[표 2-3-56] DPPH, FRAP, ABTS, and ORAC (uM TE/mg dry matter) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
DPPH	CT	16.59 ^{Aa}	13.65 ^{Aab}	11.57 ^{Abc}	9.87 ^{Ac}	9.25 ^{Ac}	0.737
	WT	18.45 ^{Aa}	16.31 ^{Aab}	13.10 ^{Abc}	10.82 ^{Ac}	9.62 ^{Ac}	1.164
	SEM	1.287	0.822	0.980	1.038	0.607	
ABTS	CT	97.00 ^{Aa}	94.14 ^{Aa}	96.43 ^{Aa}	92.86 ^{Aa}	84.57 ^{Ab}	1.556
	WT	99.00 ^{Aa}	94.71 ^{Ab}	94.71 ^{Ab}	94.00 ^{Ab}	87.14 ^{Ac}	0.753
	SEM	0.627	0.821	0.926	1.626	1.706	
FRAP	CT	11.41 ^{Bab}	12.03 ^{Aa}	9.80 ^{Abc}	8.43 ^{Ac}	7.85 ^{Ac}	0.490
	WT	15.31 ^{Aa}	12.12 ^{Ab}	9.55 ^{Abc}	9.35 ^{Ac}	8.13 ^{Ac}	0.644
	SEM	0.769	0.647	0.478	0.526	0.350	
ORAC	CT	195.91 ^{Aa}	169.22 ^{Bab}	152.44 ^{Abc}	149.44 ^{Abc}	131.24 ^{Ac}	8.799
	WT	203.71 ^{Aa}	197.88 ^{Aab}	168.32 ^{Abc}	155.32 ^{Ac}	142.09 ^{Ac}	7.064
	SEM	3.400	7.941	7.518	10.368	8.925	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

(8) 지방산 조성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 지방산 함량의 변화는 [표 2-3-57]에 나타내었다. 다리육의 주요 지방산은 Oleic acid (40.12~38.17%), Palmitic acid (23.61~24.97%), Linoleic acid (17.06~18.79%)이었으며, Myristic acid 함량은 1,3,5,9일차에서 WT가 CT보다 높은 함량을 나타내었다.

[表 2-3-57] Fatty acid (%) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
C14:0 (Myristic acid)	CT ²⁾	0.56 ^{Bb}	0.60 ^{Bb}	0.59 ^{Bb}	0.97 ^{Aa}	0.62 ^{Bb}	0.016
	WT	0.95 ^{Aa}	0.95 ^{Aa}	0.95 ^{Aa}	0.82 ^{Aa}	0.92 ^{Aa}	0.041
	SEM	0.013	0.014	0.012	0.061	0.025	
C16:0 (Palmitic acid)	CT	23.61 ^{Ab}	23.81 ^{Bb}	23.65 ^{Ab}	24.35 ^{Aab}	24.97 ^{Aa}	0.220
	WT	24.04 ^{Aa}	24.52 ^{Aa}	23.92 ^{Aa}	24.21 ^{Aa}	24.32 ^{Aa}	0.183
	SEM	0.239	0.176	0.237	0.124	0.213	
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	CT	6.21 ^{Aa}	6.74 ^{Aa}	6.48 ^{Aa}	6.30 ^{Aa}	6.79 ^{Aa}	0.180
	WT	6.10 ^{Aa}	6.27 ^{Ba}	5.88 ^{Aa}	6.17 ^{Aa}	6.16 ^{Ba}	0.148
	SEM	0.174	0.058	0.178	0.249	0.088	
C18:0 (Stearic acid)	CT	6.35 ^{Ba}	6.14 ^{Aa}	6.27 ^{Aa}	6.51 ^{Aa}	6.51 ^{Aa}	0.131
	WT	6.76 ^{Aab}	6.58 ^{Aab}	6.50 ^{Aab}	6.36 ^{Ab}	6.83 ^{Aa}	0.096
	SEM	0.098	0.116	0.068	0.123	0.151	
C18:1n9 (Oleic acid)	CT	40.12 ^{Aa}	39.35 ^{Aab}	39.24 ^{Aab}	38.94 ^{Aab}	38.17 ^{Ab}	0.393
	WT	39.01 ^{Aa}	39.60 ^{Aa}	40.09 ^{Aa}	39.61 ^{Aa}	39.43 ^{Aa}	0.326
	SEM	0.439	0.149	0.176	0.531	0.353	
C18:1n7 (Vaccenic acid)	CT	2.31 ^{Aa}	2.31 ^{Aa}	2.19 ^{Aa}	2.22 ^{Aa}	2.17 ^{Aa}	0.079
	WT	2.42 ^{Aa}	2.36 ^{Aa}	2.34 ^{Aa}	2.24 ^{Aa}	2.25 ^{Aa}	0.065
	SEM	0.057	0.056	0.053	0.052	0.120	
C18:2n6 (Linoleic acid)	CT	17.94 ^{Aa}	18.29 ^{Aa}	18.79 ^{Aa}	17.92 ^{Aa}	18.07 ^{Aa}	0.214
	WT	17.69 ^{Aa}	17.06 ^{Ba}	17.66 ^{Ba}	18.07 ^{Aa}	17.47 ^{Aa}	0.359
	SEM	0.452	0.164	0.208	0.303	0.267	
C18:3n6 (γ -Linolenic acid)	CT	0.18 ^{Aa}	0.20 ^{Aa}	0.18 ^{Aa}	0.22 ^{Aa}	0.19 ^{Aa}	0.020
	WT	0.17 ^{Aa}	0.16 ^{Aa}	0.15 ^{Aa}	0.17 ^{Aa}	0.15 ^{Ba}	0.007
	SEM	0.011	0.013	0.017	0.024	0.003	
C18:3n3 (Linolenic acid)	CT	0.82 ^{Aa}	0.83 ^{Aa}	0.86 ^{Aa}	0.91 ^{Aa}	0.81 ^{Ba}	0.026
	WT	0.86 ^{Aa}	0.86 ^{Aa}	0.90 ^{Aa}	0.83 ^{Ba}	0.90 ^{Aa}	0.017
	SEM	0.035	0.019	0.014	0.017	0.019	
C20:1n9 (Eicosenoic acid)	CT	0.22 ^{Aa}	0.20 ^{Aa}	0.22 ^{Aa}	0.22 ^{Aa}	0.22 ^{Aa}	0.011
	WT	0.24 ^{Aa}	0.20 ^{Aa}	0.23 ^{Aa}	0.22 ^{Aa}	0.23 ^{Aa}	0.009
	SEM	0.009	0.005	0.008	0.013	0.014	
C20:4n6 (Arachidonic acid)	CT	1.17 ^{Aa}	1.07 ^{Aa}	1.01 ^{Aa}	0.88 ^{Aa}	0.90 ^{Aa}	0.077
	WT	1.23 ^{Aa}	0.99 ^{Aab}	0.90 ^{Ab}	0.87 ^{Ab}	0.84 ^{Ab}	0.067
	SEM	0.061	0.097	0.070	0.027	0.085	
C20:5n3 (Eicosapentaenoic acid)	CT	0.09 ^{Aab}	0.08 ^{Ab}	0.09 ^{Aab}	0.15 ^{Aab}	0.16 ^{Aa}	0.017
	WT	0.11 ^{Aab}	0.07 ^{Ab}	0.11 ^{Aab}	0.11 ^{Aab}	0.15 ^{Aa}	0.016
	SEM	0.020	0.004	0.011	0.020	0.020	
C22:4n6	CT	0.27 ^{Aa}	0.24 ^{Aa}	0.22 ^{Aa}	0.23 ^{Aa}	0.24 ^{Aa}	0.026

(Adrenic acid)	WT	0.27 ^{Aa}	0.24 ^{Aa}	0.22 ^{Aa}	0.20 ^{Aa}	0.23 ^{Aa}	0.016
	SEM	0.027	0.027	0.017	0.011	0.019	
C22:6n3 (Docosahexaenoic acid)	CT	0.14 ^{Aa}	0.14 ^{Aa}	0.18 ^{Aa}	0.18 ^{Aa}	0.18 ^{Aa}	0.010
	WT	0.16 ^{Aa}	0.14 ^{Aa}	0.14 ^{Ba}	0.14 ^{Aa}	0.14 ^{Ba}	0.016
	SEM	0.017	0.013	0.011	0.015	0.009	
SFA	CT	30.52 ^{Aa}	30.55 ^{Ba}	30.52 ^{Aa}	31.83 ^{Aa}	32.10 ^{Aa}	0.237
	WT	31.75 ^{Aa}	32.04 ^{Aa}	31.37 ^{Aa}	31.39 ^{Ba}	32.07 ^{Aa}	0.226
	SEM	0.320	0.157	0.272	0.038	0.256	
USFA	CT	69.48 ^{Aa}	69.45 ^{Aa}	69.48 ^{Aa}	68.17 ^{Ba}	67.90 ^{Aa}	0.237
	WT	68.25 ^{Aa}	67.96 ^{Ba}	68.63 ^{Aa}	68.61 ^{Aa}	67.93 ^{Aa}	0.226
	SEM	0.320	0.157	0.272	0.038	0.256	
PUFA	CT	20.61 ^{Aa}	20.85 ^{Aa}	21.34 ^{Aa}	20.48 ^{Aa}	20.56 ^{Aa}	0.249
	WT	20.49 ^{Aa}	19.53 ^{Ba}	20.09 ^{Ba}	20.38 ^{Aa}	19.87 ^{Aa}	0.433
	SEM	0.531	0.101	0.236	0.375	0.367	
MUFA	CT	48.87 ^{Aa}	48.60 ^{Aab}	48.14 ^{Aab}	47.69 ^{Aab}	47.34 ^{Ab}	0.326
	WT	47.76 ^{Aa}	48.43 ^{Aa}	48.55 ^{Aa}	48.23 ^{Aa}	48.07 ^{Aa}	0.329
	SEM	0.546	0.105	0.228	0.344	0.237	
W3/W6	CT	0.65 ^{Ab}	0.71 ^{Aab}	0.81 ^{Aab}	0.92 ^{Aa}	0.87 ^{Aab}	0.054
	WT	0.68 ^{Ab}	0.78 ^{Aab}	0.90 ^{Aab}	0.88 ^{Aab}	0.99 ^{Aa}	0.049
	SEM	0.033	0.065	0.053	0.035	0.061	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹SEM; Standard error of means

²CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

□ ROSS 306 품종의 일반 및 동물복지 농장의 가슴육 품질 비교 분석

(1) 일반성분

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 일반성분 함량은 [표 2-3-58]에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 75.00~75.38%, 22.24~22.76%, 1.34~1.47%, 1.26~1.38%를 나타내었으며, 저장기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-58] Proximate composition of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Moisture	CB ²⁾	75.25 ^{Aa}	75.09 ^{Aa}	75.49 ^{Aa}	75.24 ^{Aa}	75.56 ^{Aa}	0.425
	WB	75.03 ^{Aa}	75.39 ^{Aa}	75.02 ^{Aa}	75.68 ^{Aa}	75.00 ^{Aa}	0.364
	SEM	0.289	0.180	0.439	0.455	0.516	
Crude protein	CB	22.69 ^{Aa}	22.67 ^{Aa}	22.24 ^{Aa}	22.55 ^{Aa}	22.49 ^{Aa}	0.523
	WB	22.43 ^{Aa}	22.57 ^{Aa}	22.76 ^{Aa}	22.38 ^{Aa}	22.39 ^{Aa}	0.458
	SEM	0.470	0.676	0.578	0.281	0.339	
Crude fat	CB	1.47 ^{Aa}	1.34 ^{Aa}	1.44 ^{Aa}	1.41 ^{Aa}	1.34 ^{Aa}	0.054
	WB	1.44 ^{Aa}	1.41 ^{Aa}	1.37 ^{Aa}	1.40 ^{Aa}	1.37 ^{Aa}	0.064
	SEM	0.049	0.066	0.060	0.059	0.060	
Crude ash	CB	1.26 ^{Aa}	1.31 ^{Aa}	1.38 ^{Aa}	1.33 ^{Aa}	1.30 ^{Aa}	0.055
	WB	1.33 ^{Aa}	1.28 ^{Aa}	1.32 ^{Aa}	1.28 ^{Aa}	1.29 ^{Aa}	0.064
	SEM	0.059	0.037	0.064	0.073	0.060	

^A Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^a Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; chicken breast meat from conventional farm, WB; chicken breast meat from animal welfare farm

(2) pH, 육색, 가열감량, 보수력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 pH, 육색, 가열감량, 보수력의 변화는 [표 2-3-59]에 나타내었다. pH는 6.00~6.16 수치를 나타내었으며, 두 처리구 모두 저장 기간동안의 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 또한 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

- 밝기를 나타내는 L* 값은 처리구 및 저장 기간동안의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 적색도를 나

타내는 a*값의 경우 동물복지 농장의 가슴육 (WB)에서 유의적으로 높은 수치를 나타내었다. 황색도를 나타내는 b*값은 저장 기간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였으며, 저장 9일차에 WB 처리구 (7.71)가 CB 처리구 (9.00) 보다 유의적으로 낮은 b*값을 나타내었다. 가열감량은 모든 저장 기간 동안 16.81~18.80%를 나타내었으며, 두 처리구 간의 유의적인 차이는 없었다. 또한 두 처리구 모두 저장 기간 동안의 보수력(51.73~56.35%)의 유의적인 차이는 없었으며, 저장 기간 경과에 따른 유의적인 차이도 보이지 않았다.

[표 2-3-59] pH, instrumental color, cooking loss (%) and water holding capacity (WHC, %) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
pH	CB ²⁾	6.00 ^{Aa}	6.06 ^{Aa}	6.12 ^{Aa}	6.14 ^{Aa}	6.16 ^{Aa}	0.042
	WB	6.06 ^{Aa}	6.05 ^{Aa}	6.10 ^{Aa}	6.08 ^{Aa}	6.12 ^{Aa}	0.046
	SEM	0.023	0.063	0.019	0.063	0.029	
L*	CB	52.21 ^{Aa}	52.42 ^{Aa}	52.57 ^{Aa}	53.07 ^{Aa}	53.09 ^{Aa}	1.011
	WB	53.08 ^{Aa}	53.45 ^{Aa}	53.70 ^{Aa}	53.20 ^{Aa}	52.60 ^{Aa}	0.663
	SEM	0.802	0.756	0.801	0.870	1.019	
Color a*	CB	1.38 ^{Ba}	1.52 ^{Ba}	1.39 ^{Ba}	1.27 ^{Ba}	1.30 ^{Ba}	0.080
	WB	2.17 ^{Aa}	2.22 ^{Aa}	2.04 ^{Aa}	2.36 ^{Aa}	2.16 ^{Aa}	0.173
	SEM	0.168	0.160	0.135	0.064	0.121	
b*	CB	5.01 ^{Ad}	6.08 ^{Ac^d}	7.54 ^{Ab}	7.42 ^{Ab^c}	9.00 ^{Aa}	0.326
	WB	5.14 ^{Ab}	5.53 ^{Ab}	8.19 ^{Aa}	7.78 ^{Aa}	7.71 ^{Ba}	0.289
	SEM	0.342	0.338	0.432	0.172	0.164	
Cooking loss	CB	17.55 ^{Aa}	18.22 ^{Aa}	18.59 ^{Aa}	18.80 ^{Aa}	17.03 ^{Aa}	0.838
	WB	18.25 ^{Aa}	17.66 ^{Aa}	16.81 ^{Aa}	18.51 ^{Aa}	18.33 ^{Aa}	0.731
	SEM	0.599	0.848	0.725	0.984	0.719	
WHC	CB	53.26 ^{Aa}	55.03 ^{Aa}	54.29 ^{Aa}	52.92 ^{Aa}	54.07 ^{Aa}	1.300
	WB	55.10 ^{Aa}	53.51 ^{Aa}	56.35 ^{Aa}	51.73 ^{Aa}	53.61 ^{Aa}	1.648
	SEM	0.890	1.856	1.589	1.697	1.174	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(3) 전단력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 냉장 저장 기간 중 전단력의 변화는 [표 2-3-60]에 나타내었다. 모든 저장일차에서 WB 처리구가 CB 처리구 보다 높은 전단력을 보였으며, 두 처리구 모두 저장 기간이 증가함에 따라 전단력은 감소하였다.

[표 2-3-60] Table 44. Shear force (N) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
	1	3	5	7	9	
CB ²⁾	24.02 ^{Ba}	21.52 ^{Bb}	19.14 ^{Bc}	17.54 ^{Bcd}	16.06 ^{Bd}	0.518
WB	26.82 ^{Aa}	25.46 ^{Aa}	22.62 ^{Ab}	21.76 ^{Ab}	21.25 ^{Ab}	0.390
SEM	0.484	0.420	0.341	0.483	0.539	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(4) 미생물

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 총균수와 대장균군의 변화는 [표 2-3-61]에 나타내었다. 총균수는 저장기간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였으며, 저장 7일차에는 CB 처리구보다 WB 처리구에서 유의적으로 낮은 총균수 값을 나타내었다. 대장균군의 경우 저장 1일차에 검출 되지 않았으나, 7일차부터 검출되었었으며, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 대장균의 경우 모든 처리구 및 저장일차에서 검출되지 않았다(data not shown).

[표 2-3-61] Microorganisms (log CFU/g) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Total aerobic bacteria	CB ²⁾	2.56 ^{Ad}	2.69 ^{Ad}	3.89 ^{Ac}	5.71 ^{Ab}	6.75 ^{Aa}	0.113
	WB	2.49 ^{Ad}	2.49 ^{Ad}	3.81 ^{Ac}	4.82 ^{Bb}	6.44 ^{Aa}	0.075
	SEM	0.096	0.097	0.039	0.124	0.104	
Coliforms	CB	ND ³⁾	ND	ND	1.18 ^{Aa}	1.20 ^{Aa}	0.024
	WB	ND	ND	ND	1.15 ^{Aa}	1.17 ^{Aa}	0.019
	SEM	ND	ND	ND	0.101	0.016	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

³⁾ND; Not detected

(5) TBARS 및 VBN 함량

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 TBARS 변화 및 VBN 함량은 [표 2-3-62]에 나타내었다. 두 처리구 모두 저장기간이 증가함에 따라 TBARS과 VBN값이 유의적으로 증가하였다. TBARS 값은 저장 9일차, VBN 값은 저장 7, 9일차에 WB가 CB 처리구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다.

[표 2-3-62] TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
TBARS	CB ²⁾	0.10 ^{Ad}	0.10 ^{Ac}	0.12 ^{Ac}	0.14 ^{Ab}	0.24 ^{Aa}	0.004
	WB	0.10 ^{Ac}	0.10 ^{Ac}	0.12 ^{Ab}	0.14 ^{Ab}	0.16 ^{Ba}	0.004
	SEM	0.003	0.002	0.004	0.006	0.004	
VBN	CB	5.57 ^{Ae}	11.53 ^{Ad}	12.75 ^{Ac}	19.00 ^{Ab}	22.99 ^{Aa}	0.160
	WB	5.41 ^{Ae}	11.10 ^{Ad}	12.30 ^{Ac}	14.97 ^{Bb}	21.41 ^{Ba}	0.178
	SEM	0.154	0.117	0.160	0.197	0.203	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-e} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾ SEM: Standard error of means

²⁾ CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(6) Creatine, creatinine과 di-peptide (anserine 및 carnosine)

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 creatine, creatinine 및 di-peptide (anserine 및 carnosine)의 변화는 [표 2-3-63]에 나타내었다. Creatine 함량은 저장 1일차부터 5일차 까지 CB처리구가 WB처리구 보다 유의적으로 높은 함량은 보였으나, creatinine, anserine, carnosine 함량은 모든 저장기간 동안 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. Creatinine 함량은 두 처리구 모두 저장 기간에 따라 증가하는 경향을 나타내었다.

[표 2-3-63] Creatine, creatinine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Creatine	CB ²⁾	373.31 ^{Aa}	387.73 ^{Aa}	384.14 ^{Aa}	342.45 ^{Aa}	351.30 ^{Aa}	10.521
	WB	344.90 ^{Ba}	338.92 ^{Ba}	345.75 ^{Ba}	349.97 ^{Aa}	334.16 ^{Aa}	10.599
	SEM	8.487	8.134	9.972	14.420	10.585	
Creatinine	CB	2.45 ^{Ac}	2.39 ^{Ac}	2.84 ^{Abc}	3.96 ^{Aa}	3.66 ^{Aab}	0.245
	WB	2.40 ^{Ac}	2.63 ^{Ac}	2.91 ^{Abc}	3.52 ^{Aab}	4.15 ^{Aa}	0.200
	SEM	0.204	0.172	0.158	0.289	0.264	
Anserine	CB	190.05 ^{Aa}	181.13 ^{Aa}	206.92 ^{Aa}	187.95 ^{Ba}	180.51 ^{Aa}	8.665
	WB	183.23 ^{Ab}	206.04 ^{Aab}	226.42 ^{Aa}	217.61 ^{Aab}	204.09 ^{Aab}	9.979
	SEM	12.741	8.068	9.683	7.090	8.075	
Carnosine	CB	66.50 ^{Aa}	64.27 ^{Aa}	58.31 ^{Aa}	52.80 ^{Aa}	56.72 ^{Aa}	5.719
	WB	67.97 ^{Aa}	63.50 ^{Aa}	65.70 ^{Aa}	68.98 ^{Aa}	69.47 ^{Aa}	5.753
	SEM	5.882	3.915	4.698	7.121	6.465	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(7) 항산화 활성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성의 변화는 [표 2-3-64]에 나타내었다. 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성의 변화는 Table 48에 나타내었다. ABTS 라디칼 소거능과 ORAC 활성은 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 저장 5,7,9일차에 FRAP 활성과 저장 9일차에 DPPH 라디칼 소거능에서 WB가 CB보다 유의적으로 높은 활성을 나타내었다. 또한 ABTS 라디칼 소거능, FRAP 활성과 ORAC 활성 모두 저장 기간이 경과함에 따라 유의적인 항산화 활성이 감소하였다.

[표 2-3-64] DPPH, FRAP, ABTS, and ORAC (uM TE /mg dry matter) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items		Treatment					Storage (days)
		1	3	5	7	9	
DPPH	CB	10.64 ^{Aa}	9.96 ^{Aa}	9.40 ^{Aa}	9.16 ^{Aa}	9.10 ^{Ba}	0.398
	WB	10.56 ^{Aa}	10.47 ^{Aa}	10.70 ^{Aa}	10.06 ^{Aa}	10.04 ^{Aa}	0.360
	SEM	0.369	0.246	0.506	0.466	0.223	
ABTS	CB	146.46 ^{Aa}	144.15 ^{Aab}	145.08 ^{Aab}	141.08 ^{Aab}	139.69 ^{Ab}	1.357
	WB	149.08 ^{Aa}	147.54 ^{Aa}	144.92 ^{Aab}	141.54 ^{Abc}	139.38 ^{Ac}	1.285
	SEM	1.425	1.339	1.101	1.693	0.910	
FRAP	CB	13.29 ^{Aa}	12.43 ^{Aa}	9.85 ^{Bb}	8.61 ^{Bbc}	7.72 ^{Bc}	0.475
	WB	14.21 ^{Aa}	13.00 ^{Aab}	12.69 ^{Aab}	11.44 ^{Aab}	10.86 ^{Ab}	0.759
	SEM	0.363	0.645	0.821	0.677	0.568	
ORAC	CB	250.99 ^{Aa}	235.63 ^{Aab}	238.76 ^{Aab}	218.38 ^{Abc}	194.64 ^{Ac}	7.489
	WB	256.81 ^{Aa}	249.19 ^{Aab}	245.84 ^{Aabc}	216.81 ^{Abc}	211.02 ^{Ac}	8.940
	SEM	7.854	8.451	9.612	7.882	7.238	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹SEM; Standard error of means

²CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(8) 지방산 조성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 지방산 함량의 변화는 [표 2-3-65]에 나타내었다. 가슴육의 주요 지방산은 Oleic acid (31.24~35.85%), Palmitic acid (21.64~24.14%), Linoleic acid (16.17~20.24%)이 있으며, 저장 1일차에 불포화 지방산으로 알려진 Linolenic acid, Arachidonic acid, Adrenic acid, Docosahexaenoic acid 함량은 WB가 CB보다 높은 함량을 나타내었다. Oleic acid과 Palmitic acid은 저장 1일차에 CB가 WB보다 높은 함량을 나타내었다.

[표 2-3-65] Fatty acid of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
C14:0 (Myristic acid)	CB ²⁾	0.70 ^{Aa}	0.65 ^{Aa}	0.64 ^{Ba}	0.66 ^{Aa}	0.65 ^{Aa}	0.016
	WB	0.74 ^{Aa}	0.73 ^{Aa}	0.74 ^{Aa}	0.72 ^{Aa}	0.71 ^{Aa}	0.034
	SEM	0.013	0.041	0.014	0.022	0.032	
C16:0 (Palmitic acid)	CB	24.14 ^{Aa}	24.11 ^{Aa}	23.35 ^{Aa}	22.88 ^{Aa}	23.34 ^{Aa}	0.521
	WB	21.64 ^{Ba}	22.58 ^{Aa}	22.19 ^{Ba}	22.29 ^{Aa}	22.36 ^{Aa}	0.479
	SEM	0.447	0.795	0.196	0.540	0.298	
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	CB	3.94 ^{Aa}	4.80 ^{Aa}	4.65 ^{Aa}	4.32 ^{Aa}	4.59 ^{Aa}	0.344
	WB	3.26 ^{Aa}	3.82 ^{Aa}	3.62 ^{Ba}	3.97 ^{Aa}	3.39 ^{Ba}	0.322
	SEM	0.411	0.360	0.144	0.440	0.202	
C18:0 (Stearic acid)	CB	9.51 ^{Aa}	9.20 ^{Aa}	8.27 ^{Aa}	8.94 ^{Aa}	8.49 ^{Aa}	0.316
	WB	9.88 ^{Aa}	9.05 ^{Aa}	9.18 ^{Aa}	9.36 ^{Aa}	9.30 ^{Aa}	0.348
	SEM	0.415	0.275	0.336	0.294	0.325	
C18:1n9 (Oleic acid)	CB	35.35 ^{Aa}	34.54 ^{Aa}	35.85 ^{Aa}	34.48 ^{Aa}	33.99 ^{Aa}	0.591
	WB	31.24 ^{Ba}	32.84 ^{Aa}	32.85 ^{Ba}	33.62 ^{Aa}	31.69 ^{Ba}	0.792
	SEM	0.856	0.816	0.745	0.617	0.326	
C18:1n7 (Vaccenic acid)	CB	3.48 ^{Aa}	3.45 ^{Aa}	3.24 ^{Aa}	3.40 ^{Aa}	3.44 ^{Aa}	0.117
	WB	3.52 ^{Aa}	3.41 ^{Aa}	3.25 ^{Aa}	3.28 ^{Aa}	3.50 ^{Aa}	0.107
	SEM	0.177	0.114	0.041	0.094	0.089	
C18:2n6 (Linoleic acid)	CB	16.17 ^{Ba}	16.31 ^{Aa}	17.15 ^{Ba}	17.98 ^{Aa}	18.03 ^{Ba}	0.871
	WB	19.90 ^{Aa}	18.96 ^{Aa}	20.01 ^{Aa}	18.59 ^{Aa}	20.24 ^{Aa}	0.766
	SEM	0.915	1.142	0.603	0.918	0.132	
C18:3n6 (γ -Linolenic acid)	CB	0.51 ^{Aa}	0.44 ^{Aa}	0.37 ^{Aa}	0.33 ^{Aa}	0.46 ^{Aa}	0.122
	WB	0.49 ^{Aa}	0.41 ^{Aa}	0.31 ^{Aa}	0.32 ^{Aa}	0.32 ^{Aa}	0.051
	SEM	0.068	0.031	0.058	0.024	0.184	
C18:3n3 (Linolenic acid)	CB	0.69 ^{Ba}	0.65 ^{Aa}	0.74 ^{Aa}	0.72 ^{Ba}	0.73 ^{Aa}	0.041
	WB	0.86 ^{Aa}	0.87 ^{Aa}	0.91 ^{Aa}	0.86 ^{Aa}	0.95 ^{Aa}	0.057
	SEM	0.030	0.059	0.044	0.025	0.074	
C20:1n9 (Eicosenoic acid)	CB	0.76 ^{Aa}	0.80 ^{Aa}	0.64 ^{Aa}	0.75 ^{Aa}	0.69 ^{Aa}	0.043
	WB	0.63 ^{Aa}	0.51 ^{Ba}	0.69 ^{Aa}	0.57 ^{Ba}	0.70 ^{Aa}	0.047
	SEM	0.060	0.045	0.045	0.021	0.044	
C20:4n6 (Arachidonic acid)	CB	2.85 ^{Ba}	3.24 ^{Ba}	3.20 ^{Aa}	3.79 ^{Aa}	3.58 ^{Aa}	0.343
	WB	5.18 ^{Aa}	4.31 ^{Aa}	4.26 ^{Aa}	4.41 ^{Aa}	4.82 ^{Aa}	0.411
	SEM	0.351	0.267	0.349	0.511	0.372	
C20:5n3 (Eicosapentaenoic acid)	CB	0.35 ^{Aa}	0.40 ^{Aa}	0.52 ^{Aa}	0.29 ^{Aa}	0.38 ^{Aa}	0.107
	WB	0.39 ^{Aa}	0.61 ^{Aa}	0.29 ^{Aa}	0.33 ^{Aa}	0.33 ^{Aa}	0.083
	SEM	0.038	0.110	0.160	0.013	0.079	

C22:4n6 (Adrenic acid)	CB	1.18 ^{Ba}	1.07 ^{Aa}	1.05 ^{Aa}	1.09 ^{Aa}	1.17 ^{Aa}	0.112
	WB	1.60 ^{Aa}	1.40 ^{Aa}	1.22 ^{Aa}	1.21 ^{Aa}	1.21 ^{Aa}	0.097
	SEM	0.060	0.113	0.102	0.149	0.074	
C22:6n3 (Docosahexae noic acid)	CB	0.36 ^{Ba}	0.34 ^{Ba}	0.33 ^{Aa}	0.34 ^{Aa}	0.45 ^{Aa}	0.045
	WB	0.68 ^{Aa}	0.50 ^{Ab}	0.47 ^{Ab}	0.46 ^{Ab}	0.47 ^{Ab}	0.034
	SEM	0.021	0.036	0.047	0.040	0.050	
SFA	CB	34.36 ^{Aa}	33.96 ^{Aa}	32.26 ^{Aa}	32.49 ^{Aa}	32.48 ^{Aa}	0.643
	WB	32.26 ^{Aa}	32.36 ^{Aa}	32.11 ^{Aa}	32.37 ^{Aa}	32.37 ^{Aa}	0.426
	SEM	0.630	0.787	0.405	0.495	0.252	
USFA	CB	65.64 ^{Aa}	66.04 ^{Aa}	67.74 ^{Aa}	67.51 ^{Aa}	67.52 ^{Aa}	0.643
	WB	67.74 ^{Aa}	67.64 ^{Aa}	67.89 ^{Aa}	67.63 ^{Aa}	67.63 ^{Aa}	0.426
	SEM	0.630	0.787	0.405	0.495	0.252	
PUFA	CB	22.12 ^{Ba}	22.44 ^{Aa}	23.36 ^{Ba}	24.55 ^{Aa}	24.80 ^{Ba}	1.093
	WB	29.09 ^{Aa}	27.06 ^{Aa}	27.47 ^{Aa}	26.18 ^{Aa}	28.35 ^{Aa}	1.043
	SEM	0.987	1.318	0.680	1.503	0.522	
MUFA	CB	43.53 ^{Aa}	43.60 ^{Aa}	44.38 ^{Aa}	42.96 ^{Aa}	42.72 ^{Aa}	0.752
	WB	38.66 ^{Ba}	40.58 ^{Aa}	40.41 ^{Ba}	41.45 ^{Aa}	39.28 ^{Ba}	1.004
	SEM	0.971	0.932	0.877	1.071	0.452	
W3/W6	CB	0.32 ^{Aa}	0.29 ^{Aa}	0.34 ^{Aa}	0.27 ^{Aa}	0.30 ^{Aa}	0.028
	WB	0.27 ^{Aa}	0.33 ^{Aa}	0.30 ^{Aa}	0.28 ^{Aa}	0.28 ^{Aa}	0.024
	SEM	0.025	0.025	0.036	0.026	0.010	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹SEM; Standard error of means

²CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

□ ROSS 306 품종의 일반농장 및 동물복지 농장 육계 다리육의 특성 분석

(1) 일반성분

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 일반성분 함량은 [표 2-3-66]에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 74.51~76.02%, 18.37~18.74%, 6.07~6.70%, 1.50~1.70%를 나타내었으며, 저장기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-66] Proximate composition of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Moisture	CT ²⁾	74.63 ^{Aa}	74.51 ^{Aa}	74.80 ^{Aa}	75.20 ^{Aa}	74.87 ^{Aa}	0.594
	WT	74.97 ^{Aa}	74.99 ^{Aa}	75.01 ^{Aa}	75.88 ^{Aa}	76.02 ^{Aa}	0.444
	SEM	0.480	0.572	0.670	0.230	0.561	
Crude protein	CT	18.49 ^{Aa}	18.51 ^{Aa}	18.45 ^{Aa}	18.46 ^{Aa}	18.66 ^{Aa}	0.421
	WT	18.37 ^{Aa}	18.74 ^{Aa}	18.56 ^{Aa}	18.74 ^{Aa}	18.69 ^{Aa}	0.354
	SEM	0.254	0.391	0.345	0.448	0.468	
Crude fat	CT	6.37 ^{Aa}	6.25 ^{Aa}	6.07 ^{Aa}	6.29 ^{Aa}	6.40 ^{Aa}	0.404
	WT	6.31 ^{Aa}	6.31 ^{Aa}	6.45 ^{Aa}	6.70 ^{Aa}	6.27 ^{Aa}	0.291
	SEM	0.361	0.415	0.267	0.382	0.317	
Crude ash	CT	1.55 ^{Aa}	1.67 ^{Aa}	1.59 ^{Aa}	1.61 ^{Aa}	1.61 ^{Aa}	0.089
	WT	1.50 ^{Aa}	1.70 ^{Aa}	1.58 ^{Aa}	1.63 ^{Aa}	1.56 ^{Aa}	0.084
	SEM	0.082	0.083	0.105	0.075	0.085	

^AMeans within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^aMeans within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(2) pH, 육색, 가열감량, 보수력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 pH, 육색, 가열감량, 보수력의 변화는 [표 2-3-67]에 나타내었다. pH는 6.50~6.74수치를 나타내었으며, CT 처리구에서만 저장 기간이 증가함에 따라 pH 값이 증가하였다.
- L* (52.68~54.94), a*(6.38~9.28), b*(7.02~11.67) 결과 값은 모든 저장 기간 동안 두 처리구간의 유의적인 차이가 없었다. 황색도를 나타내는 b*값은 두 처리구 모두 저장 시간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였다. 가열감량은 저장 7, 9일차에 CT 처리구보다 WT처리구에서 유의적으로 높은 가열감량을 보였으며, 두 처리구 모두 저장 기간에 따른 가열감량의 차이는 없었다. 또한 두 처리구 모두 저장 기간 동안의 보수력은 56.10~60.98%를 나타내었으며, 저장 기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-67] pH, instrumental color, cooking loss (%) and water holding capacity (WHC, %) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
pH	CT ²⁾	6.50 ^{Ab}	6.57 ^{Aab}	6.64 ^{Aab}	6.67 ^{Aab}	6.74 ^{Aa}	0.051
	WT	6.51 ^{Aa}	6.54 ^{Aa}	6.56 ^{Aa}	6.59 ^{Ba}	6.67 ^{Aa}	0.049
	SEM	0.060	0.078	0.029	0.024	0.038	
L*	CT	53.80 ^{Aa}	53.64 ^{Aa}	53.45 ^{Aa}	54.48 ^{Aa}	53.59 ^{Aa}	0.909
	WT	52.68 ^{Aa}	53.80 ^{Aa}	52.87 ^{Aa}	54.94 ^{Aa}	53.23 ^{Aa}	0.944
	SEM	0.809	1.059	0.815	1.024	0.899	
a*	CT	7.68 ^{Aa}	7.20 ^{Aa}	6.94 ^{Aa}	6.90 ^{Aa}	6.38 ^{Aa}	0.505
	WT	9.28 ^{Aa}	8.06 ^{Aa}	8.27 ^{Aa}	8.26 ^{Aa}	8.07 ^{Aa}	0.527
	SEM	0.651	0.422	0.427	0.468	0.571	
b*	CT	7.69 ^{Ac}	8.37 ^{Abc}	9.02 ^{Abc}	9.75 ^{Ab}	11.67 ^{Aa}	0.403
	WT	7.02 ^{Ac}	7.97 ^{Abc}	8.94 ^{Ab}	9.25 ^{Aab}	10.62 ^{Aa}	0.355
	SEM	0.361	0.425	0.399	0.318	0.386	
Cooking loss	CT	27.03 ^{Aa}	26.69 ^{Aa}	28.50 ^{Aa}	25.05 ^{Ba}	24.72 ^{Ba}	1.327
	WT	27.39 ^{Aa}	29.81 ^{Aa}	28.04 ^{Aa}	29.43 ^{Aa}	28.48 ^{Aa}	1.348
	SEM	1.312	1.763	1.147	1.340	1.003	
WHC	CT	58.70 ^{Aa}	56.75 ^{Aa}	59.19 ^{Aa}	58.64 ^{Aa}	60.98 ^{Aa}	1.881
	WT	57.00 ^{Aa}	56.31 ^{Aa}	60.01 ^{Aa}	56.10 ^{Aa}	58.73 ^{Aa}	1.632
	SEM	2.300	2.144	1.366	1.378	1.362	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(3) 전단력

○ 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 냉장 저장 기간 중 전단력의 변화는 [표 2-3-68]에 나타내었다. 모든 저장 간 동안 WT 처리구의 전단력이 CT보다 높은 값을 나타내었다. 또한 두 처리구 모두 저장 기간이 경과함에 따라 전단력에 유의적으로 감소하였다.

[표 2-3-68] Shear force (N) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
	1	3	5	7	9	
CT ²⁾	22.43 ^{Ba}	19.76 ^{Bb}	18.27 ^{Bb}	15.19 ^{Bc}	14.17 ^{Bc}	0.476
WT	25.17 ^{Aa}	22.69 ^{Ab}	20.97 ^{Abc}	19.71 ^{Ac}	16.60 ^{Ad}	0.557
SEM	0.583	0.492	0.496	0.381	0.608	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(4) 미생물

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 총균수와 대장균군의 변화는 [표 2-3-69]에 나타내었다. 총균수는 두 처리구 모두 저장 기간이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였으며, 9일차에 CT(6.68 log/g)가 WT(6.07 log/g)보다 유의적으로 높은 총균수를 나타내었다. 대장균군의 경우 저장 1일차부터 5일차까지 검출 되지 않았으나, 7일차부터 두 처리구 모두 검출되었으며, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 대장균의 경우 모든 처리구 및 저장일차에서 검출되지 않았다(data not shown).

[표 2-3-69] Microorganisms (log CFU/g) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Total aerobic bacteria	CT ²⁾	2.61 ^{Ad}	2.64 ^{Ad}	3.95 ^{Ac}	5.01 ^{Ab}	6.68 ^{Aa}	0.089
	WT	2.48 ^{Ad}	2.46 ^{Ad}	3.81 ^{Ac}	4.90 ^{Ab}	6.07 ^{Ba}	0.100
	SEM	0.111	0.103	0.053	0.079	0.112	
Coliforms	CT	ND ³⁾	ND	ND	1.31 ^{Aa}	1.43 ^{Aa}	0.156
	WT	ND	ND	ND	1.27 ^{Aa}	1.36 ^{Aa}	0.148
	SEM	ND	ND	ND	0.140	0.164	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

³⁾ND; Not detected

(5) TBARS 및 VBN

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 TBARS 변화 및 VBN 함량은 [표 2-3-70]에 나타내었다. 두 처리구 모두 저장기간이 증가함에 따라 TBARS과 VBN값이 유의적으로 증가하였다. TBARS 값은 저장 7일차, VBN 값은 저장 5, 7, 9일차에 WT가 CT처리구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다.

[표 2-3-70] TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
TBARS	CT ²⁾	0.18 ^{Ad}	0.23 ^{Ac}	0.31 ^{Ab}	0.34 ^{Ab}	0.43 ^{Aa}	0.008
	WT	0.17 ^{Ad}	0.23 ^{Ac}	0.31 ^{Ab}	0.30 ^{Bb}	0.41 ^{Aa}	0.008
	SEM	0.008	0.007	0.011	0.007	0.007	
VBN	CT	4.87 ^{Ae}	7.58 ^{Ad}	14.30 ^{Ac}	25.09 ^{Ab}	26.16 ^{Aa}	0.182
	WT	4.58 ^{Ae}	7.14 ^{Ad}	13.18 ^{Bc}	23.09 ^{Bb}	24.69 ^{Ba}	0.237
	SEM	0.169	0.243	0.253	0.167	0.210	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-e} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(6) Creatine, creatinine과 di-peptide (anserine 및 carnosine)

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 creatine, creatinine 및 di-peptide (anserine 및 carnosine)의 변화는 [표 2-3-71]에 나타내었다. Creatine함량은 모든 저장기간 동안 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 저장 1일차 creatinine 함량, 저장 7, 9일차 anserine함량과 저장 3일차 carnosine 함량은 WT가 CT 처리구 보다 유의적으로 높은 함량은 보였다. Creatinine 함량은 두 처리구 모두 저장 기간에 따라 증가하는 경향을 나타내었다.

[표 2-3-71] Creatine, creatinine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Creatine	CT ²⁾	334.28 ^{Aa}	337.23 ^{Aa}	312.43 ^{Aa}	313.49 ^{Aa}	307.28 ^{Aa}	9.511
	WT	332.39 ^{Aa}	325.13 ^{Aa}	323.70 ^{Aa}	326.81 ^{Aa}	328.32 ^{Aa}	13.476
	SEM	12.123	13.695	10.740	11.215	10.224	
Creatinine	CT	3.08 ^{Bb}	4.10 ^{Aa}	4.29 ^{Aa}	4.76 ^{Aa}	4.43 ^{Aa}	0.228
	WT	3.50 ^{Ab}	4.38 ^{Aa}	4.24 ^{Aa}	4.42 ^{Aa}	4.51 ^{Aa}	0.136
	SEM	0.115	0.121	0.098	0.322	0.186	
Anserine	CT	127.56 ^{Aa}	115.98 ^{Aa}	121.66 ^{Aa}	110.36 ^{Ba}	107.16 ^{Ba}	5.776
	WT	129.45 ^{Aa}	125.90 ^{Aa}	127.99 ^{Aa}	125.29 ^{Aa}	118.01 ^{Aa}	7.125
	SEM	8.702	7.715	6.980	3.930	3.305	
Carnosine	CT	40.12 ^{Aa}	43.52 ^{Ba}	49.01 ^{Aa}	45.32 ^{Aa}	44.60 ^{Aa}	5.727
	WT	48.06 ^{Aa}	62.46 ^{Aa}	63.79 ^{Aa}	54.24 ^{Aa}	55.36 ^{Aa}	4.902
	SEM	2.940	4.520	7.668	3.509	6.472	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

(7) 항산화 활성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성의 변화는 [표 2-3-71]에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성은 모든 처리구에서 저장 기간이 경과함에 따라 유의적인 감소하는 경향을 나타냈으며, FRAP, ORAC 활성은 모든 저장 기간 동안 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능은 저장 1일차에 WT 처리구가 CT 처리구보다 유의적으로 높은 항산화 활성을 나타내었다.

[표 2-3-71] DPPH, FRAP, ABTS, and ORAC (uM TE/mg dry matter) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
DPPH	CT	11.81 ^{Ba}	10.32 ^{Aab}	9.64 ^{Ab}	9.28 ^{Ab}	6.65 ^{Bc}	0.410
	WT	14.32 ^{Aa}	11.00 ^{Ab}	10.63 ^{Abc}	8.05 ^{Ac}	9.04 ^{Abc}	0.674
	SEM	0.357	0.691	0.566	0.526	0.593	
ABTS	CT	121.54 ^{Bab}	121.85 ^{Ba}	117.08 ^{Bbc}	116.92 ^{Bbc}	117.54 ^{Aabc}	1.060
	WT	126.46 ^{Aa}	125.08 ^{Aab}	122.62 ^{Aabc}	120.77 ^{Abc}	119.38 ^{Ac}	1.159
	SEM	1.343	0.644	1.462	1.176	0.658	
FRAP	CT	11.79 ^{Aa}	10.93 ^{Aab}	9.98 ^{Aab}	8.99 ^{Ab}	8.63 ^{Ab}	0.586
	WT	11.87 ^{Aa}	10.25 ^{Aab}	8.99 ^{Ab}	8.31 ^{Ab}	8.74 ^{Ab}	0.612
	SEM	0.636	0.949	0.385	0.457	0.365	
ORAC	CT	242.37 ^{Aa}	228.14 ^{Aa}	209.97 ^{Aa}	211.84 ^{Aa}	194.81 ^{Aa}	12.673
	WT	259.70 ^{Aa}	240.25 ^{Aab}	221.89 ^{Abc}	207.41 ^{Abc}	195.84 ^{Ac}	8.256
	SEM	6.185	10.885	6.721	16.983	9.035	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

(8) 지방산 조성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 지방산 함량의 변화는 [표 2-3-72]에 나타내었다. 다리육의 주요 지방산은 Oleic acid (36.85~39.76%), Palmitic acid (21.90~24.52%), Linoleic acid (15.87~21.60%)이 있으며, 저장 1일차에 불포화 지방산으로 알려진 Linoleic acid과 Linolenic acid 함량은 WT가 CT보다 높은 함량을 나타내었다. Palmitic acid 함량은 저장 1일차에 CT가 WT보다 높은 함량을 나타내었다.

[표 2-3-72] Fatty acid (%) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
C14:0 (Myristic acid)	CT ²⁾	0.73 ^{Bb}	0.77 ^{Ba}	0.76 ^{Bab}	0.73 ^{Bb}	0.73 ^{Bb}	0.008
	WT	0.83 ^{Ab}	0.88 ^{Aab}	0.85 ^{Aab}	0.87 ^{Aab}	0.90 ^{Aa}	0.014
	SEM	0.010	0.015	0.012	0.006	0.012	
C16:0 (Palmitic acid)	CT	23.34 ^{Aa}	24.52 ^{Aa}	24.17 ^{Aa}	22.95 ^{Aa}	24.17 ^{Aa}	0.352
	WT	22.15 ^{Ba}	21.62 ^{Ba}	22.23 ^{Ba}	21.90 ^{Ba}	22.13 ^{Ba}	0.375
	SEM	0.241	0.447	0.381	0.258	0.437	
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	CT	5.53 ^{Aa}	6.53 ^{Aa}	6.87 ^{Aa}	5.91 ^{Aa}	6.76 ^{Aa}	0.340
	WT	4.95 ^{Aa}	4.33 ^{Ba}	5.15 ^{Ba}	4.98 ^{Ba}	4.61 ^{Ba}	0.313
	SEM	0.370	0.386	0.326	0.201	0.320	
C18:0 (Stearic acid)	CT	7.68 ^{Aa}	7.03 ^{Aa}	6.35 ^{Ba}	6.37 ^{Ba}	6.47 ^{Ba}	0.192
	WT	7.38 ^{Aa}	7.68 ^{Aab}	7.20 ^{Ab}	7.07 ^{Ab}	7.27 ^{Ab}	0.254
	SEM	0.260	0.348	0.192	0.106	0.124	
C18:1n9 (Oleic acid)	CT	38.95 ^{Aa}	39.22 ^{Aa}	39.76 ^{Aa}	39.62 ^{Aa}	39.73 ^{Aa}	0.426
	WT	38.09 ^{Aa}	36.74 ^{Aa}	37.14 ^{Ba}	37.38 ^{Ba}	36.85 ^{Ba}	0.498
	SEM	0.366	0.760	0.525	0.142	0.256	
C18:1n7 (Vaccenic acid)	CT	2.57 ^{Aa}	2.45 ^{Aa}	2.46 ^{Aa}	2.56 ^{Aa}	2.43 ^{Aa}	0.053
	WT	2.74 ^{Aa}	2.54 ^{Aa}	2.74 ^{Aa}	2.61 ^{Aa}	2.38 ^{Aa}	0.121
	SEM	0.103	0.083	0.140	0.072	0.033	
C18:2n6 (Linoleic acid)	CT	17.27 ^{Bab}	15.87 ^{Bb}	16.39 ^{Bab}	18.40 ^{Ba}	16.12 ^{Bab}	0.498
	WT	19.61 ^{Aa}	21.60 ^{Aa}	20.26 ^{Aa}	20.74 ^{Aa}	21.15 ^{Aa}	0.660
	SEM	0.517	0.865	0.357	0.397	0.637	
C18:3n6 (γ -Linolenic acid)	CT	0.46 ^{Aa}	0.45 ^{Aa}	0.29 ^{Aa}	0.25 ^{Aa}	0.41 ^{Aa}	0.062
	WT	0.49 ^{Aa}	0.37 ^{Aa}	0.32 ^{Aa}	0.28 ^{Aa}	0.46 ^{Aa}	0.086
	SEM	0.032	0.069	0.049	0.038	0.137	
C18:3n3 (Linolenic acid)	CT	0.91 ^{Ba}	0.84 ^{Bab}	0.83 ^{Bab}	0.87 ^{Bab}	0.78 ^{Bb}	0.025
	WT	1.13 ^{Aa}	1.15 ^{Aa}	1.07 ^{Aa}	1.06 ^{Aa}	1.12 ^{Aa}	0.036
	SEM	0.041	0.043	0.017	0.019	0.026	
C20:1n9 (Eicosenoic acid)	CT	0.46 ^{Aa}	0.53 ^{Aa}	0.52 ^{Aa}	0.39 ^{Aa}	0.54 ^{Aa}	0.072
	WT	0.51 ^{Aa}	0.59 ^{Aa}	0.59 ^{Aa}	0.52 ^{Aa}	0.50 ^{Aa}	0.030
	SEM	0.039	0.018	0.028	0.108	0.024	
C20:4n6 (Arachidonic acid)	CT	1.15 ^{Aab}	0.78 ^{Ab}	0.99 ^{Aab}	1.25 ^{Aa}	0.92 ^{Aab}	0.080
	WT	1.05 ^{Ab}	1.42 ^{Aab}	1.60 ^{Aab}	1.74 ^{Aa}	1.50 ^{Aab}	0.119
	SEM	0.055	0.185	0.048	0.080	0.073	

C20:5n3 (Eicosapenta enoic acid)	CT	0.382 ^{Aa}	0.507 ^{Aa}	0.144 ^{Ab}	0.143 ^{Ab}	0.456 ^{Aa}	0.045
	WT	0.436 ^{Aa}	0.398 ^{Ba}	0.199 ^{Aa}	0.212 ^{Aa}	0.399 ^{Aa}	0.051
	SEM	0.053	0.027	0.039	0.047	0.067	
C22:4n6 (Adrenic acid)	CT	0.36 ^{Aa}	0.29 ^{Aa}	0.32 ^{Ba}	0.43 ^{Aa}	0.30 ^{Ba}	0.031
	WT	0.40 ^{Aa}	0.43 ^{Aa}	0.49 ^{Aa}	0.48 ^{Aa}	0.57 ^{Aa}	0.049
	SEM	0.031	0.048	0.031	0.024	0.059	
C22:6n3 (Docosahexae noic acid)	CT	0.21 ^{Aa}	0.23 ^{Aa}	0.15 ^{Aa}	0.13 ^{Aa}	0.19 ^{Aa}	0.047
	WT	0.22 ^{Aa}	0.25 ^{Aa}	0.15 ^{Ab}	0.15 ^{Ab}	0.17 ^{Aab}	0.018
	SEM	0.068	0.031	0.016	0.008	0.017	
SFA	CT	31.75 ^{Aab}	32.32 ^{Aa}	31.28 ^{Aab}	30.05 ^{Ab}	31.37 ^{Aab}	0.394
	WT	30.37 ^{Ba}	30.19 ^{Ba}	30.29 ^{Aa}	29.84 ^{Aa}	30.30 ^{Aa}	0.369
	SEM	0.276	0.365	0.419	0.352	0.470	
USFA	CT	68.25 ^{Bab}	67.68 ^{Bb}	68.72 ^{Aab}	69.95 ^{Aa}	68.63 ^{Aab}	0.394
	WT	69.63 ^{Aa}	69.81 ^{Aa}	69.71 ^{Aa}	70.16 ^{Aa}	69.70 ^{Aa}	0.369
	SEM	0.276	0.365	0.419	0.352	0.470	
PUFA	CT	20.74 ^{Ba}	18.96 ^{Ba}	19.11 ^{Ba}	21.47 ^{Ba}	19.17 ^{Ba}	0.614
	WT	23.34 ^{Aa}	25.62 ^{Aa}	24.09 ^{Aa}	24.67 ^{Aa}	25.37 ^{Aa}	0.870
	SEM	0.574	1.191	0.419	0.378	0.878	
MUFA	CT	47.51 ^{Aa}	48.72 ^{Aa}	49.61 ^{Aa}	48.48 ^{Aa}	49.46 ^{Aa}	0.462
	WT	46.30 ^{Aa}	44.20 ^{Ba}	45.62 ^{Ba}	45.49 ^{Ba}	44.34 ^{Ba}	0.700
	SEM	0.378	1.011	0.558	0.265	0.456	
W3/W6	CT	0.77 ^{Aab}	1.05 ^{Aa}	0.71 ^{Aab}	0.60 ^{Ab}	0.90 ^{Aab}	0.074
	WT	0.92 ^{Aa}	0.85 ^{Aab}	0.59 ^{Abc}	0.57 ^{Ac}	0.67 ^{Aabc}	0.059
	SEM	0.077	0.095	0.036	0.040	0.069	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹SEM; Standard error of means

²CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

□ 겨울철 (하림4 -12월) 일반농장 및 동물복지 농장 육계 가슴육의 특성 분석

(1) 일반성분

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 일반성분 함량은 [표 2-3-73]에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 75.35~76.40%, 21.59~23.00%, 1.35~1.46%, 1.23~1.41%를 나타내었으며, 저장기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-73] Proximate composition of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ⁹⁾
		1	3	5	7	9	
Moisture	CB ²⁾	76.29 ^{Aa}	76.06 ^{Aa}	76.27 ^{Aa}	76.05 ^{Aa}	76.40 ^{Aa}	0.234
	WB	76.07 ^{Aa}	76.01 ^{Aa}	75.90 ^{Aa}	75.37 ^{Aa}	75.35 ^{Aa}	0.256
	SEM	0.190	0.244	0.291	0.260	0.230	
Crude protein	CB	21.96 ^{Aa}	22.95 ^{Aa}	21.59 ^{Aa}	22.35 ^{Aa}	22.20 ^{Aa}	0.352
	WB	22.79 ^{Aa}	22.84 ^{Aa}	23.00 ^{Aa}	22.84 ^{Aa}	22.57 ^{Aa}	0.345
	SEM	0.330	0.304	0.332	0.392	0.378	
Crude fat	CB	1.42 ^{Aa}	1.35 ^{Aa}	1.44 ^{Aa}	1.41 ^{Aa}	1.43 ^{Aa}	0.053
	WB	1.39 ^{Aa}	1.37 ^{Aa}	1.38 ^{Aa}	1.36 ^{Aa}	1.46 ^{Aa}	0.065
	SEM	0.057	0.054	0.053	0.066	0.063	
Crude ash	CB	1.23 ^{Aa}	1.20 ^{Aa}	1.38 ^{Aa}	1.41 ^{Aa}	1.30 ^{Aa}	0.064
	WB	1.27 ^{Aa}	1.39 ^{Aa}	1.27 ^{Aa}	1.26 ^{Aa}	1.38 ^{Aa}	0.053
	SEM	0.057	0.049	0.037	0.061	0.081	

^A Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^a Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; chicken breast meat from conventional farm, WB; chicken breast meat from animal welfare farm

(2) pH, 육색, 가열감량, 보수력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 pH, 육색, 가열감량, 보수력의 변화는 [표 2-3-74]에 나타내었다. pH는 6.09~6.26 수치를 나타내었으며, 저장 마지막 일차인 9일차 pH는 WB 처리구가 CB 처리구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다.

○ 육색의 L* (52.11~53.25)와 a*(1.80~2.18) 값은 모든 저장 기간 동안 두 처리구간의 유의적인 차이가 없었다. 황색도를 나타내는 b*값은 두 처리구 모두 저장 시간이 경과함에 따라 증가하였으며, 모든 저장 일차에서 WB 처리구가 CB 처리구 보다 낮은 b* 값을 나타내었다. 가열감량 또한 모든 저장 기간동안 16.12~21.59%를 나타내었으며, 두 처리구 간의 유의적인 차이는 없었다. 또한 두 처리구 모두 저장 기간 동안의 보수력은 53.07~57.10%를 나타내었으며, 저장 기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-74] pH, instrumental color, cooking loss (%) and water holding capacity (WHC, %) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
pH	CB ²⁾	6.09 ^{Ab}	6.12 ^{Ab}	6.17 ^{Aab}	6.17 ^{Aab}	6.26 ^{Aa}	0.032
	WB	6.08 ^{Ab}	6.14 ^{Aab}	6.19 ^{Aa}	6.15 ^{Aab}	6.14 ^{Bab}	0.025
	SEM	0.034	0.027	0.013	0.030	0.034	
L*	CB	53.15 ^{Aa}	52.95 ^{Aa}	53.11 ^{Aa}	53.25 ^{Aa}	52.48 ^{Aa}	0.417
	WB	52.34 ^{Aa}	52.11 ^{Aa}	53.02 ^{Aa}	52.42 ^{Aa}	53.13 ^{Aa}	0.462
	SEM	0.163	0.372	0.378	0.603	0.545	
Color	a*	1.92 ^{Aa}	1.80 ^{Aa}	1.87 ^{Aa}	1.90 ^{Aa}	1.93 ^{Aa}	0.118
	WB	2.03 ^{Aa}	2.03 ^{Aa}	2.01 ^{Aa}	1.96 ^{Aa}	2.18 ^{Aa}	0.135
	SEM	0.081	0.080	0.075	0.148	0.199	
b*	CB	5.94 ^{Ad}	6.94 ^{Ac^d}	7.75 ^{Abc}	8.84 ^{Aab}	9.71 ^{Aa}	0.359
	WB	5.28 ^{Bd}	6.10 ^{Bcd}	6.70 ^{Bbc}	7.13 ^{Bb}	9.07 ^{Aa}	0.236
	SEM	0.169	0.144	0.212	0.358	0.490	
Cooking loss	CB	16.22 ^{Aa}	17.23 ^{Aa}	21.59 ^{Aa}	19.48 ^{Aa}	18.51 ^{Aa}	1.486
	WB	16.76 ^{Aa}	18.10 ^{Aa}	19.18 ^{Aa}	17.71 ^{Aa}	16.12 ^{Aa}	1.013
	SEM	0.781	1.035	2.011	1.146	1.021	
WHC	CB	56.52 ^{Aa}	56.84 ^{Aa}	56.34 ^{Aa}	55.00 ^{Aa}	56.49 ^{Aa}	1.167
	WB	53.07 ^{Aa}	56.82 ^{Aa}	56.73 ^{Aa}	57.10 ^{Aa}	55.36 ^{Aa}	1.118
	SEM	1.429	0.896	0.925	0.915	1.413	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(3) 전단력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 냉장 저장 기간 중 전단력의 변화는 [표 2-3-75]에 나타내었다. 모든 저장 간 동안 WB 처리구의 전단력 값이 CB 처리구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 또한 두 처리구 모두 저장 기간이 경과함에 따라 전단력은 유의적으로 감소하였다.

[표 2-3-75] Shear force (N) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
	1	3	5	7	9	
CB ²⁾	22.63 ^{Ba}	20.70 ^{Ba}	18.20 ^{Bb}	15.60 ^{Bc}	12.11 ^{Bd}	0.548
WB	26.60 ^{Aa}	25.84 ^{Aab}	21.41 ^{Abc}	20.96 ^{Ac}	16.30 ^{Ad}	1.054
SEM	0.570	1.447	0.396	0.828	0.519	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(4) 미생물

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 총균수와 대장균군의 변화는 [표 2-3-76]에 나타내었다. 저장 1일차에 총균수는 CB와 WB처리구간 유의적인 차이는 없었으나, 저장 9일차에 WB(6.21 log CFU/g)가 CB(6.71 log CFU/g)보다 유의적으로 낮은 총균수를 나타내었다. 현재 식품 의약품안전처의 식육 중 미생물 검사 권장기준(MFDS, 2018)에 따르면 식육 판매장에서의 닭고기 총균수는 5×10^6 CFU/g (약 6.70 log CFU/g) 이하가 되어야 한다고 권장하고 있다. 그러나 저장 9일에 권장기준 이내였으나 CB는 미생물 권장 기준을 초과하였다. 대장균군의 경우 저장 1, 3, 5일차에는 검출이 되지 않았으나, 7일차부터 검출 되었으며, 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 대장균의 경우 모든 처리구 및 저장일차에서 검출되지 않았다(data not shown).

[표 2-3-76] Microorganisms (log CFU/g) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Total aerobic bacteria	CB ²⁾	1.96 ^{Ad}	2.01 ^{Ad}	2.81 ^{Ac}	4.10 ^{Ab}	6.71 ^{Aa}	0.085
	WB	1.79 ^{Ad}	1.96 ^{Ad}	2.76 ^{Ac}	4.09 ^{Ab}	6.21 ^{Ba}	0.096
	SEM	0.084	0.067	0.096	0.096	0.108	
Coliforms	CB	ND	ND	ND	1.06 ^{Ab}	1.56 ^{Aa}	0.076
	WB	ND	ND	ND	1.04 ^{Aa}	1.29 ^{Aa}	0.084
	SEM				0.137	0.115	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

³⁾ND; Not detected

(5) TBARS 및 VBN 함량

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 TBARS 변화 및 VBN 함량은 [표 2-3-77]에 나타내었다. 두 처리구 모두 저장기간이 증가함에 따라 TBARS과 VBN값이 유의적으로 증가하였다. TBARS 값은 저장 9일차, VBN 값은 저장 3, 7 9일차에 WB가 CB처리구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다.

[표 2-3-77] TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
TBARS	CB ²⁾	0.10 ^{Ad}	0.11 ^{Ac}	0.12 ^{Ac}	0.14 ^{Ab}	0.24 ^{Aa}	0.004
	WB	0.10 ^{Ac}	0.10 ^{Ac}	0.12 ^{Ab}	0.14 ^{Aa}	0.16 ^{Ba}	0.004
	SEM	0.003	0.002	0.004	0.006	0.004	
VBN	CB	7.42 ^{Ad}	7.88 ^{Ad}	8.85 ^{Ac}	13.15 ^{Ab}	19.86 ^{Aa}	0.175
	WB	7.21 ^{Ad}	7.50 ^{Bd}	8.52 ^{Ac}	12.43 ^{Bb}	17.97 ^{Ba}	0.205
	SEM	0.171	0.104	0.203	0.132	0.289	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(6) Creatine, creatinine과 di-peptide (anserine 및 carnosine)

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 creatine, creatinine 및 di-peptide (anserine 및 carnosine)의 변화는 [표 2-3-78]에 나타내었다. Creatine, creatinine 및 di-peptide (anserine 및 carnosine) 함량은 모든 저장기간 동안 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으며, creatinine 함량의 경우 두처리구 모두 저장 기간이 경과 함에 따라 유의적으로 증가하였다.

[표 2-3-78] Creatine, creatinine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Creatine	CB ²⁾	337.96 ^{Aa}	308.80 ^{Aa}	338.28 ^{Aa}	321.32 ^{Aa}	321.01 ^{Aa}	7.350
	WB	338.84 ^{Aa}	356.85 ^{Aa}	365.69 ^{Aa}	338.93 ^{Aa}	329.18 ^{Aa}	9.887
	SEM	7.81	7.83	8.94	9.19	9.64	
Creatinine	CB	1.80 ^{Ad}	2.44 ^{Ac}	3.19 ^{Ab}	3.51 ^{Ab}	4.61 ^{Aa}	0.094
	WB	1.68 ^{Ad}	2.50 ^{Ac}	3.22 ^{Ab}	3.62 ^{Ab}	4.65 ^{Aa}	0.141
	SEM	0.115	0.078	0.095	0.119	0.172	
Anserine	CB	234.20 ^{Aa}	236.57 ^{Aa}	235.31 ^{Aa}	214.56 ^{Ba}	197.82 ^{Aa}	15.026
	WB	252.64 ^{Aa}	261.03 ^{Aa}	243.59 ^{Aa}	246.83 ^{Aa}	232.00 ^{Aa}	13.849
	SEM	13.278	16.199	13.193	9.883	18.262	
Carnosine	CB	131.25 ^{Aa}	122.40 ^{Aa}	124.04 ^{Aa}	122.34 ^{Aa}	113.84 ^{Aa}	6.810
	WB	130.76 ^{Aa}	121.03 ^{Aa}	115.54 ^{Aa}	119.90 ^{Aa}	115.26 ^{Aa}	9.481
	SEM	8.585	9.090	8.169	7.873	7.458	

^A Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(7) 항산화 활성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성의 변화는 [표 2-3-79]에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능 결과 두처리구 모두 저장 기간이 경과 함에 따라 감소하였으며, 저장 5~9일차에는 WB처리구가 CB 보다 유의적으로 높은 항산화 활성을 보였다. ABTS 라디칼 소거능결과 저장 9일차에서 WB가 CB보다 유의적으로 높은 항산화 활성을 보였으며, FRAP 활성에서는 저장 5~9일차 까지 WB가 CB보다 유의적으로 높은 항산화 활성을 보였다. ORAC 활성에서는 저장 1일차에 WB가 CB 보다 유의적으로 높은 항산화 활성을 보였다.

[표 2-3-79] DPPH, FRAP, ABTS, and ORAC (uM TE /mg dry matter) of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾	
	1	3	5	7	9		
DPPH	CB	12.85 ^{Aa}	12.48 ^{Aa}	10.83 ^{Bab}	8.78 ^{Bbc}	7.83 ^{Bc}	0.665
	WB	15.09 ^{Aa}	13.81 ^{Aab}	13.08 ^{Aab}	11.86 ^{Abc}	10.07 ^{Ac}	0.678
	SEM	0.913	0.797	0.574	0.420	0.529	
ABTS	CB	165.43 ^{Aa}	165.86 ^{Aa}	164.57 ^{Aa}	161.71 ^{Aab}	155.71 ^{Bb}	1.880
	WB	171.57 ^{Aa}	169.00 ^{Aa}	167.43 ^{Aa}	167.43 ^{Aa}	161.86 ^{Aa}	3.066
	SEM	2.069	1.681	3.568	3.093	1.713	
FRAP	CB	13.13 ^{Aa}	12.41 ^{Aab}	10.58 ^{Babc}	9.74 ^{Bbc}	8.65 ^{Bc}	0.708
	WB	14.56 ^{Aa}	13.55 ^{Aab}	12.99 ^{Aabc}	12.11 ^{Abc}	10.80 ^{Ac}	0.552
	SEM	0.621	0.726	0.506	0.689	0.608	
ORAC	CB	223.21 ^{Ba}	216.02 ^{Aa}	210.33 ^{Aa}	194.53 ^{Aa}	188.18 ^{Aa}	10.687
	WB	257.39 ^{Aa}	235.85 ^{Aab}	233.98 ^{Aab}	208.13 ^{Ab}	202.77 ^{Ab}	10.316
	SEM	9.350	11.720	8.717	13.432	8.389	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

(8) 지방산 조성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 지방산 함량의 변화는 [표 2-3-80]에 나타내었다. 가슴육의 주요 지방산은 Oleic acid (36.12~38.53%), Palmitic acid (23.18~24.07%), Linoleic acid (15.76~17.35%)이 있으며, 저장 1일차에 Vaccenic acid과 W-6 지방산인 Docosahexaenoic acid 함량은 WB가 CB보다 높은 함량을 나타내었다. Oleic acid 함량은 저장 1일차에 CB가 WB보다 높은 함량을 나타내었다.

[表 2-3-80] Fatty acid of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
C14:0 (Myristic acid)	CB ²⁾	0.81 ^{Aa}	0.76 ^{Aa}	0.76 ^{Aa}	0.76 ^{Ba}	0.78 ^{Aa}	0.026
	WB	0.79 ^{Aa}	0.80 ^{Aa}	0.82 ^{Aa}	0.83 ^{Aa}	0.76 ^{Aa}	0.040
	SEM	0.024	0.043	0.046	0.017	0.030	
C16:0 (Palmitic acid)	CB	23.83 ^{Aa}	24.07 ^{Aa}	23.56 ^{Aa}	23.28 ^{Aa}	23.61 ^{Aa}	0.323
	WB	23.57 ^{Aa}	23.18 ^{Aa}	23.86 ^{Aa}	23.94 ^{Aa}	23.45 ^{Aa}	0.587
	SEM	0.281	0.475	0.553	0.197	0.688	
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	CB	5.85 ^{Aa}	5.70 ^{Aa}	5.38 ^{Aa}	5.42 ^{Aa}	5.41 ^{Aa}	0.234
	WB	5.53 ^{Aa}	5.37 ^{Aa}	5.36 ^{Aa}	5.96 ^{Aa}	5.23 ^{Aa}	0.239
	SEM	0.139	0.271	0.221	0.278	0.247	
C18:0 (Stearic acid)	CB	7.45 ^{Aa}	7.55 ^{Aa}	7.80 ^{Aa}	7.84 ^{Aa}	8.04 ^{Aa}	0.213
	WB	7.87 ^{Aa}	7.54 ^{Aa}	8.00 ^{Aa}	6.98 ^{Aa}	7.92 ^{Aa}	0.410
	SEM	0.369	0.275	0.480	0.260	0.159	
C18:1n9 (Oleic acid)	CB	38.53 ^{Aa}	37.62 ^{Aa}	37.51 ^{Aa}	38.05 ^{Aa}	37.61 ^{Aa}	0.408
	WB	37.25 ^{Ba}	37.48 ^{Aa}	37.40 ^{Aa}	37.84 ^{Aa}	36.12 ^{Ba}	0.875
	SEM	0.264	0.710	1.156	0.585	0.281	
C18:1n7 (Vaccenic acid)	CB	2.99 ^{Bab}	2.84 ^{Ab}	3.16 ^{Ab}	3.34 ^{Aa}	3.09 ^{Ab}	0.079
	WB	3.52 ^{Aa}	3.00 ^{Aa}	2.88 ^{Aa}	3.42 ^{Aa}	3.32 ^{Aa}	0.280
	SEM	0.081	0.147	0.334	0.092	0.251	
C18:2n6 (Linoleic acid)	CB	15.76 ^{Aa}	16.44 ^{Aa}	16.51 ^{Aa}	15.81 ^{Aa}	16.12 ^{Aa}	0.289
	WB	16.22 ^{Aa}	17.30 ^{Aa}	16.25 ^{Aa}	15.82 ^{Aa}	17.35 ^{Aa}	0.557
	SEM	0.170	0.464	0.444	0.358	0.645	
C18:3n6 (γ -Linolenic acid)	CB	0.20 ^{Aa}	0.24 ^{Aa}	0.23 ^{Aa}	0.22 ^{Aa}	0.18 ^{Aa}	0.027
	WB	0.17 ^{Aa}	0.18 ^{Aa}	0.17 ^{Aa}	0.17 ^{Aa}	0.28 ^{Aa}	0.052
	SEM	0.026	0.024	0.026	0.034	0.074	
C18:3n3 (Linolenic acid)	CB	0.87 ^{Aa}	0.87 ^{Aa}	0.73 ^{Aa}	0.86 ^{Aa}	1.05 ^{Aa}	0.140
	WB	0.78 ^{Aa}	1.00 ^{Aa}	0.84 ^{Aa}	0.92 ^{Aa}	0.71 ^{Aa}	0.169
	SEM	0.155	0.101	0.216	0.104	0.171	
C20:1n9 (Eicosenoic acid)	CB	0.53 ^{Aa}	0.56 ^{Aa}	0.60 ^{Aa}	0.52 ^{Aa}	0.84 ^{Aa}	0.080
	WB	0.53 ^{Ab}	0.53 ^{Ab}	0.52 ^{Ab}	0.60 ^{Ab}	0.84 ^{Aa}	0.026
	SEM	0.046	0.029	0.084	0.037	0.078	
C20:4n6 (Arachidonic acid)	CB	2.09 ^{Aa}	2.16 ^{Aa}	2.49 ^{Aa}	2.64 ^{Aa}	2.20 ^{Aa}	0.184
	WB	2.41 ^{Aa}	2.42 ^{Aa}	2.54 ^{Aa}	2.29 ^{Aa}	2.56 ^{Aa}	0.281
	SEM	0.167	0.301	0.309	0.212	0.152	
C20:5n3 (Eicosapentaenoic acid)	CB	0.15 ^{Aa}	0.17 ^{Aa}	0.22 ^{Aa}	0.23 ^{Aa}	0.20 ^{Aa}	0.029
	WB	0.24 ^{Aa}	0.17 ^{Aa}	0.23 ^{Aa}	0.23 ^{Aa}	0.33 ^{Aa}	0.065
	SEM	0.049	0.026	0.028	0.046	0.082	

C22:4n6 (Adrenic acid)	CB	0.68 ^{Aa}	0.66 ^{Aa}	0.72 ^{Aa}	0.69 ^{Aa}	0.54 ^{Aa}	0.055
	WB	0.76 ^{Aa}	0.75 ^{Aa}	0.84 ^{Aa}	0.62 ^{Aa}	0.68 ^{Aa}	0.091
	SEM	0.054	0.083	0.082	0.040	0.101	
C22:6n3 (Docosahexae noic acid)	CB	0.27 ^{Ba}	0.36 ^{Aa}	0.34 ^{Aa}	0.35 ^{Aa}	0.33 ^{Aa}	0.032
	WB	0.37 ^{Aab}	0.29 ^{Ab}	0.30 ^{Ab}	0.38 ^{Aab}	0.44 ^{Aa}	0.024
	SEM	0.015	0.028	0.030	0.023	0.039	
SFA	CB	32.09 ^{Aa}	32.38 ^{Aa}	32.11 ^{Aa}	31.88 ^{Aa}	32.43 ^{Aa}	0.311
	WB	32.23 ^{Aa}	31.52 ^{Aa}	32.68 ^{Aa}	31.75 ^{Aa}	32.14 ^{Aa}	0.638
	SEM	0.286	0.547	0.530	0.173	0.753	
USFA	CB	67.91 ^{Aa}	67.62 ^{Aa}	67.89 ^{Aa}	68.12 ^{Aa}	67.57 ^{Aa}	0.311
	WB	67.77 ^{Aa}	68.48 ^{Aa}	67.32 ^{Aa}	68.25 ^{Aa}	67.86 ^{Aa}	0.638
	SEM	0.286	0.547	0.530	0.173	0.753	
PUFA	CB	20.01 ^{Aa}	20.89 ^{Aa}	21.24 ^{Aa}	20.79 ^{Aa}	20.63 ^{Aa}	0.502
	WB	20.95 ^{Aa}	22.11 ^{Aa}	21.16 ^{Aa}	20.43 ^{Aa}	22.35 ^{Aa}	0.845
	SEM	0.298	0.537	0.837	0.580	1.001	
MUFA	CB	47.90 ^{Aa}	46.73 ^{Aa}	46.65 ^{Aa}	47.33 ^{Aa}	46.94 ^{Aa}	0.495
	WB	46.83 ^{Aa}	46.37 ^{Aa}	46.17 ^{Aa}	47.83 ^{Aa}	45.51 ^{Ba}	0.751
	SEM	0.364	0.542	1.035	0.677	0.254	
W3/W6	CB	0.44 ^{Aa}	0.46 ^{Aa}	0.38 ^{Aa}	0.41 ^{Aa}	0.54 ^{Aa}	0.041
	WB	0.42 ^{Aa}	0.45 ^{Aa}	0.39 ^{Aa}	0.50 ^{Aa}	0.43 ^{Aa}	0.039
	SEM	0.029	0.036	0.056	0.041	0.033	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CB; Chicken breast meat from conventional farm, WB; Chicken breast meat from animal welfare farm

□ 겨울철 (하림4~12월) 일반농장 및 동물복지 농장 육계 다리육의 특성 분석

(1) 일반성분

○ 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 일반성분 함량은 [표 2-3-81]에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 74.08~75.95%, 17.85~18.82%, 6.09~6.73%, 1.64~1.70%를 나타내었으며, 저장기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

[표 2-3-81] Proximate composition of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Moisture	CT ²⁾	75.76 ^{Aa}	75.93 ^{Aa}	75.95 ^{Aa}	74.99 ^{Aa}	74.91 ^{Aa}	0.363
	WT	75.66 ^{Aa}	75.70 ^{Aa}	75.81 ^{Aa}	74.96 ^{Aa}	74.08 ^{Aa}	0.452
	SEM	0.227	0.292	0.523	0.320	0.571	
Crude protein	CT	18.82 ^{Aa}	17.85 ^{Aa}	18.58 ^{Aa}	17.98 ^{Aa}	18.50 ^{Aa}	0.329
	WT	18.34 ^{Aa}	18.79 ^{Aa}	19.14 ^{Aa}	17.91 ^{Aa}	18.18 ^{Aa}	0.392
	SEM	0.494	0.356	0.189	0.375	0.327	
Crude fat	CT	6.27 ^{Aa}	6.49 ^{Aa}	6.73 ^{Aa}	6.09 ^{Aa}	6.69 ^{Aa}	0.274
	WT	6.59 ^{Aa}	6.60 ^{Aa}	6.60 ^{Aa}	6.67 ^{Aa}	6.24 ^{Aa}	0.241
	SEM	0.314	0.347	0.150	0.268	0.140	
Crude ash	CT	1.66 ^{Aa}	1.69 ^{Aa}	1.64 ^{Aa}	1.70 ^{Aa}	1.67 ^{Aa}	0.041
	WT	1.67 ^{Aa}	1.66 ^{Aa}	1.65 ^{Aa}	1.66 ^{Aa}	1.64 ^{Aa}	0.040
	SEM	0.047	0.035	0.047	0.039	0.033	

^AMeans within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^aMeans within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(2) pH, 육색, 가열감량, 보수력

○ 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 pH, 육색, 가열감량, 보수력의 변화는 [표 2-3-82]에 나타내었다. pH는 6.52~6.85수치를 나타내었다. CT 처리구의 pH 값은 저장 1일차보다 저장 9일차에 유의적으로 높은 수치를 나타내었으나, WT 처리구에서 저장 1일차와 9일차에 유의적인 차이는 없었다. 또한 저장 5~9일차 까지 WT처리구가 CT 처리구 보다 유의적으로 낮은 pH 값을 보였다. L* (52.01~53.75) 결과 값은 모든 저장 기간 동안 두 처리구간의 유의적인 차이가 없었다. 적색도를 나타내는 a*값은 모든 저장 일차 동안 WT 처리구가 (7.22~7.58) CT처리구 (6.38~6.93) 보

다 유의적으로 높은 값을 나타내었으며, 두처리구 모두 저장기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 황색도를 나타내는 b*값은 두 처리구 모두 저장 시간이 경과함에 따라 증가하였으며, 저장 1일차에는 WB처리구가 CB처리구보다 낮은 황색도를 나타내었다. 가열감량은 22.90~27.45%를 나타내었으며, 처리구간 및 저장기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 보수력 값은 54.06~58.52%를 나타내었으며, 저장기간 및 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다.

[표 2-3-82] pH, instrumental color, cooking loss (%) and water holding capacity (WHC, %) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
pH	CT ²⁾	6.55 ^{Ab}	6.56 ^{Ab}	6.66 ^{Ab}	6.71 ^{Ab}	6.85 ^{Aa}	0.041
	WT	6.55 ^{Aab}	6.52 ^{Ab}	6.52 ^{Bb}	6.54 ^{Bab}	6.67 ^{Ba}	0.033
	SEM	0.050	0.035	0.029	0.037	0.032	
L*	CT	53.20 ^{Aa}	53.04 ^{Aa}	53.76 ^{Aa}	53.32 ^{Aa}	52.01 ^{Aa}	0.467
	WT	52.66 ^{Aa}	52.77 ^{Aa}	53.47 ^{Aa}	52.96 ^{Aa}	52.55 ^{Aa}	0.454
	SEM	0.394	0.389	0.270	0.694	0.448	
Color a*	CT	6.38 ^{Ba}	6.43 ^{Ba}	6.93 ^{Ba}	6.78 ^{Ba}	6.73 ^{Ba}	0.133
	WT	7.22 ^{Aa}	7.22 ^{Aa}	7.58 ^{Aa}	7.29 ^{Aa}	7.46 ^{Aa}	0.122
	SEM	0.117	0.121	0.151	0.141	0.102	
b*	CT	7.78 ^{Ab}	7.85 ^{Ab}	9.38 ^{Aa}	10.30 ^{Aa}	9.93 ^{Aa}	0.341
	WT	6.94 ^{Bc}	7.89 ^{Ab}	9.43 ^{Aa}	9.12 ^{Aa}	9.11 ^{Aa}	0.219
	SEM	0.127	0.250	0.181	0.454	0.304	
Cooking loss	CT	25.71 ^{Aa}	24.15 ^{Aa}	27.45 ^{Aa}	25.16 ^{Aa}	22.90 ^{Aa}	1.226
	WT	23.40 ^{Aa}	25.84 ^{Aa}	24.14 ^{Aa}	25.57 ^{Aa}	24.85 ^{Aa}	1.545
	SEM	1.676	1.421	1.050	1.801	0.747	
WHC	CT	58.52 ^{Aa}	57.65 ^{Aa}	58.44 ^{Aa}	54.06 ^{Aa}	56.23 ^{Aa}	1.334
	WT	54.89 ^{Aa}	54.59 ^{Aa}	55.19 ^{Aa}	57.49 ^{Aa}	57.41 ^{Aa}	2.145
	SEM	1.646	1.248	1.802	1.568	2.444	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(3) 전단력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 냉장 저장 기간 중 전단력의 변화는 [표 2-3-83]에 나타내었다. 저장 3일차를 제외한 모든 기간 동안 WT 처리구의 전단력 값이 CT 처리구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 또한 두 처리구 모두 저장 기간이 경과함에 따라 전단력 값은 유의적으로 감소하였다. '

[표 2-3-83] Shear force (N) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
	1	3	5	7	9	
CT ²⁾	21.55 ^{Ba}	19.86 ^{Aa}	14.44 ^{Bb}	14.40 ^{Bb}	11.93 ^{Bc}	0.454
WT	25.51 ^{Aa}	21.20 ^{Ab}	18.54 ^{Abc}	18.55 ^{Abc}	15.80 ^{Ac}	0.688
SEM	0.448	0.649	0.527	0.473	0.759	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(4) 미생물

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 총균수와 대장균군의 변화는 [표 2-3-84]에 나타내었다. 일반 및 동물복지 육계 다리육의 초기 총균수는 1.64~1.74 log CFU/g 이었으며, 저장 3일차 까지 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 저장 5와 9일차에 WT 처리구가 CT 처리구보다 유의적으로 낮은 총균수를 나타내었다. 대장균군의 경우 저장 5일차까지 검출이 되지 않았으나, 7일차부터 검출되었으며, 저장 9일차에는 WT 처리구가 CT 처리구 보다 유의적으로 낮은 수의 대장균군을 나타내었다. 대장균의 경우 모든 처리구 및 저장일차에서 검출되지 않았다(data not shown).

[표 2-3-84] Microorganisms (log CFU/g) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Total	CT ²⁾	1.74 ^{Ad}	1.80 ^{Ad}	3.17 ^{Ac}	4.99 ^{Ab}	6.76 ^{Aa}	0.074
aerobic	WT	1.64 ^{Ad}	1.83 ^{Ad}	2.65 ^{Bc}	4.52 ^{Ab}	6.33 ^{Ba}	0.107
bacteria	SEM	0.063	0.074	0.080	0.144	0.076	
Coliforms	CT	ND	ND	ND	1.17 ^{Ab}	1.90 ^{Aa}	0.050
	WT	ND	ND	ND	1.17 ^{Ab}	1.43 ^{Ba}	0.053
	SEM				0.071	0.092	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

³⁾ND; Not detected

(5) TBARS 및 VBN

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 TBARS 변화 및 VBN 함량은 [표 2-3-85]에 나타내었다. 두 처리구 모두 저장기간이 경과함에 따라 TBARS과 VBN값이 유의적으로 증가하였다. TBARS 값은 모든 저장 기간에서 WT가 CT값보다 유의적으로 낮은 MDA 함량을 나타내었으며, VBN 값은 저장 7일차까지 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 저장 9일차에 WT가 CT 보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다.

[표 2-3-85] TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
TBARS	CT ²⁾	0.13 ^{Ae}	0.16 ^{Ad}	0.18 ^{Ac}	0.24 ^{Ab}	0.29 ^{Aa}	0.003
	WT	0.11 ^{Bd}	0.15 ^{Bc}	0.16 ^{Bc}	0.20 ^{Bb}	0.26 ^{Ba}	0.003
	SEM	0.004	0.003	0.002	0.003	0.004	
VBN	CT	6.75 ^{Ad}	7.37 ^{Ad}	10.08 ^{Ac}	14.58 ^{Ab}	20.17 ^{Aa}	0.267
	WT	6.43 ^{Ad}	6.89 ^{Ad}	9.81 ^{Ac}	14.29 ^{Ab}	18.63 ^{Ba}	0.225
	SEM	0.219	0.210	0.221	0.264	0.307	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; Chicken thigh meat from conventional farm, WT; Chicken thigh meat from animal welfare farm

(6) Creatine, creatinine과 di-peptide (anserine 및 carnosine)

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 creatine, creatinine 및 di-peptide (anserine 및 carnosine)의 변화는 [표 2-3-86]에 나타내었다. Creatine 함량은 저장 1일차에 WT가 CT보다 유의적으로 높은 값을 나타내었으며, WT는 저장 기간이 경과함에 따라 감소하였다. Creatinine함량은 저장 1, 3일차에 CT가 WT보다 유의적으로 높은 함량을 보였으며, creatinine 함량은 두처리구 모두 저장 기간에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. Anserine함량은 두처리구 모두 저장 기간이 경과함에 따른 유의적이 차이를 보이지 않았으나, 저장 1, 5, 9일차에 WT이 CT 보다 유의적으로 높은 anserine 함량을 보였다. Carnosine 함량은 저장 기간 및 처리구에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

[표 2-3-86] Creatine, creatinine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
Creatine	CT ²⁾	349.68 ^{Ba}	336.21 ^{Aa}	342.00 ^{Aa}	349.06 ^{Aa}	337.33 ^{Aa}	7.673
	WT	389.64 ^{Aa}	367.05 ^{Aab}	353.90 ^{Ab}	344.77 ^{Ab}	352.64 ^{Ab}	7.998
	SEM	7.566	10.990	7.424	6.454	5.682	
Creatinine	CT	1.94 ^{Ac}	2.57 ^{Ab}	2.58 ^{Ab}	2.78 ^{Ab}	3.20 ^{Aa}	0.075
	WT	1.55 ^{Bd}	2.13 ^{Bc}	2.26 ^{Abc}	2.72 ^{Aab}	3.01 ^{Aa}	0.111
	SEM	0.074	0.078	0.109	0.090	0.115	
Anserine	CT	134.28 ^{Ba}	138.60 ^{Aa}	133.42 ^{Ba}	127.92 ^{Aa}	118.14 ^{Ba}	7.036
	WT	165.49 ^{Aa}	150.78 ^{Aa}	171.17 ^{Aa}	142.11 ^{Aa}	139.21 ^{Aa}	8.854
	SEM	5.988	7.194	9.733	9.811	6.414	
Carnosine	CT	87.08 ^{Aa}	80.16 ^{Aa}	80.78 ^{Aa}	86.96 ^{Aa}	79.22 ^{Aa}	5.013
	WT	87.72 ^{Aa}	83.30 ^{Aa}	90.08 ^{Aa}	82.88 ^{Aa}	82.64 ^{Aa}	6.339
	SEM	5.702	5.266	6.501	5.714	5.304	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

(7) 항산화 활성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성의 변화는 [표 2-3-87]에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능 결과 두처리구 모두 저장 기간이 경과 함에 따라 감소하였으며, 저장 5~9일차에는 WT처리구가 CT 보다 유의적으로 높은 항산화 활성을 보였다. ABTS 라디칼 소거능 결과 저장 기간 및 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. FRAP 활성 결과 두 처리구 모두 저장 기간이 경과함에 따라 유의적으로 감소하였으며, 저장 1일차부터 5일차 까지 WT 처리구가 CT 처리구 보다 유의적으로 높은 FRAP활성을 보였다. ORAC 활성결과 모든 저장 기간 동안 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 저장 기간이 경과함에 따라 CT 처리구는 유의적으로 ORAC 활성이 감소하였다.

[표 2-3-87] DPPH, FRAP, ABTS, and ORAC (uM TE/mg dry matter) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
DPPH	CT	13.35 ^{Aa}	13.09 ^{Aa}	11.12 ^{Bab}	8.91 ^{Bbc}	7.61 ^{Bc}	0.646
	WT	15.51 ^{Aa}	14.95 ^{Aa}	14.28 ^{Aa}	12.35 ^{Aab}	10.51 ^{Ab}	0.826
	SEM	0.835	0.940	0.682	0.572	0.615	
ABTS	CT	170.00 ^{Aa}	166.71 ^{Aa}	166.43 ^{Aa}	166.00 ^{Aa}	163.71 ^{Aa}	3.293
	WT	175.71 ^{Aa}	174.00 ^{Aa}	173.86 ^{Aa}	172.00 ^{Aa}	170.57 ^{Aa}	3.387
	SEM	2.772	3.997	3.523	3.435	2.812	
FRAP	CT	12.53 ^{Ba}	11.23 ^{Bab}	9.58 ^{Bbc}	9.17 ^{Abc}	8.35 ^{Ac}	0.658
	WT	14.87 ^{Aa}	14.28 ^{Aa}	12.60 ^{Aab}	10.35 ^{Ab}	10.17 ^{Ab}	0.685
	SEM	0.555	0.525	0.782	0.831	0.609	
ORAC	CT	217.00 ^{Aa}	199.78 ^{Aab}	190.66 ^{Aabc}	179.74 ^{Abc}	160.74 ^{Ac}	8.178
	WT	200.61 ^{Aa}	204.39 ^{Aa}	197.40 ^{Aa}	185.28 ^{Aa}	176.67 ^{Aa}	10.384
	SEM	10.827	8.973	5.231	5.098	13.626	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means

²⁾CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

(8) 지방산 조성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 지방산 함량의 변화는 [표 2-3-88]에 나타내었다. 다리육의 주요 지방산은 Oleic acid (41.12~39.84%), Palmitic acid (23.22~24.45%), Linoleic acid (15.27~16.63%)이 있으며, 저장 1일차에 Eicosapentaenoic acid 함량은 WT가 CT보다 높은 함량을 나타내었다.

[表 2-3-88] Fatty acid (%) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹⁾
		1	3	5	7	9	
C14:0 (Myristic acid)	CT ²⁾	0.84 ^{Aa}	0.86 ^{Aa}	0.89 ^{Aa}	0.90 ^{Aa}	0.87 ^{Aa}	0.020
	WT	0.86 ^{Aa}	0.89 ^{Aa}	0.91 ^{Aa}	0.91 ^{Aa}	0.91 ^{Aa}	0.016
	SEM	0.018	0.027	0.019	0.009	0.013	
C16:0 (Palmitic acid)	CT	23.22 ^{Aa}	23.54 ^{Aa}	23.87 ^{Aa}	23.98 ^{Aa}	24.45 ^{Aa}	0.340
	WT	23.22 ^{Aa}	24.29 ^{Aa}	23.64 ^{Aa}	23.86 ^{Aa}	23.80 ^{Aa}	0.457
	SEM	0.473	0.412	0.269	0.388	0.442	
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	CT	6.14 ^{Aa}	6.55 ^{Aa}	6.87 ^{Aa}	6.51 ^{Aa}	6.77 ^{Aa}	0.376
	WT	7.12 ^{Aab}	7.78 ^{Aa}	5.97 ^{Ab}	6.10 ^{Ab}	6.92 ^{Aab}	0.287
	SEM	0.235	0.426	0.186	0.313	0.435	
C18:0 (Stearic acid)	CT	6.64 ^{Aa}	6.70 ^{Aa}	6.10 ^{Ba}	6.31 ^{Aa}	6.35 ^{Aa}	0.248
	WT	6.12 ^{Aab}	5.97 ^{Ab}	6.87 ^{Aa}	6.60 ^{Aab}	6.07 ^{Aab}	0.192
	SEM	0.263	0.237	0.122	0.252	0.203	
C18:1n9 (Oleic acid)	CT	40.91 ^{Aa}	41.12 ^{Aa}	40.76 ^{Aa}	40.73 ^{Aa}	40.56 ^{Ba}	0.369
	WT	40.37 ^{Aa}	39.84 ^{Aa}	40.22 ^{Aa}	41.09 ^{Aa}	40.84 ^{Aa}	0.328
	SEM	0.521	0.404	0.382	0.159	0.057	
C18:1n7 (Vaccenic acid)	CT	2.56 ^{Aa}	2.44 ^{Aa}	2.46 ^{Aa}	2.47 ^{Aa}	2.45 ^{Aa}	0.062
	WT	2.49 ^{Aa}	2.48 ^{Aa}	2.41 ^{Aa}	2.39 ^{Aa}	2.58 ^{Aa}	0.059
	SEM	0.043	0.097	0.065	0.035	0.036	
C18:2n6 (Linoleic acid)	CT	15.54 ^{Aa}	15.59 ^{Aa}	15.57 ^{Ba}	15.74 ^{Aa}	15.27 ^{Aa}	0.384
	WT	16.41 ^{Aa}	15.64 ^{Aa}	16.63 ^{Aa}	16.12 ^{Aa}	15.52 ^{Aa}	0.629
	SEM	0.524	0.553	0.235	0.409	0.745	
C18:3n6 (γ -Linolenic acid)	CT	0.22 ^{Aa}	0.16 ^{Aa}	0.16 ^{Aa}	0.18 ^{Aa}	0.18 ^{Aa}	0.022
	WT	0.18 ^{Aa}	0.20 ^{Aa}	0.20 ^{Aa}	0.20 ^{Aa}	0.21 ^{Aa}	0.031
	SEM	0.031	0.013	0.021	0.032	0.034	
C18:3n3 (Linolenic acid)	CT	1.23 ^{Aa}	0.93 ^{Aa}	0.94 ^{Aa}	0.89 ^{Aa}	0.81 ^{Aa}	0.105
	WT	0.90 ^{Aa}	0.83 ^{Ba}	0.90 ^{Aa}	0.84 ^{Aa}	0.82 ^{Aa}	0.032
	SEM	0.164	0.018	0.029	0.040	0.027	
C20:1n9 (Eicosenoic acid)	CT	0.61 ^{Aa}	0.49 ^{Aa}	0.90 ^{Aa}	1.02 ^{Aa}	0.97 ^{Aa}	0.125
	WT	0.55 ^{Ab}	0.49 ^{Ab}	0.62 ^{Aab}	0.52 ^{Bb}	1.04 ^{Aa}	0.091
	SEM	0.101	0.051	0.114	0.102	0.153	
C20:4n6 (Arachidonic acid)	CT	1.07 ^{Aab}	1.10 ^{Aa}	0.81 ^{Bbc}	0.65 ^{Ac}	0.60 ^{Ac}	0.058
	WT	1.18 ^{Aa}	1.01 ^{Aabc}	1.07 ^{Aab}	0.78 ^{Abc}	0.72 ^{Ac}	0.068
	SEM	0.075	0.079	0.041	0.068	0.042	
C20:5n3 (Eicosapentaenoic acid)	CT	0.41 ^{Aa}	0.16 ^{Ab}	0.32 ^{Aab}	0.20 ^{Aab}	0.23 ^{Aab}	0.051
	WT	0.17 ^{Ba}	0.18 ^{Aa}	0.14 ^{Aa}	0.21 ^{Aa}	0.18 ^{Aa}	0.041
	SEM	0.034	0.046	0.061	0.058	0.020	

C22:4n6 (Adrenic acid)	CT	0.34 ^{Aa}	0.26 ^{Aa}	0.22 ^{Aa}	0.27 ^{Aa}	0.33 ^{Aa}	0.069
	WT	0.29 ^{Aa}	0.26 ^{Aa}	0.29 ^{Aa}	0.24 ^{Aa}	0.21 ^{Aa}	0.020
	SEM	0.037	0.023	0.020	0.044	0.092	
C22:6n3 (Docosahexae noic acid)	CT	0.26 ^{Aa}	0.12 ^{Aa}	0.14 ^{Aa}	0.16 ^{Aa}	0.17 ^{Aa}	0.032
	WT	0.15 ^{Aa}	0.14 ^{Aa}	0.12 ^{Aa}	0.15 ^{Aa}	0.19 ^{Aa}	0.024
	SEM	0.049	0.027	0.012	0.019	0.019	
SFA	CT	30.70 ^{Aa}	31.09 ^{Aa}	30.87 ^{Aa}	31.18 ^{Aa}	31.67 ^{Aa}	0.294
	WT	30.19 ^{Aa}	31.15 ^{Aa}	31.42 ^{Aa}	31.37 ^{Aa}	30.78 ^{Aa}	0.574
	SEM	0.630	0.314	0.354	0.296	0.575	
USFA	CT	69.30 ^{Aa}	68.91 ^{Aa}	69.13 ^{Aa}	68.82 ^{Aa}	68.33 ^{Aa}	0.294
	WT	69.81 ^{Aa}	68.85 ^{Aa}	68.58 ^{Aa}	68.63 ^{Aa}	69.22 ^{Aa}	0.574
	SEM	0.630	0.314	0.354	0.296	0.575	
PUFA	CT	19.07 ^{Aa}	18.32 ^{Aa}	18.15 ^{Aa}	18.09 ^{Aa}	17.58 ^{Aa}	0.476
	WT	19.28 ^{Aa}	18.26 ^{Aa}	19.36 ^{Aa}	18.54 ^{Aa}	17.85 ^{Aa}	0.680
	SEM	0.550	0.631	0.342	0.464	0.829	
MUFA	CT	50.23 ^{Aa}	50.59 ^{Aa}	50.98 ^{Aa}	50.73 ^{Aa}	50.74 ^{Aa}	0.481
	WT	50.52 ^{Aab}	50.59 ^{Aab}	49.22 ^{Ab}	50.09 ^{Aab}	51.37 ^{Aa}	0.399
	SEM	0.460	0.430	0.491	0.288	0.503	
W3/W6	CT	1.16 ^{Aa}	0.80 ^{Aa}	1.18 ^{Aa}	1.16 ^{Aa}	1.14 ^{Aa}	0.107
	WT	0.74 ^{Bc}	0.78 ^{Abc}	0.74 ^{Bc}	1.00 ^{Aab}	1.05 ^{Aa}	0.052
	SEM	0.091	0.063	0.051	0.089	0.114	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

¹SEM; Standard error of means

²CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

3. 3차년도 연구결과

가. 실험방법

(1) 재료 및 조건

- 공시재료는 일반농장(n=30)과 복지농장(n=30)에서 사육한 도계 체중 1.151~1.250 kg의 Cobb종을 도계 후 바로 하림에서 구입하여 냉장온도(4±2℃)에서 실험실로 이동한 후 다리육과 가슴육을 발골하였다. 발골한 육계 다리육과 가슴육은 각각 스티로폼 트레이에 LDPE (Low Density Polyethylene)으로 각각 포장한 뒤 4±1℃ 저온 인큐베이터에서 저장하여 저장 1, 3, 5, 7일에 실험에 이용하였다. 각 처리구별 수송거리는 일반농장 육계가 87km(약1시간 10분), 복지농장 육계가 159km(약 2시간)였다.

(2) 일반성분

- 일반성분 분석은 AOAC의 방법(1995)에 따라 수분, 조지방, 조회분, 조단백질 함량을 측정하였다. 수분은 105℃ 상압가열건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550℃ 건식회화법, 조단백질은 Kjeldahl법을 이용하여 분석하였다.

(3) pH

- pH는 시료 10g에 증류수 90mL을 가하여 homogenizer (PolyTron PT-2500 E, Kinematica, Lucerne, Switzerland)을 사용하여 균질한 후, pH meter (Orion 230A, Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

(4) 육색

- 육색은 색차계(Colormeter CR-400, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. Lightness (L*, 명도), redness (a*, 적색도), yellowness (b*, 황색도)의 값은 동일한 방법으로 반복 측정하여 평균값을 나타내었다. 표준화 작업은 Y값이 84.6, x값이 0.3174, y값이 0.3241인 표준백판을 사용하였다.

(5) 가열감량

- 가열감량은 시료를 polyethylene bag에 넣고 식육의 심부온도가 75±2℃에 도달할 때까지 항온수조에서 45분간 가열하였다. 가열감량 값은 가열전 후의 중량 차이를 백분율로 하여 계산하였다.

$$\text{가열감량(\%)} = (\text{가열 전 무게} - \text{가열 후 무게}) / \text{가열 전 무게} \times 100$$

(6) 보수력

- 원심분리법으로 보수력을 측정하기 위하여 시험관에 근막(힘줄)을 제거한 시료를 약 0.5g 측정하여 80℃의 항온 수조에서 20분간 가열하였다. 가열 후 10분 동안 실온에서 방냉하였으며, 2,000×g에서 20분간 원심분리한 다음 시료의 무게를 측정하였다. 보수력은 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{보수력(\%)} = [(\text{총 수분} - \text{유리수분}) / \text{총 수분}] \times 100$$

$$\text{유리수분} = [(\text{원심분리 전 무게} - \text{원심분리 후 무게}) / (\text{시료} \times \text{지방계수})] \times 100$$

$$\text{지방계수} = 1 - (\text{지방함량}) / 100$$

(7) 전단력

- 시료를 polyethylene bag에 넣고 식육의 심부 온도가 75±2℃에 도달할 때까지 항온수조에서 45분간 가열한 후, 근섬유 방향과 직각이 되도록 3 × 1 × 2cm로 잘라 준비하였다. 전단력은 Texture Analyzer TA 1(LLOYD instruments, Fareham, UK)를 이용하여 V blade로 측정하였다. Texture Analyzer의 측정 조건은 500N load cell을 사용하였으며, cross-head speed은 50mm/min이었다.

(8) 미생물 (총균수 및 대장균/균)

- 총균수와 대장균/대장균군은 Petrifilm (Aerobic Count Plates, Coliform/E.coli Count Plates, 3M, USA)을 이용하여 측정하였다. 시료 10g을 채취한 다음 멸균 생리 식염수 90mL과 함께 멸균 bag에 넣고, stomacher (BagMixer 400; Interscience, France)를 이용하여 1분 동안 균질화하였다. 균질액을 멸균 생리 식염수로 희석하여 Petrifilm에 1mL를 접종하였다. Petrifilm은 37℃에서 48시간 배양한 후, 균락 수를 계수하여 나타내었다.

(9) Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

- TBARS 측정은 Buege & Aust (1978)의 방법을 이용하였다. 시료 5g에 15mL 증류수를 넣은 후 7.2% butylated hydroxyl toluene 0.05μL를 첨가하여 균질하였다. 균질액 1mL에 2mL의 20mM 2-Thiobarbituric acid (in 15% Trichroacetic acid) 시약을 가하고, 90℃에서 15분간 가열하였다. 가열 후 찬물에서 10분간 식힌 다음 2,000×g에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리 후 상층액을 UV/VIS spectrophotometer (Molecular Device, M2e, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 531nm에서 흡광도를 측정하였고, 공시료는 시료대신 증류수를 가하여 같은 방법으로 측정하였다. TBARS 값은 흡광도 수치에 5.88을 곱하여 나타내었다.

$$\text{TBARS값(mg malondialdehyde/kg Sample)} = (\text{시료 흡광도} - \text{공시료 흡광도}) \times 5.88$$

(10) 휘발성염기태질소(Volatile basic nitrogen, VBN)

- 시료 내 VBN 함량은 Conway unit을 사용하는 미량확산법을 이용하여 측정하였다(Kim et al., 2018). 시료 10g에 50mL 증류수를 넣고 30분간 교반을 실시한 후 여과지(Whatman No.1)를 이용하여 여과하였다. Conway unit 외실에는 시료 여과액과 포화 K₂CO₃ 각각 1mL을 넣고 내실에는 0.01N H₂SO₄ 1mL을 첨가하여 즉시 밀폐하였다. 밀폐한 Conway unit을 25°C 암실에서 1시간 방치한 후 Conway unit 내실에 Brunswik 지시약(0.2g methyl red와 0.1g methylene blue/100mL ethanol)을 첨가하고 0.01N NaOH로 적정하였다. 휘발성 염기태 질소의 함량은 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{VBN (mg/100g)} = 0.14 \times (b-a) \times F \div W \times 100 \times D$$

a : 시료의 적정한 NaOH의 양 (mL), b : 공시료의 적정한 NaOH의 양(mL),

F : 0.01N NaOH의 표준화 지수, W : 시료의 무게 (g), D : 희석배수

(11) Creatine, creatinine, di-peptide(anserine, carnosine)

- 식육 내 creatine, creatinine 및 di-peptide (carnosine, anserine) 함량은 Mora et al. (2007)의 방법을 이용하였다. 시료 2.5g에 0.01N HCl 7.5mL을 첨가하여 균질하였다. 균질 후 4°C에서 3,000×g으로 30분간 원심분리한 후 상층액을 Whatman Glass microfiber Filter GF/C를 이용하여 여과하였다. 여과액 250μL를 acetonitrile 750μL와 혼합하여 4°C에서 20분간 반응시켰다. 반응 후, 10,000×g에서 10분 동안 원심 분리한 후 상층액을 0.22μm membrane filter로 여과하여 HPLC (Agilent Infinity 1260 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA) 분석에 이용하였다. 분석 컬럼은 Atlantis HILIC silica column (150×4.6mm, 3.0μm, Waters, USA)을 사용하였으며, 컬럼 온도는 35°C로 하였다. 이동상A는 0.65mM ammonium acetate/acetonitrile (pH 5.50, 35:75(v/v)), 이동상B는 0.55mM ammonium acetate/acetonitrile (pH 5.50, 70:30(v/v))로 B 용매를 1.2mL/min의 유속으로 13분 동안 linear gradient (0~100%) 방법으로 분석하였다. Creatine, anserine, carnosine은 214nm에서 검출하였으며, creatinine은 236nm에서 검출하였으며, 각각 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 mg/100g로 나타내었다.

(12) 항산화 활성(DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP 활성, ORAC 활성)

- DPPH 라디칼 소거능은 Blois (1958)의 방법을 이용하여 분석하였다. 메탄올에 용해시킨 0.2mM DPPH 용액 100μL에 각 시료를 100μL씩 혼합하여 실온 암실에서 30분간 반응시킨 후 micro plate reader (SpectraMax M2e, Molecular Devices, USA)를 사용하여 517nm에서 흡광도를 측정하였다.
- ABTS 라디칼 소거 활성은 Re(1999)등의 방법을 이용하여 측정하였다. 7mM ABTS 용액과

2.45mM Potassium persulphate 용액을 혼합하고, ABTS 라디칼을 만들기 위해 실온에서 12~16시간 동안 암소 반응시켰다. 라디칼이 생성된 용액을 735nm에서 흡광도 값이 0.700 ± 0.02 가 되도록 희석하였다. 그 후 시료 50 μ L와 ABTS+용액 950 μ L를 혼합하여 30 $^{\circ}$ C 암실에서 30분간 반응시킨 다음 735nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 Trolox를 표준물질로 하여 μ M TE/mg dry matter로 나타내었다.

- FRAP 활성은 Benzie와 Strain (1996)의 방법을 이용하여 항산화 활성을 측정하였다. FRAP solution은 300mM acetate buffer (pH3.6)와 40mM HCl로 용해시킨 10mM 2,4,6-tripyridyl-S-triazine (TPTZ) 용액 및 20mM FeCl₃·6H₂O를 각각 10:1:1의 비율로 혼합하여 사용하였다. 시료 25 μ L와 FRAP solution 175 μ L를 넣어 37 $^{\circ}$ C에서 30분간 방치 후 590nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과는 trolox를 표준물질로 하여 μ M TE/mg dry matter로 계산하여 나타내었다.
- ORAC은 Gillespie 등(2007)의 방법에 따라 측정하였다. Black 96 well plate에 25 μ L 표준시약 (trolox) 또는 시료를 넣고, 80nM fluorescein 150 μ L를 넣어 혼합한 뒤 37 $^{\circ}$ C incubator에서 15분 동안 방치하였다. 이 후 25 μ L의 150mM AAPH를 넣고 완전하게 혼합한 뒤 fluorescent microplate reader(SpectraMax M2e, Molecular Devices, USA)를 사용하여 37 $^{\circ}$ C에서 excitation 파장 485nm와 emission 파장 520nm에서 60분 동안 1분 간격으로 fluorescence의 감소율을 측정하였다. 표준시약 (trolox)과 시료의 area under the curve(AUC)를 측정하였으며, 표준시약 농도와 AUC 간의 회귀곡선을 이용하여 μ M TE/mg dry matter로 나타내었다.

(13) 지방산 분석

- 지방산 분석은 Folch(1957)등의 방법에 따라 Folch 용액(chloroform:methanol=2:1)을 사용하여 지방을 추출하였으며, 시료를 시험관에 취한 후, 0.5N의 NaOH-메탄올 용액 1.5mL를 첨가하여 vortex로 혼합한 뒤에 100 $^{\circ}$ C에서 5분 동안 가열하였다. 다음 찬물에서 냉각 후, BF₃ -메탄올 용액(약 10%, Supelco, Bellefonte, PA, USA) 2mL를 첨가하고 vortex 한 후에 100 $^{\circ}$ C에서 2분 동안 다시 가열한 후 냉각하였다. 다음 지방산 메틸에스테르(fatty acid methyl ester, FAME)들을 추출하기 위하여 iso-octane 2mL를 첨가한 후 1분 동안 vortex 하였다. 다음 포화 NaCl용액 1mL를 가한 후 1분 동안 충분히 vortex 한 후에, 원심분리기(2,000 rpm, 3분)를 이용하여 층분리 하였다. FAME를 포함한 상층액(iso-octane층)을 GC vial에 옮겨 분석하였다.

[GC 분석 조건]

Item	Condition
Instrument	Agilent 6890N, Agilent Technologies, USA
Column	Omegawax250 (30 mx 0.25 mm id, 0.25 um film thickness; Supelco, Bellefonte, PA, USA)
Detector	Flame Ionization Detector
Carrier gas	Helium(99.99%, Research purity)
Column flow rate	1.2 mL/min
Split ratio	100:1, 1μL (Injection volume)
Injection port temperature	250°C
Detection port temperature	260°C
Oven temperature	150°C, hold for 2min 4°C/min up to 220°C, hold for 30min

(14) 통계분석

- 본 실험의 결과는 SAS (statistics analytical system) program (ver. 9.4)을 이용하여 처리구간 및 저장 일차에 따른 차이 분석을 위해 분산 분석을 실시하였으며, Tukey's 방법을 실시하여 $p < 0.05$ 수준에서 평균값 간의 유의성을 검정하였다. 모든 통계 수치는 평균값과 평균표준오차(Standard error of mean, SEM)로 나타내었다.

나. 실험결과

- 국내외 육계 동물복지형 운송 방법과 도축방법에 따른 복지 기준

(1) 국가별 운송 기준

국가	운송 기준
한국	기준 없음
Freedom Food (RSPCA)	운송 밀도 : 57kg/m ² 이하 운송 시간 : 4시간 이내
네덜란드 (beter leven)	운송 시간(1, 2, 3 star) : 3시간 운송 시간(3 star, organic farm) : 24시간
미국 (American Humane Certified)	운송 시간 : 12시간 이내
뉴질랜드	운송 밀도 : 65kg/m ² 이하

(2) RSPCA의 동물복지 도축 방법 기준

- 불필요한 스트레스나 불안을 주지 않도록 설계 및 관리해야 된다. 취급과정을 간소화해야 되며, 도축에 관련된 사람들이 필요한 작업을 할 수 있도록 적합한 교육을 받고 직무 능력을 갖추어야 한다. 사육장과 가까운 도축장에서 도축/도살해야 하며, 가스기절 및 전기 워터 베이스를 이용하여 도축한다.
- 계류장 : 도축장에 도착하면 계류장 혹은 즉시 도계해야 하며, 도착 후 4시간 안에 도계해야 한다. 소음, 고통, 불편함 최소화해야 한다.
- 족쇄처리 : 족쇄는 모두 같은 형태와 모양이어야 하며, 매달린 상태에서 고통과 불안을 느끼지 않을 속도도록 도축과정을 진행해야 된다. 반드시 양다리로 매달려야 하며, 불균형이 없어야 한다. 족쇄를 처리할 때는 5 lux이하의 조도로 한다. 족쇄가 빠지지 않고, 떨어지지 않도록 주의해야 한다. 매달린 육계는 60초 이내 기절해야 한다.
- 전기기절 : 출혈 전에 기절해야 한다. 전기 수조, 전기적인 금속, 또는 바(bar)로 된 기절 장치, 손으로 작동 되는 충격장치만을 이용하여 전기 기절 시킬수 있다.
- 수조에서의 기절 : 육조는 모든 육계의 머리가 물에 잠길 수 있도록 위치해야 한다. 육계 한 마리당 평균 120mA의 최소전류가 흐르도록 해야 하며, 전류가 105mA 이하로 떨어지지 않게 해야 한다. 교류 전파의 주파수 50Hz(a frequency of 50Hz with a sinusoidal (AC) waveform)로 육조를 작동시켜야한다. 모든 육계는 최소 4초 이상 전기에 감전시켜야 한다. 육계가 잠겨있을 때 육조에 흐르는 전류를 정확하게 확인할 수 있는 전류계를 육조에 부착해야 한다.
- 수동 헤드 전용 전기 기절 : 정확한 위치에 사용되어야 하며, 25-50마리에 사용한 후 세척해야 한다. 300-400mA 사이(110V 전압 필요)여야 하며, 7초 동안 진행해야 한다.
- 출혈 : 기절 후 출혈직전에 충분한 시간이 있어야 하며, 출혈은 기절 후 10초를 넘겨서는 안 된다. 수동으로 출혈 시킬 경우 최소 12cm 길이의 날카로운 칼을 사용해야 한다.
- 가스 기절 : 많은 복지를 제공할 수 있으며, 육계 기절시 균일성이 높아진다. 또한 이산화탄소가 함유된 불활성 가스 및 이산화탄소만 허용된다. 또한 이산화탄소의 최대 농도는 33%이며, 40% 이상이면 법적으로 문제가 된다.

□ 운송 방법에 따른 육계의 품질 특성 차이

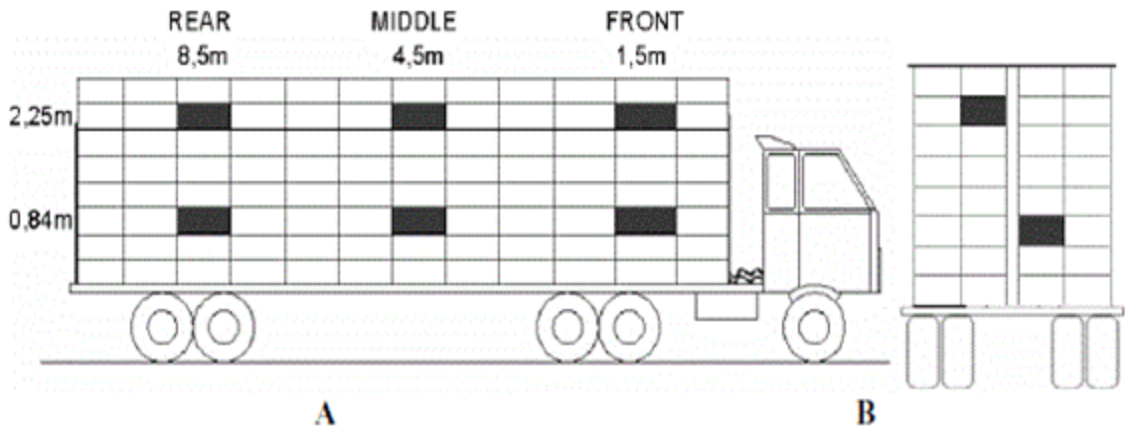
(1) 운송 밀도

- 운송 중 높은 밀도는 운송하는데 비용을 절감시키지만, 운송밀도는 동물복지와 균형을 이루어야 하며, 차량 안의 온도와 습도에 영향을 미치는 요소 중 하나이다(Barbosa filho et al., 2009).

- Delezie et al.(2007)의 연구에 의하면, 운송 중 밀도를 $0.0350\text{m}^2/\text{broiler}$, $0.0575\text{m}^2/\text{broiler}$ 하여 실험을 진행하였으며, 그 결과 pH, WHC, Drip loss의 차이를 보이지 않았다고 보고하였다.
- Hussnain et al.(2019a)는 겨울철에 운송 중 밀도를 각각 $0.050\text{m}^2/\text{bird}$, $0.042\text{m}^2/\text{bird}$, $0.033\text{m}^2/\text{bird}$ 하여 실험하였다. 그 결과 pH, Drip loss, 전단력에 영향을 미치지 않았으나, 가열감량 결과 낮은 밀도의 $0.050\text{m}^2/\text{bird}$ 보다 높은 밀도의 $0.042\text{m}^2/\text{bird}$, $0.033\text{m}^2/\text{bird}$ 처리구에서 유의적으로 높은 수치는 나타냈다. 또한, 육색 결과에서 L* 값은 낮은 밀도 처리구(49.96)보다 높은 밀도의 처리구(52.01)에서 유의적으로 높은 값을 나타내었으나, a*값은 높은 밀도처리구에서 낮은 값을 보였다고 보고하였다. 겨울철의 낮은 밀도 처리구는 낮은 밀도로 인하여 높은 밀도보다 상대적으로 낮은 주변 온도로 인하여 L*값이 낮아진 것으로 사료된다.
- Hussnain et al.(2019b)의 연구에서 여름철에 운송 중 밀도를 각각 $0.050\text{m}^2/\text{bird}$, $0.042\text{m}^2/\text{bird}$, $0.033\text{m}^2/\text{bird}$ 하여 실험하였으며, pH, drip loss, a*, b* 값은 운송 밀도에 영향을 받지 않았으나, L*값은 높은 밀도(57.33)에서 유의적으로 높은 수치를 보였다고 보고하였다. 저자는 높은 밀도로 인하여 열 스트레스를 받아 pH가 낮아져 L*값이 증가하였다고 보고하였다(Wang et al., 2017).

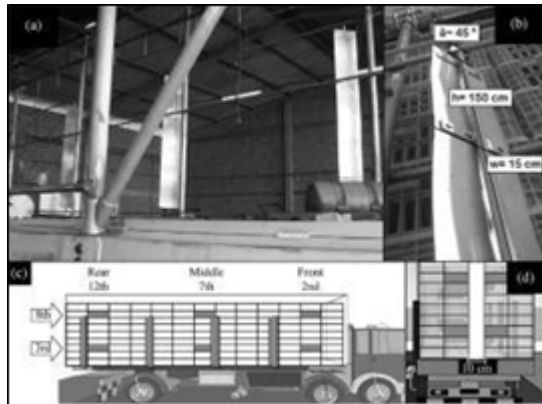
(2) 육계 운송 과정 및 온도의 영향

- 육계 운반 과정은 잠재적으로 육계에게 스트레스 줄 수 있는 요인이다(Kannan et al., 1997b). 상자 안에서의 시간(Kannan and Mench, 1996)과 상자에 들어가는 방법 등이 육계에게 스트레스를 줄 수 있다(Duncan, 1989). 또한, 운반 과정에서 물리적 상해를 유발할 수 있다고 보고하였다.
- Kannan et al.(1997b)의 연구에서는 운송하기 전 운반 상자 안에서의 경과 시간(1~3시간)에 따른 육계의 품질에 대하여 분석하였다, 다리육과 가슴육 모두 가열감량, 육색, 전단력, pH에서 운반 상자 안에서의 시간에 따른 영향을 받지 않았다고 보고하였다.
- Simões et al.(2009)은 운송 중 차량의 전방, 중간, 후방 영역으로 나누어 실험을 진행하였으며(Figure 1), 이동 거리는 15km(30분), 55km(90분)으로 하여 실험을 진행하였다. 그 결과 15km와 55km 모두 앞부분의 육계에서 PSE 출현율이 낮았으며, 뒷부분에서 PSE육의 발현율이 높았다고 보고하였다. 또한 차량 앞 부분의 환기가 잘되며, 환기는 운송 중에 온도를 제어할 수 있는 중요한 요소라고 보고하였다.



[그림 2-3-5] 운송 트럭

- Spurio et al.(2015)의 연구에서는 일반 트럭(그림 2-3-5)과 트럭 양쪽에 4개씩 총 8개의 날개를 달아 변경된 차량을 이용하였다(그림 2-3-6). 연구결과 트럭에 날개를 달아 이동한 육계의 PSE육 발현율이 유의적으로 감소하였다.



[그림 2-3-6] 변형된 차량

- Sandercock et al.(2001)의 연구에서는 운송할 때의 온도를 21°C(습도 50%)와 32°C(습도 75%)로 2시간 노출하여 실험을 진행하였으며, 실험 결과 육계 가슴육에서 pH와 color score에 유의적인 차이는 없었으나, Drip loss 결과 32°C(습도 75%)의 처리구에서 높은 값을 나타내었다.
- Petracci et al.(2001)의 연구에서 사육 후 주변 온도를 24°C, 29.5°, 34°C 하여 2시간 방치하였을 때, 가슴육의 pH는 유의적인 차이가 없었으나, a*, b*값은 온도가 높을수록 감소하였다고 보고하였다. 또한 전단력 값은 온도가 증가할수록 유의적으로 증가하였다.
- Akşit et al.(2006)의 연구에서는 육계 보관 상자의 온도를 15, 22, 34°C로 하여 실험을 진행하였으며, 그 결과 34°C의 처리구에서 pH와 수분함량이 유의적으로 낮았으며, 높은 L* 보였다고 보고하였다. 추운 환경은 육계에게 스트레스를 주고 잠재적으로 육 품질에

영향을 줄 수 있다. 다른 연구에 의하면 추운 조건(4, 5, 7°C)에 노출 되면 pH가 높아져 더 좋은 육 품질을 가지고 온다고 보고하였다(Babji et al., 1982 ; Holm and Fletcher, 1997). 또한 육계의 운송 온도는 육계 육 품질 중 pH 및 L*값에 가장 많은 영향을 준다고 보고하였다(Dadgar et al., 2010).

- Dadgar et al.(2010)의 연구는 육계의 운송 온도를 -27, -22, -17, -5, +4, +11°C로 하여 실험에 진행하였으며, 운송시간은 3~4시간 사이로 하였다. 그 결과 pH, a*, water-binding capacity, pellet cook yield는 온도가 낮을수록 높았으며, L*, 가열감량은 온도가 낮을수록 낮은 값을 나타내었다고 보고하였다.
- Dadgar et al.(2012)의 연구는 운송시 온도를 control(20~24°C), 0~-8°C, -8~-11°C, -11°C 이하로 나누어 진행하였으며, 운송시간은 4시간으로하여 실험을 진행하였다. 그 결과 육계의 가슴육 및 다리육 모두 pH와 a*값은 온도가 낮을수록 증가하였으며, L*값은 온도가 낮을수록 감소하였다. 도축 전 낮은 온도는 가슴육 근육의 에너지 대사와 육질에 영향을 미쳤으며, 낮은 근육 에너지 대사는 pH를 높이고 육색을 어둡게 하였다고 보고하였다. 또한 20~30°C사이에 온도에서 PSE 육의 발현율이 높았으며, 0°C 이하에서 DFD의 발현율이 높았다
- Dadgar et al.(2011)의 연구에서 사육 후 -18, -15, -12,-8, -4 또는 20°C의 온도에 육계를 3시간 동안 노출 시켜 실험하였으며, 가슴육 결과 온도가 감소할수록 pH와 a*, WBC, PCY는 증가하였으며, L*, b*, 가열감량은 감소하였다.

(3) 운송 시간 및 거리

- 도축장으로 이동하는 시간은 동물복지 문제에 중요한 요인이며, 도축장까지 운송하는 도안 육계의 스트레스가 증가하여, 건강의 악화, 상처, 사망률이 증가한다.
- Hussnain et al.(2019a)은 더 긴 수송은 글리코젠양의 감소 및 육의 높은 pH를 초래하여 고기 색이 더 어두워졌다고 보고하였다(Owens and Sams, 2000).
- Yalçın and Güler(2012)의 연구에서 운송 시간을 각각 90, 155, 220분으로 하여 실험에 하였으며, 90분 처리구에서 가열감량이 가장 높은 수치를 보였다고 보고하였다. 또한 체중별로 비교해서 보았을 때, 24kg 이상의 육계에서는 155, 220분 운송된 육계에서 pH 값이 낮았으며, 이 결과는 장거리 운송이 도축 후 육계의 글리코젠이 없어지는 지점까지 대사를 촉진한다고 보고하였다(Yalçın and Güler, 2012).
- Zhang, et al.(2009)의 연구에서 육계가 도축장까지 운송 시간을 45분과 3시간으로 나누어 실험을 진행하였으며, 그 결과 가슴육 및 다리육에서 pH, L*, drip loss에 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다.
- Dos Santos et al.(2017)의 연구에서 운송 거리는 각각 15, 90km로 하여 실험을 진행하

였다. 실험 결과 90km의 처리구에서 높은 pH와 a*을 보였으며, drip loss, shear force 값은 낮은 수치를 보였다고 보고하였다. 본 연구결과 장거리에서 DFD 육의 발생률이 높았으며, 이는 육류가 붉은색을 띄며, pH가 증가함에 따라 WHC가 증가한다고 보고하였다. 또한 DFD육은 도축 전 오랜 스트레스로 인한 것으로 보고되고 있으며(Ristic and Damme, 2013), 장기간 고온에 노출되어 수분 증발에 의한 체온 손실 억제 및 혈떡거림 등으로 인한 에너지 대사로 근육 내 글리코젠 축적을 감소시켜, 도축 후 젖산 생산을 위한 에너지 부족으로 인하여 pH가 증가하였다고 보고하였다(Scheffler et al., 2011).

- Xing et al.(2017)은 운송을 하지 않는 처리구(C), 30분 운송 후 바로 도축한 처리구(T), 30분 운송 후 10분 water shower 및 20분 lairage한 처리구(T/W)로 나누어 실험하였다. 그 결과 PSE육과 유사한 육의 발현율은 T처리구 보다 T/W처리구가 유의적으로 감소하였다. 또한 T처리구는 C처리구와 비교하였을 때, L*, 가열감량, drip loss는 증가하였으며, pH는 감소하였다. 반면 T/W처리구의 L*값과, 가열감량, drip loss, pH 모두 C처리구와 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 따라서 운반 후 water shower를 하고 휴식을 취했을 때, 높은 주변 온도로 운반된 육계의 스트레스로 인한 부정적인 영향을 상쇄시켜 육류 품질을 향상시켰다고 보고하였다.

□ 계류 및 도계방법에 따른 육계의 품질 특성 차이

(1) 계류

- 운송 후 육계의 복지 개선 및 스트레스 감소를 위해 계류 시간과, 공장에서의 환경이 매우 중요하다(Quinn et al., 1998).
- Oba et al.(2009)의 연구에서 운송 후 계류 시간을 0, 90, 180분으로 하였을 때, 육색, pH, WHC는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, PSE육 발현율은 계류시간 짧을 때 감소하였다고 보고하였다.
- Dadgaret al.(2011)의 연구에서는 계류 시간을 0, 2시간하여 실험하였으며, 그 결과 2시간 계류하였을 때, 0시간 보다 pH, b* 값이 높았으며, L*은 유의적으로 낮았다고 보고하였다.
- Rodrigues et al.(2017)의 연구에서 계류 시간을 0, 2, 4, 6시간으로 하여 실험을 진행하였다. 연구 결과 육계 가슴육에서 계류시간이 0시간일 때, pH, a*값이 유의적으로 낮았으며, L*값은 유의적으로 높았다. 또한, 6시간의 계류시간은 DFD육을 초래할 가능성이 많으며, 공복시간의 증가로 보유하고 있는 에너지가 소비되어 글리코젠 양이 감소되었기 때문이라고 보고하였다.
- Xing et al.(2016)의 연구는 운송 없이 바로 도축, 30분 운송 후 도축, 30분 운송 후 10

분 동안 water 스프레이 처리를 하고 20동안 Lairage 하여 도축, 이렇게 3개의 처리구로 하여 실험을 진행하였다. 그 결과 운송하였을 때의 스트레스를 받아 pH가 감소하였으며, drip loss와 가열감량이 증가하였으나, 샤워하고 계류시간이 있는 처리구에서 낮은 drip loss와 가열감량, L*값을 보였으며, pH는 유의적으로 높았다. 도축 전 운송 스트레스가 사후 해당과정을 가속화 하여 pH를 감소 속도를 증가시키고, sarcoplasmic 및 myofibrillar의 단백질 변성으로 인하여 WHC가 저하되었다고 보고하였으며, 계류를 시킨 처리구에서는 젖산의 축적을 감소되었으며, 운송 스트레스로 인한 부정적인 영향을 감소시켰다(Wang et al. 2009).

- Jiang et al.(2015)의 연구에 따르면, 동일한 육계 환경에서 사육하고 동일한 조건으로 운송한 뒤(45분 운송), 바로 도축한 처리구(T), 1시간 계류하여 도축한 처리구(TR), 15분 water-misting sprays하여 45분 계류하여 도축한 처리구(TWFR)로 나누어 실험을 진행하였다. 실험 결과 TWFR 처리구에서 낮은 L*, drip loss, 가열감량 값을 보였으며, pH는 유의적으로 높은 값을 보였다고 보고하였다. 근육의 pH가 높을수록 단백질이 물과 더 강력하게 결합할 수 있어 자유수가 적었으며, 이로 인하여 drip loss, 가열감량 더 낮았다.
- Jiang et al.(2016) 연구에서 운송 후 환기와 샤워 없이 도축한 처리구(C), 10분 환기 처리구(VWS), 10분 샤워 처리구(SWV), 5분 환기와 5분 샤워 처리구(SV)로 나누어 실험을 진행하였다. 그 결과 샤워를 한 모든 처리구에서 가슴육의 Drip loss와 가열감량이 유의적으로 낮았으며, SV 처리구에서 유의적으로 높은 pH를 보였다. pH의 감소는 사후의 해당과정 동안 글리코젠이 젖산으로 분해되어 젖산염으로 축적되었기 때문이며, 위의 결과는 환기와 샤워로 인하여 해당 과정의 속도가 느려져 글리코젠이 빠르게 분해되는 것을 방지했다고 보고하였다.

(2) 기절 방법

- Hillebrand et al.(1996)은 기절 위치(전체, 머리만), 압력(25, 100V)과, 주파수(50, 200 Hz)를 다르게 하여 전기기절 시켰으며, 실험 결과 pH는 유의적인 차이를 보이지 않았다.
- Huang et al.(2014)의 연구에서 기절과정이 없는 처리구, 고전압 저주파(106-110mA) 처리구, 중전압 저주파(48-52mA) 처리구, 저전압 고주파(13-15mA)처리구로 나누어 실험을 진행하였다. 연구결과 pH 및 육색은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 중전압 저주파와 기절과정이 없는 처리구에서 Drip loss는 높은값을 나타냈으며, 전단력은 낮은 값을 나타내었다. 이는 다른 처리구 보다 pH의 감소 속도가 빨라, 단백질 변성을 초래하여 WHC가 감소되어 높은 drip loss를 보였다. 또한 빠른 대사 과정으로 인하여 낮은 전단

력 값을 보였다.

- Xu et al.,(2011)의 연구는 기절조건을 각각, 3가지 전류 조건(35 V, 47 mA; 50 V, 67 mA; 65 V, 86 mA)과 3개의 주파수 조건(160, 400, 1000 Hz)를 가지고 실험을 진행하였으며, 실험 결과 다리육과 가슴육에서 각각 전류 세기 및 주파수 처리구간의 pH, 육색, 전단력, drip loss, 가열감량 간의 유의적인 차이는 없었다. 하지만, 전류와 주파수를 결합하여 결과를 보았을 때, 동물복지와 육질에서 낮은 전류와 고주파는 부정적 요인을 줄 수 있으며, 고주파(1,000 Hz)와 전류가 50V, 67mA 이상 일때 가열감량과 전단력에 긍정적 영향을 주었다.
- Lambooij et al.(2014)의 연구에서는 일반 항온 수조에서의 전기기절 방법과 머리에만 전기를 주는 전기기절 방법으로 실험을 진행하였다. Con 모양에 육계를 고정 시키고(그림 2-3-7, 왼쪽), 머리에 전기 충격(그림 2-3-7. 오른쪽 사진)을 준 다음 기절 시켜 실험을 진행하였다. 연구 결과 도축 직후 pH는 머리 전기 충격 처리구가 유의적으로 낮았으나, 24시간 후 pH에는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 육색도 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다.



[그림 2-3-7] 콘과 머리 전기 충격 과정

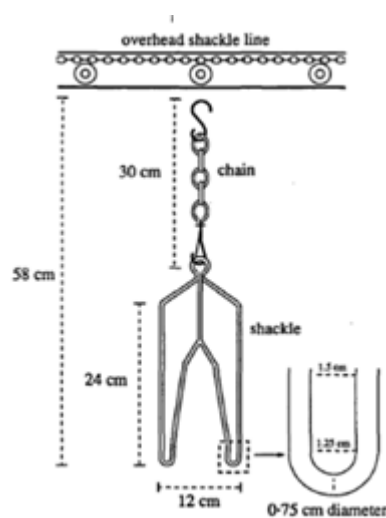
- Huang et al.(2017)의 연구에서 750Hz에서 10초 동안 각각 5, 15, 25, 35, 45V로 하여 실험을 진행하였으며, 그 결과 초기 pH는 5, 45V에서 유의적으로 낮았으며, 최종 pH와 육색은 처리구간의 차이는 없었다. 전단력 값은 5, 45V 처리구에서 낮은 전단력 값과 낮은 단백질 용해도를 보였으며, Drip loss의 경우 5, 45V에서 높은값을 나타내었다. 사후 초기에 빠른 해당과정으로 인하여 pH가 빠르게 감소하였으며, 그로 인하여 단백질 용해도가 낮아져 WHC가 감소한 것으로 사료된다. 따라서 5, 45V에서 전기 충격을 가했을 때, 육계 가슴육의 품질이 감소되었다.
- Battula et al.(2008)의 연구에서는 597 ~ 632mmHg 저기압으로 기절시킨 육계와 항온 수조에서 전기기절(11.5V, <0.5mA) 시킨 육계의 품질을 비교하였으며, 24시간 후 pH는 유의적인 차이를 보이지 않았다. L*값은 전기기절을 하였을 때 유의적으로 높은값을 보

였으며, 전단력과 가열감량은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한, 가슴육의 관능평가 결과 모든 항목에서 유의적인 차이를 보이지 않았다.

- Schilling et al.(2012)의 연구에서 저기압 조건에서 기절된 육계와 전기 충격으로 기절된 육계의 품질을 분석하였다. 사후 0.75시간 후 발골하였을 때, 저기압 기절 처리구에서 높은 L*을 보였으나, 사후 4시간 후 처리구 간의 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 또한 0.75시간 후 저기압 기절 처리구에서 높은 가열감량 값을 보였으며, 전단력은 낮은 값을 보였다고 보고하였다. 관능 평가결과에서는 기절 방법에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다.
- Raj et al.(1990) 및 Lambooi et al.(1999)의 연구에서는 전기, 이산화탄소 및 아르곤 기절방법을 사용하였을 때, 가열감량에 유의적인 차이를 보이지 않았다.
- Savenije et al.(2002)의 연구에서는 전기적 기절에 비하여 Ar/CO₂ 가스 기절 방법이 높은 해당과정을 가져 왔다고 보고하였으며, 가스 기절방법의 빠른해당과정은 부정적인 가스 조성으로 인하여 뇌에 경련이 발생된 것으로 사료 된다고 보고하였다.

(3) 육계의 족쇄 처리

- Schneider et al.(2012)의 연구에서는 Shackling 시간을 10초 이내 또는 120초로하여 연구하였으며, 그 결과 긴 Shackling 시간에서 a*값은 증가하였으며, 전단력, b*값은 감소하였다. L*값과 pH, drip loss, 가열감량은 유의적인 차이를 보이지 않으며, Shackling 시간이 육 품질에 크게 영향을 미치지 않았다.
- Kannan et al.(1997a)의 연구에서 Shackling(그림 2-3-8) 시간을 0, 2, 4분으로 나누어 실험을 하였으며, 가열감량, pH, 전단력, 육색에 유의적인 차이는 없었다고 보고하였다.



[그림 2-3-8] 족쇄 디자인

- Fidan et al.(2015)의 연구에서 Shackling 시간을 10, 30, 60, 120초로하여 실험을 진행하였으며, 그 결과 가슴육에서 120초에서 10초보다 a*은 유의적으로 증가하였다. 가슴육 pH, drip loss, 가열감량, L*, b*값은 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 다리육에서는 pH, drip loss, 가열감량, 육색 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다.
- Sun et al.(2019)의 연구에서 Shackling 과정이 없는 처리구, Shackling 시간이 각각 2.5, 4.5분인 처리구로 나누어 실험을 진행하였다. Shackling 시간이 증가할수록 L*, a*이 증가하였으며, Drip loss, 가열감량, pH는 감소하였다고 보고하였다. 저자는 도축 전 Shackling 과정에서 투쟁 정도에 따라 육색이 붉어졌다고 보고하였으며, 도축 전 Shackling 과정에서 스트레스를 받아 높은 L*, 낮은 WHC와 pH를 가져 올 수 있다고 보고하였다. Shackling 가장 긴 시간을 가진 처리구에서 더 많은 스트레스를 가지고 왔으며, 근육 내 Ca²⁺ 항상성의 불균형으로 인해 사후 대사 과정이 빠르게 진행되고 빠른 젖산 축적을 가져와 단백질이 변성되어 PSE육과 유사한 상태를 가져왔다고 보고하였다 (Sun et al., 2019).

□ 운송시간에 따른 육계 가슴육의 품질 특성 규명

(1) 일반성분

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 일반성분 함량은 [표 2-3-89]에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 75.50~75.96%, 23.20~23.73%, 1.49~1.50%, 1.20~1.23%를 나타내었으며, 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

[표 2-3-89] Proximate composition of chicken breast meat from broilers transported for short and long time¹⁾

Treatment	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash
ST	75.96 ^A	23.20 ^A	1.50 ^A	1.23 ^A
LT	75.50 ^A	23.73 ^A	1.49 ^A	1.20 ^A
SEM ¹⁾	0.207	0.199	0.079	0.048

^A Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).
ST, short time (1h); LT, long time(2h)

(2) pH, 육색, 가열감량, 보수력

○ 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 pH, 육색, 가열감량, 보수력의 변화는 [표 2-3-90]에 나타내었다. 초기 pH는 5.72~5.93을 나타내었으며 저장 7일차에 모든 처리구에서 pH가 증가하였다($p < 0.05$). 저장 7일차를 제외하고는 CB 처리구가 CT 처리구 보다 유의적으로 높은 pH를 나타내었다. 저장 기간 동안 L*값(밝기)은 50.41~52.73의 범위를 나타내었으며, 저장 1일차를 제외하고는 CB 처리구가 WB 처리구보다 높은 L*값을 나타내었다($p < 0.05$). 적색도를 나타내는 a*값은 저장 기간동안 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 저장 1일차를 제외하고는 처리구에 따른 차이를 보이지 않았다. b*값(황색도)은 저장 기간 동안 유의적으로 증가하였으며, CB 처리구가 WB 처리구보다 모든 저장일차에서 높은 b*값을 나타내었다($p < 0.05$). 저장 초기 가열감량은 17.95~18.46%로 저장 3일차에 유의적으로 증가하여 저장 7일차까지 유의적인 차이를 보이지 않았다. 단, 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다. 또한 저장 기간 동안 보수력은 53.09~56.34%의 범위를 나타내었으며, 처리구 및 저장일차에 따른 유의적인 차이는 나타내지 않았다.

[표 2-3-90] pH, instrumental color, cooking loss (%) and water holding capacity (WHC, %) of chicken breast meat from broilers transported for short and long time

Items	Treatment	Storage (days)				SEM ¹⁾
		1	3	5	7	
pH	ST	5.93 ^{Ab}	6.12 ^{Aa}	6.15 ^{Aa}	6.18 ^{Aa}	0.037
	LT	5.72 ^{Bc}	5.92 ^{Bb}	6.00 ^{Bab}	6.11 ^{Aa}	0.034
	SEM	0.038	0.034	0.041	0.026	
L*	ST	50.51 ^{Ab}	52.15 ^{Aa}	52.15 ^{Aa}	52.73 ^{Aa}	0.286
	LT	51.11 ^{Aa}	50.70 ^{Ba}	50.76 ^{Ba}	50.41 ^{Ba}	0.381
	SEM	0.338	0.332	0.363	0.313	
Color a*	ST	1.76 ^{Aa}	1.70 ^{Aa}	1.54 ^{Aa}	1.47 ^{Aa}	0.159
	LT	1.02 ^{Ba}	1.23 ^{Aa}	1.17 ^{Aa}	1.10 ^{Aa}	0.114
	SEM	0.081	0.198	0.130	0.119	
b*	ST	6.27 ^{Ab}	6.64 ^{Ab}	7.47 ^{Aa}	7.48 ^{Aa}	0.242
	LT	3.75 ^{Bb}	4.33 ^{Bab}	4.35 ^{Bab}	5.15 ^{Ba}	0.275
	SEM	0.300	0.265	0.277	0.177	
Cooking loss	ST	17.95 ^{Ab}	27.72 ^{Aa}	26.73 ^{Aa}	27.21 ^{Ba}	1.749
	LT	18.46 ^{Ab}	31.33 ^{Aa}	28.60 ^{Aa}	31.46 ^{Aa}	1.143
	SEM	0.568	2.446	1.229	0.956	
WHC	ST	53.78 ^{Aa}	56.34 ^{Aa}	54.03 ^{Aa}	55.21 ^{Aa}	0.924
	LT	53.09 ^{Aa}	53.46 ^{Aa}	53.72 ^{Aa}	55.48 ^{Aa}	1.334
	SEM	0.803	1.529	0.934	1.188	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ ST, short time (1h); LT, long time(2h)

(3) 전단력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 전단력의 변화는 [표 2-3-91]에 나타내었다. 전단력 결과 모든 저장 일차에서 CB 처리구보다 WB 처리구에서 유의적으로 높은 전단력 값을 나타내었으며, 저장 기간이 증가함에 따라 전단력 값은 감소하였다.

[표 2-3-91] Shear force (N) of chicken breast meat from from broilers transported for short and long time

Treatment	Storage (days)				SEM ¹⁾
	1	3	5	7	
ST	23.99 ^{Ba}	21.57 ^{Bab}	20.40 ^{Bbc}	18.81 ^{Bc}	0.647
LT	28.39 ^{Aa}	24.83 ^{Aab}	24.45 ^{Aab}	21.59 ^{Ab}	1.505
SEM	1.324	1.173	1.057	1.058	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ ST, short time (1h); LT, long time(2h)

(4) 미생물

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 총균수와 대장균/균의 변화는 [표 2-3-92]에 나타내었다. 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 초기 총균수는 2.68~2.84 Log CFU/g 수준을 나타내었으며, 저장 7일차에 각각 4.35 Log CFU/g과 4.38 Log CFU/g을 나타내었다. 단, CB와 WB 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 대장균/균은 모든 처리구 및 저장일차에서 검출되지 않았다.

[표 2-3-92] Microorganisms (Log CFU/g) of chicken breast meat from from broilers transported for short and long time

Items	Treatment	Storage (days)				SEM ¹⁾
		1	3	5	7	
Total aerobic bacteria	ST	2.84 ^{Ac}	3.51 ^{Ab}	3.60 ^{Ab}	4.35 ^{Aa}	0.161
	LT	2.68 ^{Ac}	3.38 ^{Abc}	3.68 ^{Aab}	4.38 ^{Aa}	0.183
	SEM	0.164	0.235	0.149	0.120	
E.coli/coliforms	ST	ND ³⁾	ND	ND	ND	-
	LT	ND	ND	ND	ND	-

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ ST, short time (1h); LT, long time(2h)

³⁾ ND; Not detected

(5) TBARS 및 VBN 함량

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 TBARS 및 VBN 함량 변화는 [표 2-3-93]에 나타내었다. 두 처리구 모두 저장 기간이 증가함에 따라 TBARS값이 유의적으로 증가하였으며, 처리구에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. VBN 함량 또한 저장 기간이 증가함에 따라 증가하였으며($p<0.05$), 처리구에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다.

[표 2-3-93] TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken breast meat from broilers transported for short and long time

Items	Treatment	Storage (days)				SEM ¹⁾
		1	3	5	7	
TBARS	ST	0.08 ^{Ab}	0.11 ^{Aab}	0.11 ^{Aab}	0.14 ^{Aa}	0.009
	LT	0.09 ^{Ac}	0.11 ^{Abc}	0.13 ^{Aab}	0.15 ^{Aa}	0.008
	SEM	0.03	0.010	0.008	0.011	
VBN	ST	10.73 ^{Ab}	12.34 ^{Aa}	12.66 ^{Aa}	12.80 ^{Aa}	0.296
	LT	10.97 ^{Ab}	11.62 ^{Ab}	12.48 ^{Aa}	12.46 ^{Aa}	0.200
	SEM	0.271	0.264	0.166	0.291	

^A Means within the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($p<0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ ST, short time (1h); LT, long time(2h)

(6) Creatine, creatinine과 di-peptide (anserine 및 carnosine)

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 creatine, creatinine 및 di-peptide (anserine 및 carnosine)의 변화는 [표 2-3-94]에 나타내었다. 저장 기간 중 CB 처리구 내 creatine 함량은 저장 7 일차에 유의적으로 감소하였으나, WB 처리구는 유의적인 차이를 보이지 않았다, 반면에 creatinine 은 저장 기간에 따라 유의적으로 증가하였으며, WB 처리구가 CB 처리구보다 5일차를 제외한 모든 저장 기간에 높은 함량을 나타내었다($p<0.05$). CB 처리구 내 anserine은 저장 기간 중 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, WB 처리구는 저장 기간 중 그 함량이 감소하였다($p<0.05$). Carnosine 함량은 모든 처리구에서 저장 기간 중 함량의 유의적인 변화를 보이지 않았다. WB 처리구는 CB 처리구 보다 높은 anserine, carnosine 함량을 나타내었다($p<0.05$).

[Æ 2-3-94] Creatine, creatinine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken breast meat from broilers transported for short and long time

Items	Treatment	Storage (days)				SEM ¹⁾
		1	3	5	7	
Creatine	ST	498.11 ^{Aa}	496.81 ^{Aa}	486.22 ^{Aab}	466.32 ^{Ab}	6.455
	LT	486.26 ^{Aa}	485.76 ^{Aa}	488.23 ^{Aa}	461.60 ^{Aa}	11.564
	SEM	12.169	10.749	6.510	6.698	
Creatinine	ST	1.55 ^{Bd}	2.24 ^{Bc}	2.61 ^{Ab}	2.87 ^{Ba}	0.050
	LT	1.81 ^{Ac}	2.46 ^{Ab}	2.73 ^{Ab}	3.15 ^{Aa}	0.074
	SEM	0.028	0.048	0.081	0.080	
Anserine	ST	374.89 ^{Ba}	349.59 ^{Ba}	357.74 ^{Ba}	360.96 ^{Aa}	7.356
	LT	444.96 ^{Aa}	475.03 ^{Aa}	434.35 ^{Aab}	389.21 ^{Ab}	14.414
	SEM	11.711	6.190	8.190	8.139	
Carnosine	ST	90.93 ^{Ba}	81.38 ^{Ba}	77.44 ^{Ba}	86.63 ^{Ba}	3.956
	LT	186.62 ^{Aa}	172.30 ^{Aa}	179.07 ^{Aa}	154.79 ^{Aa}	12.424
	SEM	7.785	9.584	12.402	5.812	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d} Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ ST, short time (1h); LT, long time(2h)

(7) 항산화 활성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 가슴육의 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성의 변화는 [표 2-3-95]에 나타내었다. 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성은 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 처리구에 따른 차이 또한 나타나지 않았다.

[표 2-3-95] DPPH, FRAP, ABTS, and ORAC (uM TE /mg dry matter) of chicken breast meat from broilers transported for short and long time

Treatment		Storage (days)				SEM ¹⁾
		1	3	5	7	
DPPH	ST	10.50 ^{Aa}	10.61 ^{Aa}	10.86 ^{Aa}	11.53 ^{Aa}	0.292
	LT	9.88 ^{Aa}	10.63 ^{Aa}	10.43 ^{Aa}	9.90 ^{Ba}	0.407
	SEM	0.408	0.435	0.320	0.347	
ABTS	ST	85.29 ^{Aa}	83.11 ^{Aa}	83.98 ^{Aa}	86.87 ^{Aa}	1.319
	LT	86.78 ^{Aa}	81.40 ^{Aa}	84.04 ^{Aa}	84.22 ^{Aa}	1.294
	SEM	0.708	1.358	1.241	1.716	
FRAP	ST	11.60 ^{Aa}	12.30 ^{Aa}	11.55 ^{Aa}	12.68 ^{Aa}	0.397
	LT	12.23 ^{Aa}	12.47 ^{Aa}	12.10 ^{Aa}	11.51 ^{Aa}	0.556
	SEM	0.494	0.447	0.355	0.603	
ORAC	ST	193.41 ^{Aa}	178.27 ^{Aa}	178.80 ^{Aa}	171.58 ^{Aa}	10.802
	LT	177.00 ^{Aa}	174.75 ^{Aa}	164.57 ^{Aa}	171.40 ^{Aa}	9.218
	SEM	11.601	11.523	6.529	9.658	

^A Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^a Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ ST, short time (1h); LT, long time (2h)

□ 운송시간에 따른 육계 다리육의 품질 특성 규명

(1) 일반성분

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 일반성분 함량은 [표 2-3-96]에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 75.44~75.74%, 19.32~19.46%, 4.87~5.56%, 1.06~1.11%를 나타내었으며, 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 각 처리구별 수송거리는 일반농장 육계가 87km(약 1시간 10분), 복지농장 육계가 159km(약 2시간)였다.

[표 2-3-96] Proximate composition of chicken thigh meat from broilers transported for short and long time

Treatment	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash
ST	75.74 ^A	19.32 ^A	4.87 ^A	1.06 ^A
LT	75.44 ^A	19.46 ^A	5.56 ^A	1.11 ^A
SEM	0.347	0.335	0.491	0.023

^A Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$). ST, short time (1h); LT, long time (2h)

(2) pH, 육색, 가열감량, 보수력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 pH, 육색, 가열감량, 보수력의 변화는 [표 2-3-97]에 나타내었다. 초기 pH는 6.40~6.61를 나타내었으며 CT 처리구는 저장 7일차에 pH가 증가하였으며($p < 0.05$), WT 처리구는 저장 기간 중 유의적인 차이를 나타내지 않았다. CT 처리구는 저장 5일차를 제외하고는 WT 처리구 보다 유의적으로 높은 pH를 나타내었다. 저장 기간 동안 L* 값은 53.29~50.48의 범위를 나타내어 저장 기간 동안 유의적으로 감소하였으며, 저장 3일차를 제외하고는 처리구에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. a*값은 저장 기간 동안 5.51~7.31의 값을 나타내었으며, 처리구에 따른 경향을 나타내지 않았다. b*값은 저장 기간 동안 유의적으로 증가하였으며, 처리구에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. 저장 초기 가열감량은 27.46~31.12%로 저장 3, 5일차에 유의적으로 감소하였다. 단, 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다. 저장 기간 동안 보수력은 54.00~63.02%의 범위를 나타내었으며, 저장일차에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았지만 모든 저장일차에서 CT 처리구가 WT 처리구보다 높은 보수력을 나타내었다($p < 0.05$).

[표 2-3-97] pH, instrumental color, cooking loss (%) and water holding capacity (WHC, %) of chicken thigh meat from broilers transported for short and long time

Items	Treatment	Storage (days)				SEM ¹⁾
		1	3	5	7	
pH	ST	6.61 ^{Ab}	6.66 ^{Ab}	6.66 ^{Ab}	6.83 ^{Aa}	0.032
	LT	6.40 ^{Ba}	6.45 ^{Ba}	6.54 ^{Aa}	6.60 ^{Ba}	0.055
	SEM	0.049	0.034	0.065	0.020	
L*	ST	52.93 ^{Aa}	51.27 ^{Bab}	51.75 ^{Aab}	50.60 ^{Ab}	0.430
	LT	53.52 ^{Aa}	53.29 ^{Aab}	51.44 ^{Abc}	50.48 ^{Ac}	0.460
	SEM	0.533	0.367	0.460	0.404	
Color a*	ST	6.76 ^{Aa}	6.58 ^{Aa}	6.92 ^{Aa}	6.14 ^{Ba}	0.315
	LT	6.11 ^{Aab}	5.51 ^{Bb}	6.88 ^{Aab}	7.31 ^{Aa}	0.353
	SEM	0.296	0.322	0.398	0.314	
b*	ST	8.13 ^{Aa}	8.61 ^{Aa}	8.80 ^{Aa}	8.95 ^{Aa}	0.260
	LT	7.99 ^{Ab}	7.98 ^{Ab}	8.97 ^{Aa}	9.21 ^{Aa}	0.231
	SEM	0.219	0.200	0.218	0.328	
Cooking loss	ST	27.46 ^{Aa}	19.08 ^{Ab}	18.77 ^{Ab}	19.74 ^{Aab}	1.912
	LT	31.12 ^{Aa}	19.74 ^{Ab}	18.32 ^{Ab}	18.98 ^{Ab}	1.463
	SEM	1.898	0.765	0.537	2.667	
WHC	ST	62.05 ^{Aa}	63.02 ^{Aa}	60.29 ^{Aa}	62.26 ^{Aa}	1.817
	LT	54.00 ^{Ba}	54.03 ^{Ba}	56.54 ^{Aa}	56.43 ^{Aa}	1.847
	SEM	1.259	1.966	2.083	1.907	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ ST, short time (1h); LT, long time (2h)

(3) 전단력

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 냉장 저장 기간 중 전단력의 변화는 [표 2-3-98]에 나타내었다. 전단력 결과 모든 저장 일차에서 CT 처리구보다 WT 처리구에서 유의적으로 높은 전단력 값을 나타내었으며, 저장 기간이 증가함에 따라 전단력 값은 감소하였다.

[표 2-3-98] Shear force (N) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage (days)				SEM ¹⁾
	1	3	5	7	
ST ²⁾	20.54 ^{Ba}	16.98 ^{Bb}	15.23 ^{Bb}	14.55 ^{Bb}	0.630
LT	26.48 ^{Aa}	22.67 ^{Aa}	17.75 ^{Ab}	15.94 ^{Ab}	0.971
SEM	0.873	1.218	0.511	0.413	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ ST, short time (1h); LT, long time (2h)

(4) 미생물

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 총균수와 대장균/균의 변화는 [표 2-3-99]에 나타내었다. 일반 및 동물복지 육계 다리육의 초기 총균수는 2.69~6.70 Log CFU/g 수준을 나타내었으며, 저장 7일차에 각각 4.22 Log CFU/g와 4.26 Log CFU/g로 유의적으로 증가하였다. 단, CT와 WT 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 대장균/균은 모든 처리구 및 저장일차에서 검출되지 않았다.

[표 2-3-99] Microorganisms (Log CFU/g) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)				SEM ¹⁾
		1	3	5	7	
Total aerobic bacteria	ST ²⁾	2.70 ^{Ac}	2.94 ^{Abc}	3.31 ^{Ab}	4.22 ^{Aa}	0.097
	LT	2.69 ^{Ab}	2.99 ^{Ab}	3.31 ^{Ab}	4.26 ^{Aa}	0.159
	SEM	0.159	0.135	0.116	0.113	
E.coli/coliforms	ST ²⁾	ND ³⁾	ND	ND	ND	-
	LT	ND	ND	ND	ND	-

^A Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ ST, short time (1h); LT, long time (2h)

³⁾ ND; Not detected

(5) TBARS 및 VBN

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 TBARS 및 VBN 함량 변화는 [표 2-3-100]에 나타내었다. 저장 기간에 따른 TBARS 값의 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 저장 1, 7일차에 CT 처리구가 WT 처리구보다 유의적으로 높은 TBARS 함량을 나타내었다. VBN 함량은 저장 7일차에 증가하였으며($p < 0.05$), 처리구에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다.

[표 2-3-100] TBARS (mg MDA/kg) and VBN (mg/100g) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)				SEM ¹⁾
		1	3	5	7	
TBARS	ST ²⁾	0.30 ^{Aa}	0.29 ^{Aa}	0.28 ^{Aa}	0.32 ^{Aa}	0.013
	LT	0.22 ^{Ba}	0.26 ^{Aa}	0.26 ^{Aa}	0.25 ^{Ba}	0.016
	SEM	0.011	0.017	0.017	0.013	
VBN	ST ²⁾	9.07 ^{Ab}	9.26 ^{Ab}	9.39 ^{Ab}	11.34 ^{Aa}	0.285
	LT	8.32 ^{Ab}	8.89 ^{Ab}	9.18 ^{Ab}	10.68 ^{Aa}	0.248
	SEM	0.245	0.242	0.107	0.394	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ ST, short time (1h); LT, long time (2h)

(6) Creatine, creatinine과 di-peptide (anserine 및 carnosine)

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 creatine, creatinine 및 di-peptide (anserine 및 carnosine)의 변화는 [표 2-3-101]에 나타내었다. 저장 기간 중 CT 처리구 내 creatine 함량은 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, WT 처리구는 감소하였다($p < 0.05$). Creatinine은 저장 기간에 따라 유의적으로 증가하였으며, 모든 저장 기간에서 WT 처리구가 CT 처리구보다 높은 함량을 나타내었다($p < 0.05$). CT 처리구 내 anserine 함량은 저장 기간 중 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, WT 처리구는 저장 기간 중 그 함량이 감소하였다 ($p < 0.05$). 저장 기간 동안 WT 처리구가 CT 처리구보다 높은 anserine, carnosine 함량을 나타내었다($p < 0.05$).

[표 2-3-101] Creatine, creatinine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)				SEM ¹⁾
		1	3	5	7	
Creatine	ST ²⁾	378.35 ^{Ba}	369.60 ^{Ba}	380.72 ^{Ba}	370.30 ^{Aa}	6.827
	LT	478.35 ^{Aa}	407.10 ^{Ab}	414.94 ^{Ab}	378.91 ^{Ac}	6.049
	SEM	4.942	5.074	6.890	2.693	
Creatinine	ST ²⁾	1.03 ^{Bc}	1.13 ^{Bbc}	1.31 ^{Bab}	1.24 ^{Ba}	0.042
	LT	2.70 ^{Ac}	3.60 ^{Ab}	3.75 ^{Aa}	3.75 ^{Aa}	0.032
	SEM	0.040	0.031	0.030	0.046	
Anserine	ST ²⁾	164.95 ^{Ba}	168.70 ^{Ba}	168.03 ^{Ba}	158.78 ^{Ba}	6.715
	LT	230.54 ^{Aa}	196.86 ^{Ab}	205.42 ^{Aab}	203.22 ^{Aab}	8.206
	SEM	9.535	9.535	4.424	7.107	
Carnosine	ST ²⁾	54.71 ^{Ba}	54.58 ^{Ba}	55.47 ^{Ba}	51.50 ^{Aa}	1.616
	LT	81.17 ^{Aa}	70.44 ^{Aa}	74.34 ^{Aa}	56.04 ^{Ab}	3.597
	SEM	2.521	3.632	3.587	1.411	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ ST, short time (1h); LT, long time (2h)

(7) 항산화 활성

- 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성의 변화는 [표 2-3-102]에 나타내었다. 저장 기간 중 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP, ORAC 활성은 유의적인 차이를 나타내지 않았다. DPPH 라디칼 소거능은 CT 처리구가 WT 처리구 보다 유의적으로 높았으며, ABTS 라디칼 소거능은 저장 3, 7일차에 CT 처리구가 WT 처리구 보다 높은 활성을 나타내었다($p < 0.05$). FRAP, ORAC 활성은 처리구에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

[표 2-3-102] DPPH, FRAP, ABTS, and ORAC (uM TE/mg dry matter) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)				SEM ¹⁾
		1	3	5	7	
DPPH	ST ²⁾	9.73 ^{Aa}	10.32 ^{Aa}	10.47 ^{Aa}	9.64 ^{Aa}	0.275
	LT	7.04 ^{Ba}	7.16 ^{Ba}	7.48 ^{Ba}	7.27 ^{Ba}	0.278
	SEM	0.347	0.185	0.260	0.290	
ABTS	ST ²⁾	97.53 ^{Aa}	98.49 ^{Aa}	98.49 ^{Aa}	96.34 ^{Aa}	1.305
	LT	93.29 ^{Aa}	93.11 ^{Ba}	94.82 ^{Aa}	88.60 ^{Ba}	1.575
	SEM	1.891	1.103	1.218	1.446	
FRAP	ST ²⁾	11.29 ^{Aa}	11.48 ^{Aa}	11.98 ^{Aa}	11.26 ^{Aa}	0.326
	LT	11.15 ^{Aa}	10.86 ^{Aa}	10.63 ^{Aa}	10.10 ^{Aa}	0.306
	SEM	0.370	0.243	0.392	0.224	
ORAC	ST ²⁾	177.96 ^{Aa}	175.99 ^{Aa}	172.75 ^{Aa}	176.11 ^{Aa}	8.049
	LT	173.03 ^{Aa}	175.38 ^{Aa}	172.26 ^{Aa}	162.74 ^{Aa}	9.493
	SEM	6.723	6.440	6.718	6.233	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^a Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ ST, short time (1h); LT, long time (2h)-

(8) 지방산 조성

○ 국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 지방산 함량의 변화는 [표 2-3-103]에 나타내었다. 다리육의 주요 지방산은 oleic acid(37.72~41.60%), palmitic acid (23.74~24.52%), linoleic acid(13.56~17.83%)이었다. 다리육 내 총 포화지방산(SFA)과 불포화지방산(UFA)은 각각 31.15~33.06%와 66.94~68.85%로 저장 3일차를 제외하고는 WT 처리구가 CT 처리구보다 높은 불포화지방산 조성을 나타내었다($p < 0.05$). 불포화지방산중 다가불포화지방산 (PUFA)은 모든 저장 일차에서 WT 처리구가 CT 처리구보다 낮은 조성을 나타내었다($p < 0.05$). 또한, WT 처리구는 저장 기간동안 CT 처리구보다 낮은 linoleic acid(C18:2n6) 조성을 나타내었으며, 최종적으로 W3/W6 비율이 저장 5일차를 제외하고는 WT 처리구가 CT 처리구 보다 높았다($p < 0.05$).

[표 2-3-103] Fatty acid (%) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)				SEM ¹⁾
		1	3	5	7	
C14:0 (Myristic acid)	ST ²⁾	0.65 ^{Ba}	0.58 ^{Bb}	0.56 ^{Bb}	0.55 ^{Bb}	0.012
	LT	0.86 ^{Aa}	0.81 ^{Aa}	0.83 ^{Aa}	0.85 ^{Aa}	0.018
	SEM	0.013	0.012	0.022	0.011	
C16:0 (Palmitic acid)	ST	24.38 ^{Aa}	24.54 ^{Aa}	23.74 ^{Aa}	24.15 ^{Ba}	0.216
	LT	24.52 ^{Aa}	24.45 ^{Aa}	24.57 ^{Aa}	24.92 ^{Aa}	0.302
	SEM	0.307	0.323	0.256	0.106	
C16:1n7 (Palmitoleic acid)	ST	7.18 ^{Aa}	6.54 ^{Ba}	6.56 ^{Aa}	6.49 ^{Aa}	0.212
	LT	6.29 ^{Ab}	7.59 ^{Aa}	6.54 ^{Ab}	6.86 ^{Aab}	0.208
	SEM	0.316	0.108	0.197	0.161	
C18:0 (Stearic acid)	ST	6.36 ^{Bc}	7.32 ^{Aa}	6.84 ^{Bab}	6.50 ^{Bbc}	0.117
	LT	7.62 ^{Aab}	6.94 ^{Ab}	7.66 ^{Aa}	7.28 ^{Aab}	0.177
	SEM	0.122	0.199	0.140	0.125	
C18:1n9 (Oleic acid)	ST	38.58 ^{Bbc}	37.72 ^{Bc}	40.13 ^{Aa}	39.86 ^{Aab}	0.359
	LT	40.65 ^{Aab}	41.60 ^{Aa}	41.18 ^{Aa}	39.46 ^{Bb}	0.490
	SEM	0.461	0.469	0.538	0.125	
C18:1n7 (Vaccenic acid)	ST	2.41 ^{Aa}	2.15 ^{Abc}	2.28 ^{Aab}	2.08 ^{Bc}	0.049
	LT	2.36 ^{Aa}	2.29 ^{Aa}	2.27 ^{Aa}	2.37 ^{Aa}	0.061
	SEM	0.067	0.058	0.043	0.050	
C18:2n6 (Linoleic acid)	ST	17.28 ^{Abc}	17.83 ^{Aa}	17.14 ^{Ac}	17.60 ^{Aab}	0.101
	LT	14.77 ^{Ba}	13.56 ^{Bb}	13.89 ^{Bab}	14.86 ^{Ba}	0.287
	SEM	0.132	0.200	0.347	0.083	
C18:3n6 (γ -Linolenic acid)	ST	0.19 ^{Aa}	0.18 ^{Aa}	0.19 ^{Aa}	0.16 ^{Aa}	0.011
	LT	0.17 ^{Aab}	0.19 ^{Aa}	0.14 ^{Bb}	0.18 ^{Aa}	0.008
	SEM	0.010	0.010	0.011	0.007	
C18:3n3 (Linolenic acid)	ST	0.72 ^{Aa}	0.72 ^{Aa}	0.73 ^{Aa}	0.75 ^{Aa}	0.014
	LT	0.71 ^{Aa}	0.70 ^{Aa}	0.70 ^{Aa}	0.69 ^{Ba}	0.022
	SEM	0.011	0.011	0.029	0.015	
C20:1n9 (Eicosenoic acid)	ST	0.50 ^{Aa}	0.22 ^{Bb}	0.28 ^{Bb}	0.26 ^{Bb}	0.016
	LT	0.38 ^{Bc}	0.40 ^{Ac}	0.51 ^{Ab}	0.63 ^{Aa}	0.027
	SEM	0.023	0.017	0.032	0.015	
C20:4n6 (Arachidonic acid)	ST	1.22 ^{Ab}	1.61 ^{Aa}	0.95 ^{Ab}	1.03 ^{Ab}	0.083
	LT	1.16 ^{Aa}	0.81 ^{Bb}	1.13 ^{Aa}	1.12 ^{Aa}	0.051
	SEM	0.067	0.084	0.079	0.037	

C20:5n3 (Eicosapentaenoic acid)	ST	0.11 ^{Aa}	0.11 ^{Ba}	0.13 ^{Aa}	0.14 ^{Aa}	0.007
	LT	0.10 ^{Ab}	0.17 ^{Aa}	0.13 ^{Aab}	0.15 ^{Aa}	0.009
	SEM	0.007	0.009	0.006	0.010	
C22:4n6 (Adrenic acid)	ST	0.26 ^{Aa}	0.31 ^{Aa}	0.26 ^{Aa}	0.31 ^{Ba}	0.015
	LT	0.27 ^{Ab}	0.32 ^{Ab}	0.30 ^{Ab}	0.49 ^{Aa}	0.014
	SEM	0.015	0.013	0.017	0.012	
C22:6n3 (Docosahexaenoic acid)	ST	0.15 ^{Ab}	0.19 ^{Aa}	0.20 ^{Aa}	0.12 ^{Ab}	0.010
	LT	0.15 ^{Aa}	0.17 ^{Aa}	0.15 ^{Ba}	0.14 ^{Aa}	0.009
	SEM	0.013	0.011	0.007	0.007	
SFA	ST	31.39 ^{Bab}	32.43 ^{Aa}	31.15 ^{Bb}	31.20 ^{Bb}	0.257
	LT	32.99 ^{Aa}	32.20 ^{Aa}	33.06 ^{Aa}	33.06 ^{Aa}	0.441
	SEM	0.374	0.501	0.297	0.207	
USFA	ST	68.61 ^{Aab}	67.57 ^{Ab}	68.85 ^{Aa}	68.80 ^{Aa}	0.257
	LT	67.01 ^{Ba}	67.80 ^{Aa}	66.94 ^{Ba}	66.94 ^{Ba}	0.441
	SEM	0.374	0.501	0.297	0.207	
PUFA	ST	19.93 ^{Ab}	20.94 ^{Aa}	19.60 ^{Ab}	20.11 ^{Ab}	0.175
	LT	17.32 ^{Ba}	15.92 ^{Bb}	16.44 ^{Bab}	17.63 ^{Ba}	0.341
	SEM	0.193	0.236	0.439	0.088	
MUFA	ST	48.67 ^{Aa}	46.63 ^{Bb}	49.25 ^{Aa}	48.69 ^{Aa}	0.305
	LT	49.69 ^{Aab}	51.88 ^{Aa}	50.50 ^{Aab}	49.31 ^{Ab}	0.550
	SEM	0.440	0.623	0.408	0.207	
W3/W6	ST	0.05 ^{Bb}	0.05 ^{Bb}	0.06 ^{Aa}	0.05 ^{Bb}	0.001
	LT	0.06 ^{Ab}	0.07 ^{Aa}	0.06 ^{Ab}	0.06 ^{Ab}	0.001
	SEM	0.000	0.000	0.002	0.001	

^{A-B} Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ SEM; Standard error of means

²⁾ CT; chicken thigh meat from conventional farm, WT; chicken thigh meat from animal welfare farm

4. 4차년도 연도결과

가. 실험방법

□ 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계(브로일러)의 품질·영양기능물질 비교

(1) 재료

- 실험에 이용한 육계는 일반육계(n=10)와 현재 유통 중인 동물복지 브랜드(하림, 올품, 참프레) 각각 10수씩 도계 후 바로 구입하여 냉장온도(4±2℃)에서 실험실로 이동한 후 다리육과 가슴육을 발골하여 실험에 이용하였다.

(2) 일반성분

- 일반성분 조성 분석은 AOAC의 방법(1995)에 따라 수분, 조지방, 조회분, 조단백질 함량을 측정하였다. 수분은 105℃ 상압가열건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550℃ 건식회화법, 조단백질은 Kjeldahl법을 이용하여 분석하였다. 열량은 단백질 1g당 4Kcal, 지방 1g당 9Kcal를 각각 곱하여 나타내었다.

(3) pH

- 시료 10g을 90mL의 증류수와 함께 homogenizer(PolyTron ® PT-2500E, Kinematica, Switzerland)한 후, pH meter(Orion 230A, Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, MA, USA)로 측정하였다.

(4) 육색

- 육색은 색차계(Colormeter CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. Lightness(L*, 명도), redness(a*, 적색도), yellowness(b*, 황색도)의 값은 동일한 방법으로 반복 측정하여 평균값을 나타내었다.

(5) 보수력

- 원심분리법으로 보수력을 측정하기 위하여 시험관에 근막(힘줄)을 제거한 시료를 약 0.5g 측정하여 80℃의 항온 수조에서 20분간 가열하였다. 가열 후 10분 동안 실온에서 방냉하였으며, 2,000×g에서 20분간 원심분리한 다음 시료의 무게를 측정하였다. 보수력은 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{보수력(\%)} = [(\text{총 수분} - \text{유리수분}) / \text{총 수분}] \times 100$$

$$\text{유리수분} = [(\text{원심분리 전 무게} - \text{원심분리 후 무게}) / (\text{시료} \times \text{지방계수})] \times 100$$

$$\text{지방계수} = 1 - (\text{지방함량}) / 100$$

(6) 휘발성염기태질소(volatile basic nitrogen)

- 시료 내 VBN 함량은 Conway unit을 사용하는 미량확산법을 이용하여 측정하였다(Kim et al., 2018). 시료 10g에 50mL 증류수를 넣고 30분간 교반을 실시한 후 여과지(Whatman No.1)를 이용하여 여과하였다. Conway unit 외실에는 시료 여과액과 포화 K₂CO₃ 각각 1mL을 넣고 내실에는 0.01N H₂SO₄ 1mL을 첨가하여 즉시 밀폐하였다. 밀폐한 Conway unit을 25°C 암실에서 1시간 방치한 후 Conway unit 내실에 Brunswik 지시약(0.2g methyl red와 0.1g methylene blue/100mL ethanol)을 첨가하고 0.01N NaOH로 적정하였다. 휘발성 염기태 질소의 함량은 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{VBN (mg/100g)} = 0.14 \times (b-a) \times F \div W \times 100 \times D$$

a : 시료의 적정한 NaOH의 양 (mL), b : 공시료의 적정한 NaOH의 양(mL),

F : 0.01N NaOH의 표준화 지수, W : 시료의 무게 (g), D : 회석배수

(7) Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

- TBARS 측정은 Buege & Aust (1978)의 방법을 이용하였다. 시료 5g에 15mL 증류수를 넣은 후 7.2% butylated hydroxyl toluene 0.05μL를 첨가하여 균질하였다. 균질액 1mL에 2mL의 20mM 2-Thiobarbituric acid (in 15% Trichroacetic acid) 시약을 가하고, 90°C에서 15분간 가열하였다. 가열 후 찬물에서 10분간 식힌 다음 2,000×g에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리 후 상층액을 UV/VIS spectrophotometer (Molecular Device, M2e, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 531nm 에서 흡광도를 측정하였고, 공시료는 시료대신 증류수를 가하여 같은 방법으로 측정하였다. TBARS 값은 흡광도 수치에 5.88을 곱하여 나타내었다.

$$\text{TBARS값(mg malondialdehyde/kg Sample)} = (\text{시료 흡광도} - \text{공시료 흡광도}) \times 5.88$$

(8) 미생물(총균수, 대장균/군)

- 총균수와 대장균/대장균군은 Petrifilm (Aerobic Count Plates, Coliform/E.coli Count Plates, 3M, USA)을 이용하여 측정하였다. 시료 10g을 채취한 다음 멸균 생리 식염수 90mL과 함께 멸균 bag에 넣고, stomacher (BagMixer 400; Interscience, France)를 이용하여 1분 동안 균질화하였다. 균질액을 멸균 생리 식염수로 희석하여 Petrifilm에 1mL를 접종하였다. Petrifilm은 37°C에서 48시간 배양한 후, 균락 수를 계수하여 나타내었다.

(9) 지방산조성

- 지방산 분석은 Folch(1957)등의 방법에 따라 Folch 용액(chloroform:methanol=2:1)을 사용하여 지방을 추출하였으며, 시료를 시험관에 취한 후, 0.5N의 NaOH-메탄올 용액 1.5mL를 첨가하여 vortex로 혼합한 뒤에 100°C에서 5분 동안 가열하였다. 다음 찬물에서 냉각 후, BF₃ -메탄올 용액(약 10%,

Supelco, Bellefonte, PA, USA) 2mL를 첨가하고 vortex 한 후에 100°C에서 2분 동안 다시 가열한 후 냉각하였다. 다음 지방산 메틸에스테르(fatty acid methyl ester, FAME)들을 추출하기 위하여 iso-octane 2mL를 첨가한 후 1분 동안 vortex 하였다. 다음 포화 NaCl용액 1mL를 가한 후 1분 동안 충분히 vortex 한 후에, 원심분리기(2,000 rpm, 3분)를 이용하여 층분리 하였다. FAME를 포함한 상층액(iso-octane층)을 GC vial에 옮겨 분석하였다.

[표 2-3-104] GC operating conditions for determination of fatty acid

Item	Condition
Instrument	Agilent 6890N, Agilent Technologies, USA
Column	Omegawax250 (30 mx 0.25 mm id, 0.25 um film thickness; Supelco, Bellefonte, PA, USA)
Detector	Flame Ionization Detector
Carrier gas	Helium(99.99%, Research purity)
Column flow rate	1.2 mL/min
Split ratio	100:1, 1μL (Injection volume)
Injection port temperature	250°C
Detection port temperature	260°C
Oven temperature	150°C, hold for 2min 4°C/min up to 220°C, hold for 30min

(10) 전단력

- 시료를 polyethylene bag에 넣고 식육의 심부 온도가 73±2°C에 도달할 때까지 항온수조에서 45분간 가열한 후, 근섬유 방향과 직각이 되도록 3 × 1 × 2cm로 잘라 준비하였다. 전단력은 Texture Analyzer TA 1(LLOYD instruments, Fareham, UK)를 이용하여 V blade로 측정하였다. Texture Analyzer의 측정 조건은 500N load cell을 사용하였으며, cross-head speed은 50mm/min이었다.

(11) Creatine, creatinine, carnosine, anserine

- 식육 내 creatine, creatinine 및 di-peptide (carnosine, anserine) 함량은 Mora et al. (2007)의 방법을 이용하였다. 시료 2.5g에 0.01N HCl 7.5mL을 첨가하여 균질하였다. 균질 후 4°C에서 3,000×g으

로 30분간 원심분리한 후 상층액을 Whatman Glass microfiber Filter GF/C를 이용하여 여과하였다. 여과액 250 μ L를 acetonitrile 750 μ L와 혼합하여 4 $^{\circ}$ C에서 20분간 반응시켰다. 반응 후, 10,000 \times g에서 10분 동안 원심 분리한 후 상층액을 0.22 μ m membrane filter로 여과하여 HPLC (Agilent Infinity 1260 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA) 분석에 이용하였다. 분석 컬럼은 Atlantis HILIC silica column (150 \times 4.6mm, 3.0 μ m, Waters, USA)을 사용하였으며, 컬럼 온도는 35 $^{\circ}$ C로 하였다. 이동상A는 0.65mM ammonium acetate/acetonitrile (pH 5.50, 35:75(v/v)), 이동상B는 0.55mM ammonium acetate/acetonitrile (pH 5.50, 70:30(v/v))로 B 용매를 1.2mL/min의 유속으로 13분 동안 linear gradient (0~100%) 방법으로 분석하였다. Creatine, anserine, carnosine은 214nm에서 검출하였으며, creatinine은 236nm에서 검출하였으며, 각각 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 mg/100g로 나타내었다.

(12) 관능평가

- 관능적 특성은 잘 훈련된 관능검사요원 15명을 선발하여 각 시험구별로 9점 척도법으로 실시하였다. 관능 항목은 육색, 맛, 냄새, 풍미, 연도, 다즙성, 종합적 기호도로 9점 척도법으로 평가하였다. 즉, 각 검사 요인별로 육색, 냄새, 맛, 풍미, 종합적 기호도는 1점이 '매우 나쁘다', 9점이 '매우 좋다'로 평가하고, 다즙성은 1점이 '매우 건조하다', 9점이 '매우 다즙하다'로, 연도는 1점이 '매우 질기다' 9점이 '매우 연하다', 조직감은 1점이 '매우 푸석하다' 9점이 '매우 쫄깃하다'로 평가하였다.

(13) 무기질

- 미네랄 성분은 시료를 질산 습식법으로 전처리 후 유도결합플라즈마 분광기(OPTIMA 7300 DV, PerkinElmer, Shelton, CT, USA)로 분석하였다.

(14) 핵산물질

- 시료 5g에 0.7M PCA 용액 25mL을 첨가한 후 균질화하였다. 균질물을 0 $^{\circ}$ C, 2,000 \times g에서 15분 동안 원심분리하여 Whatman filter paper No.4로 여과하여 수집하고, 나머지 침전물에 0.7M PCA 용액 25mL을 첨가하여 위와 같은 조건으로 2회 반복하여 추출한 다음 상층액을 혼합하였다. 여과된 상층액을 5N KOH 용액을 사용하여 pH 6.5가 되도록 조절하였다. 적정이 완료된 시료는 0.7M PCA 용액(pH 6.5)으로 최종 부피가 100mL가 되도록 조절한 후 0 $^{\circ}$ C에서 30분간 방치하였다. 이후 잘 혼합하여 상층액을 0.22 μ m syringe filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다. 분석조건은 다음과 같다.

[표 2-3-105] HPLC operating conditions for determination of nucleotide related compounds

Item	Condition
Instrument	Agilent Infinity 1260 series, Agilent Technologies, USA
Column	Nova-Pak C18 column (3.9 X 150mm, 4 μ m, waters, USA)
Column temperature	40 $^{\circ}$ C
Mobile phase	1% trimethylamine(phosphoric acid, pH6.5)
flow rate	1mL/min
Injection volume	10 μ L
Detector	254nm

(15) 휘발성 향기 물질(Volatile organic compounds, VOCs)

○ 휘발성 향기성분은 Del Pulgar와 Ruiz-Carrascal(2013)의 방법에 따라 headspace solid phase microextraction(HS-SPME)법으로 추출하였다. SPME용 20mL vial에 시료를 2g씩 계량하여 septa와 crimp cap을 사용하여 밀봉하였다. 밀봉된 vial을 항온수조(60 $^{\circ}$ C)에서 25분 동안 headspace내 휘발성 향기성분의 평형상태를 유도하였으며, SPME fiber(50/30 μ m DVB/Carboxen/PDMS, Supelco, Bellefonte, PA, USA)를 이용하여 headspace상에 needle을 노출시켜 휘발성 향기성분을 30분간 흡착시켰다. SPME fiber에 흡착된 휘발성 향기성분은 Agilent 8890 GC/5977B MSD (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. 이동상은 He를 사용하였고, 분석용 컬럼으로 DB-5MS column(30m \times 0.25mm id, 0.25 μ m)을 사용 하였으며, 유속은 1.3mL/min로 하였다. 주입구의 온도는 250 $^{\circ}$ C, 검출기의 온도는 280 $^{\circ}$ C로 하였고, 오븐은 gradient mode로 40 $^{\circ}$ C에서 10분간 유지하고 5 $^{\circ}$ C/min 속도로 250 $^{\circ}$ C까지 증가시킨 후 5분간 유지하였다. SPME fiber에 흡착된 향기성분은 injector에 주입 후 15분간 노출시켜 탈착시켰다. 시료에 함유되어 있는 향기성분은 Alkanes 표준물질(C10~C26)을 이용한 linear retention index(LRI) 및 MS library data(NIST21 mass spectral library, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA)에 의하여 동정하였으며, 향기성분의 함량은 area unit(a.u.)의 1 \times 10⁶으로 나타내었다.

(16) 통계분석

○ 본 실험의 결과는 SAS 프로그램의 General Linear Model(GLM)을 이용하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA) 후 Tukey 방법에 의해 p<0.05 수준에서 유의성을 검정하였다. 결과는 평균값과 평균값의 표준평균 오차(standard error of means, SEM)으로 나타내었다. 모든 분석은 3반복 이상 실시하였다.

□ 일반 및 동물복지 환경요인과 육계(브로일러)의 품질·영양기능성분 간의 상관관계 비교

(1) 데이터수집 및 통계분석

- 1~3차년간 수집한 총 60수에 대해 환경요인으로 일반 환경과 복지 환경에 따른 육계(브로일러)의 품질·영양기능성분 간의 상관관계를 비교하고자 하였다. 일반과 복지 육계에 대해 SAS 프로그램의 General Linear Model(GLM)을 이용하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA) 후 Tukey 방법에 의해 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다. 결과는 평균값과 평균값의 표준평균오차(standard error of means, SEM)으로 나타내었다.

□ 일반 및 동물복지 도축요인과 육계(브로일러)의 품질·영양기능성분 간의 상관관계 비교

(1) 데이터수집 및 통계분석

- 1~3차년간 수집한 데이터를 바탕으로 도축요인으로 기절방법에 따라 가스기절법($CO_2 + O_2$, O_2)과 자격법으로 나누어 육계(브로일러)의 품질·영양기능성분 간의 상관관계를 비교하고자 하였다. 기절방법에 따라 SAS 프로그램의 General Linear Model(GLM)을 이용하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA) 후 Tukey 방법에 의해 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

나. 실험결과

□ 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계(브로일러)의 품질·영양기능물질 비교

[표 2-3-106] Proximate composition (%) of commercial chicken meat from conventional and animal welfare farm distributed in Korea

Trait	Conventional	Animal welfare farm			SEM ¹⁾
	farm	Harim	Orpum	Chamfre	
Breast meat					
Moisture	75.45 ^b	75.62 ^b	76.18 ^a	75.34 ^b	0.118
Crude protein	22.15 ^b	22.41 ^b	22.94 ^a	23.26 ^a	0.137
Crude fat	1.29 ^a	1.28 ^a	1.09 ^b	1.28 ^a	0.048
Crude ash	1.39 ^a	1.41 ^a	1.11 ^b	1.36 ^a	0.027
Thigh meat					
Moisture	75.59 ^b	75.75 ^b	76.52 ^a	76.48 ^a	0.175
Crude protein	17.8	17.96	24.03	19.95	2.241
Crude fat	6.29 ^a	6.22 ^a	4.25 ^b	3.79 ^b	0.187
Crude ash	1.39 ^a	1.41 ^a	1.02 ^b	1.15 ^b	0.041

^{a-b} Means within a row with different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

¹⁾SEM; Standard error of means

- 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계의 품질·영양기능물질을 비교하기 위해 일반육계와 복지 브랜드별 육계의 일반성분을 비교 분석을 진행한 결과, 올품 복지 닭 가슴육이 유의적으로 높은 수분함량과 낮은 조지방과 조회분 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 다리육은 올품과 참프레가 높은 수분함량과 낮은 조지방, 조회분 함량을 나타내었다($p < 0.05$).

[표 2-3-107] Physicochemical properties and shear force of commercial chicken meat from conventional and animal welfare farm distributed in Korea

Trait	Conventional farm	Animal welfare farm			SEM ¹⁾
		Harim	Orpum	Chamfre	
Breast meat					
pH	6.06	6.03	6.03	6.08	0.022
WHC (%)	51.45 ^{ab}	51.90 ^a	42.37 ^c	47.11 ^b	1.198
CIE L*	53.24 ^a	53.51 ^a	50.81 ^b	51.67 ^b	0.274
CIE a*	1.58 ^b	1.92 ^a	1.40 ^b	1.84 ^a	0.070
CIE b*	4.35 ^b	4.51 ^b	6.04 ^a	5.20 ^{ab}	0.261
Shear force (N)	22.97 ^c	25.60 ^b	22.91 ^c	27.93 ^a	0.476
Thigh meat					
pH	6.51 ^{ab}	6.48 ^b	6.50 ^b	6.57 ^a	0.018
WHC (%)	57.11 ^b	55.84 ^b	70.45 ^a	56.47 ^b	0.845
CIE L*	54.70 ^a	54.47 ^a	52.58 ^b	54.78 ^a	0.309
CIE a*	7.03 ^{bc}	7.65 ^b	6.74 ^c	8.80 ^a	0.233
CIE b*	7.29 ^b	7.34 ^b	8.81 ^a	9.14 ^a	0.238
Shear force (N)	16.66 ^b	24.65 ^a	17.58 ^b	22.60 ^a	0.765

^{a-c} Means within a row with different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

¹⁾SEM; Standard error of means

- 이화학적 특성 분석 결과, 복지 브랜드중 올품과 참프레가 일반육계와 하림 복지 가슴육보다 유의적으로 낮은 보수력을 나타내었으며 낮은 명도(lightness)를 나타내었다($p < 0.05$). a*값은 하림과 참프레 복지 가슴육에서 높게 나타났으며, b*값은 올품 복지 가슴육이 높았다($p < 0.05$). 가슴육의 전단력은 참프레에서 가장 높아 단단한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 다리육의 경우 올품 복지 다리육이 가장 높은 보수력을 나타내었으며, 낮은 L*값과 a*값 그리고 높은 b*값을 나타내었다($p < 0.05$). 다리육의 전단력은 하림과 참프레 복지 다리육에서 가장 높아 단단한 것으로 나타났다($p < 0.05$).

[표 2-3-108] Microorganisms of chicken meat from commercial conventional and animal welfare farm distributed in Korea (Log CFU/g)

Trait	Conventional farm	Animal welfare farm			SEM ¹⁾
		Harim	Orpum	Chamfre	
Breast meat					
Aerobic bacteria	2.77 ^a	2.48 ^b	2.15 ^c	2.39 ^{bc}	0.067
E.coli	0.00	0.00	0.10	0.10	0.039
Coliform	0.17 ^b	0.08 ^b	0.39 ^{ab}	0.68 ^a	0.096
Thigh meat					
Aerobic bacteria	2.71 ^a	2.46 ^b	2.71 ^a	2.68 ^a	0.061
E.coli	0.00 ^b	0.00 ^b	0.12 ^b	0.80 ^a	0.077
Coliform	0.09 ^b	0.08 ^b	0.59 ^a	0.30 ^{ab}	0.081

^{a-c} Means within a row with different superscript differ significantly at p<0.05.

¹⁾SEM; Standard error of means

- 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계의 미생물수 분석 결과, 2.15~2.77 Log CFU/g의 일반세균수를 나타내어 신선한 것으로 판단되었다. 하림, 올품, 참프레 복지 가슴육은 일반육계 가슴육보다 유의적으로 낮은 일반세균수를 나타내었다. 대장균은 0.00~0.10 Log CFU/g 수준으로 검출되었으며, 0.08~0.68 Log CFU/g의 대장균군이 검출되었다. 다리육의 경우 하림 복지 다리육에서 유의적으로 가장 낮은 일반세균수를 나타냈다. 대장균은 0.00~0.80 Log CFU/g 수준으로 검출되었으며, 0.08~0.59 Log CFU/g의 대장균군이 검출되었다.

[표 2-3-109] TBARS (mg MDA/kg) and VBN content (mg/100 g) of commercial chicken meat from conventional and animal welfare farm distributed in Korea

Trait	Conventional farm	Animal welfare farm			SEM ¹⁾
		Harim	Orpum	Chamfre	
Breast meat					
TBARS	0.113 ^a	0.105 ^{ab}	0.101 ^b	0.096 ^b	0.003
VBN	9.82 ^{ab}	9.13 ^b	10.50 ^a	9.81 ^{ab}	0.306
Thigh meat					
TBARS	0.25 ^a	0.21 ^b	0.19 ^b	0.15 ^c	0.009
VBN	8.79 ^a	8.52 ^a	7.22 ^b	7.17 ^b	0.253

^{a-c} Means within a row with different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

¹SEM; Standard error of means

○ 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계의 TBARS와 VBN 함량 분석 결과 가슴육은 0.096~0.113 mg MDA/kg의 TBARS 함량을 나타내었으며, 9.13~10.50 mg/100g의 VBN 함량을 나타내었다. 일반과 복지 또는 복지 브랜드에 따른 큰 차이를 보이지 않았다. 다리육은 0.15~0.25 mg MDA/kg TBARS 함량을 나타내었으며, 참프레 복지 다리육이 가장 낮은 TBARS 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 다리육의 VBN 함량은 7.17~8.52 mg/100g을 나타내었으며 올품과 참프레 복지 다리육의 일반육계 다리육보다 유의적으로 낮은 VBN 함량을 나타내었다.

[표 2-3-110] Creatinine, creatine, carnosine, and anserine content (mg/100 g) of commercial chicken meat from conventional and animal welfare farm distributed in Korea

Trait	Conventional	Animal welfare farm			SEM ¹⁾
	farm	Harim	Orpum	Chamfre	
Breast meat					
Creatinine	2.11 ^b	2.04 ^{bc}	1.67 ^c	2.96 ^a	0.128
Creatine	343.98 ^c	345.59 ^c	491.60 ^a	397.26 ^b	8.244
Carnosine	101.69 ^{bc}	111.13 ^b	193.99 ^a	87.41 ^c	4.532
Anserine	203.67 ^d	242.83 ^c	523.24 ^a	366.20 ^b	11.298
Carnosine/A nserine	0.48 ^a	0.47 ^a	0.39 ^b	0.25 ^c	0.018
Thigh meat					
Creatinine	2.51 ^b	2.03 ^b	3.24 ^a	2.34 ^b	0.164
Creatine	341.57 ^c	356.81 ^{bc}	410.45 ^a	361.67 ^b	4.694
Carnosine	60.12 ^c	78.34 ^b	100.35 ^a	69.00 ^b	3.095
Anserine	133.25 ^d	158.03 ^c	220.03 ^a	184.36 ^b	5.110
Carnosine/A nserine	0.46 ^{ab}	0.50 ^a	0.48 ^a	0.39 ^b	0.023

^{a-d} Means within a row with different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

¹SEM; Standard error of means

○ 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계의 creatinine, creatine, carnosine, anserine 함량 분석 결과는 [표 2-3-110]에 나타내었다. 가슴육 내 creatinine 함량은 참프레 복지 가슴육에서 2.96 mg/100g으로 가장 높게 나타났($p < 0.05$). 반면에 creatine은 올품 복지 가슴육에서 491.60 mg/100g으로 가장 높게 나타났($p < 0.05$). Carnosine과 anserine 함량은 올품 복지 가슴육에서 가장 높게 나타났($p < 0.05$). 특히 anserine 함량은 모든 브랜드 복지 가슴육이 일반 가슴육보다 유의적으로 높았다. 다리육의 경우 올품 복지 다리육이 가장 높은 creatinine, creatine, carnosine, anserine 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 특히 모든 브랜드 복지 다리육은 일반 다리육보다 높은 creatine, carnosine, anserine 함량을 나타내었다($p < 0.05$)

[표 2-3-111] Sensory characteristics of chicken meat from commercial conventional and animal welfare farm distributed in Korea

Trait	Conventional farm	Animal welfare farm			SEM ¹⁾
		Harim	Orpum	Chamfre	
Breast meat					
Color	7.29	7.33	7.40	7.47	0.233
Aroma	6.89	7.00	7.23	7.40	0.220
Taste	7.18	6.80	7.07	7.07	0.276
Flavor	6.91 ^a	5.27 ^b	6.97 ^a	6.27 ^{ab}	0.367
Juiciness	6.11	5.93	6.40	7.00	0.310
Tenderness	6.11	5.27	5.93	5.80	0.349
Texture	5.60 ^b	7.00 ^a	7.17 ^a	7.03 ^a	0.227
Overall acceptability	6.79	7.00	7.23	7.03	0.230
Thigh meat					
Color	6.82	7.33	6.93	7.73	0.257
Aroma	6.62 ^b	7.13 ^{ab}	7.07 ^{ab}	7.80 ^a	0.272
Taste	7.09	7.40	6.67	7.47	0.275
Flavor	6.73	7.00	6.60	7.60	0.281
Juiciness	7.09 ^{ab}	6.73 ^b	6.90 ^{ab}	7.67 ^a	0.249
Tenderness	7.31	6.80	6.67	7.07	0.341
Texture	7.16	6.93	7.07	7.80	0.237
Overall acceptability	7.09	7.20	6.97	7.73	0.217

^{a-b} Means within a row with different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

¹⁾SEM; Standard error of means

- 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계의 관능특성 분석 결과는 [표 2-3-111]에 나타내었다. 관능패널들은 일반육계와 브랜드별 복지육계의 관능적 특성 차이를 크게 느끼지 못하였으나, 하림 복지 가슴육은 일반육계와 올품 복지 가슴육보다 낮은 풍미를 나타내었으며($p < 0.05$), 모든 브랜드 복지 가슴육은 일반육계 보다 높은 조직감 선호도를 나타내어($p < 0.05$) 쫄깃하다고 판단되었다. 일반육계 다리육은 챔프레 복지 다리육보다 낮은 냄새 선호도를 나타내었으며($p < 0.05$), 다즙성이 높은 경향을 나타내었다.

[표 2-3-112] Mineral contents (mg/100 g) of chicken meat from commercial conventional and animal welfare farm distributed in Korea

Trait	Conventional farm	Animal welfare farm			SEM ¹⁾
		Harim	Orpum	Chamfre	
Breast meat					
Ca	2.95 ^c	3.21 ^b	3.93 ^a	3.00 ^b ^c	0.063
K	303.83 ^c	323.51 ^a	309.42 ^{bc}	318.24 ^{ab}	2.599
Mg	27.44 ^b	27.43 ^b	26.86 ^b	29.70 ^a	0.226
Na	45.72 ^a	44.89 ^a	38.93 ^b	43.58 ^a	0.798
P	207.00 ^b	205.59 ^b	204.83 ^b	218.94 ^a	1.039
Total	586.93 ^b	604.62 ^a	583.97 ^b	613.46 ^a	3.395
Thigh meat					
Ca	3.25 ^d	4.53 ^b	5.57 ^a	3.80 ^c	0.139
K	284.87 ^a	290.57 ^a	253.50 ^b	254.46 ^b	2.511
Mg	25.49 ^a	23.06 ^b	21.98 ^c	21.48 ^c	0.257
Na	50.96 ^c	64.74 ^b	69.89 ^a	65.06 ^b	1.129
P	195.71 ^a	183.87 ^b	181.21 ^b	174.42 ^c	1.587
Total	560.29 ^a	566.76 ^a	532.17 ^b	519.22 ^b	3.532

^{a-d} Means within a row with different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

¹⁾SEM; Standard error of means

- 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계의 무기질 함량 분석 결과는 [표 2-3-112]에 나타내었다. 올팜 복지 가슴육은 유의적으로 높은 Ca 함량을 나타내었으며, 하림 복지 가슴육은 높은 K 함량을 나타내었다. 또한 챔프레 복지 가슴육은 높은 P 함량을 나타내었으며, 최종적으로 5가지의 주요 무기질 함량의 합이 하림과 챔프레 복지 가슴육에서 높게 나타났($p < 0.05$). 다리육의 경우 올팜 복지 다리육의 높은 Ca 함량을 나타내었으며, 일반육계 다리육이 높은 K, Mg, P 함량을 나타내었다($p < 0.05$). 최종적으로 5가지의 주요 무기질 함량의 합이 일반육계와 하림 복지 다리육에서 높게 나타났($p < 0.05$).

[표 2-3-113] Nucleotide-related compounds (mg/100 g) of commercial chicken meat from conventional and animal welfare farm distributed in Korea

Trait	Conventional farm	Animal welfare farm			SEM ¹⁾
		Harim	Orpum	Chamfre	
Breast meat					
Hx	15.96 ^c	14.79 ^c	18.79 ^b	23.38 ^a	0.472
IMP	275.84 ^a	270.59 ^a	211.97 ^b	267.63 ^a	4.470
Inosine	71.60 ^b	53.91 ^c	82.76 ^a	81.99 ^a	1.476
AMP	8.49 ^b	5.96 ^d	7.80 ^c	17.91 ^a	0.041
ADP	8.31 ^c	8.67 ^b	7.85 ^d	17.31 ^a	0.041
ATP	9.55 ^b	9.18 ^c	9.27 ^c	13.14 ^a	0.071
Thigh meat					
Hx	26.11 ^c	20.46 ^d	28.42 ^b	34.14 ^a	0.509
IMP	171.54 ^b	182.47 ^a	138.19 ^c	166.74 ^b	2.686
Inosine	48.89 ^a	42.35 ^c	42.40 ^c	45.79 ^b	0.837
AMP	18.07 ^a	8.40 ^c	7.84 ^c	16.21 ^b	0.294
ADP	16.95 ^a	10.50 ^b	7.15 ^c	17.14 ^a	0.146
ATP	10.86 ^a	9.47 ^a	8.71 ^c	10.84 ^a	0.150

^{a-d} Means within a row with different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

¹⁾SEM; Standard error of means

- 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계의 핵산물질 함량 분석 결과는 [표 2-3-113]에 나타내었다. 가슴육의 경우, 일반육계와 하림 복지 가슴육이 유의적으로 낮은 Hx 함량과 높은 IMP 함량을 나타내었다. 또한, 올폼과 챔프레 복지 가슴육의 높은 inosine 함량을 나타내었다. Hx는 쓴 맛을 낸다고 알려져 있으며, IMP와 inosine은 감칠맛을 나타낸다고 보고되었다. 다리육 또한 하림 복지 다리육의 가장 낮은 Hx 함량과 높은 IMP 함량을 나타내었다($p < 0.05$). Inosine 함량은 일반육계에서 가장 높게 나타났다($p < 0.05$)

[표 2-3-114] Fatty acid composition of commercial chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm distributed in Korea

Fatty acid	Conventional	Animal welfare farm			SEM ¹⁾
	farm	Harim	Orpum	Chamfre	
C14:0 (myristic acid)	0.75 ^c	0.91 ^a	0.80 ^{bc}	0.83 ^b	0.014
C16:0 (palmitic acid)	23.76 ^a	23.98 ^a	23.61 ^a	22.39 ^b	0.137
C16:1n7 (palmitoleic acid)	6.44 ^a	6.45 ^a	5.87 ^b	5.17 ^c	0.130
C18:0 (stearic acid)	6.56 ^b	6.47 ^b	7.28 ^a	7.19 ^a	0.090
C18:1n9 (oleic acid)	40.00 ^a	40.01 ^a	38.85 ^b	37.18 ^c	0.192
C18:1n7 (vaccenic acid)	2.42 ^{ab}	2.40 ^b	2.43 ^{ab}	2.50 ^a	0.027
C18:2n6 (linoleic acid)	16.70 ^b	16.81 ^b	17.27 ^b	19.82 ^a	0.239
C18:3n6 r-linolenic acid)	0.27 ^a	0.18 ^b	0.20 ^b	0.20 ^b	0.014
C18:3n3 (a-linolenic acid)	0.91 ^b	0.86 ^b	0.85 ^b	1.48 ^a	0.021
C20:1n9 (eicosenoic acid)	0.52	0.43	0.41	0.47	0.037
C20:4n6 (arachidonic acid)	0.98 ^b	0.96 ^b	1.74 ^a	1.86 ^a	0.064
C20:5n3 (eicosapentaenoic acid)	0.24	0.16	0.14	0.19	0.028
C22:4n6 (adrenic acid)	0.28 ^c	0.24 ^c	0.43 ^b	0.52 ^a	0.019
C22:6n3 (docosahexaenoic acid)	0.17 ^{ab}	0.14 ^{bc}	0.12 ^c	0.20 ^a	0.010
²⁾ SFA	31.07 ^b	31.35 ^{ab}	31.68 ^a	30.41 ^c	0.156
³⁾ UFA	68.93 ^b	68.65 ^{bc}	68.32 ^c	69.59 ^a	0.156
⁴⁾ MUFA	49.39 ^a	49.28 ^a	47.56 ^b	45.33 ^c	0.261
⁵⁾ PUFA	19.54 ^c	19.37 ^c	20.76 ^b	24.26 ^a	0.277
MUFA/SFA	1.59 ^a	1.57 ^a	1.50 ^b	1.49 ^b	0.012
PUFA/SFA	0.63 ^b	0.62 ^b	0.66 ^b	0.80 ^a	0.011

^{a-c} Means within a row with different superscript differ significantly at $p < 0.05$. ¹⁾SEM; Standard error of means. ²⁾SFA, saturated fatty acid; ³⁾UFA, unsaturated fatty acid; ⁴⁾MUFA, monounsaturated fatty acid; ⁵⁾PUFA, polyunsaturated fatty acid.

○ 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계 다리육의 주요 지방산은 palmitic acid (C16:0), oleic acid (C18:1n9), linoleic acid (C18:2n6)으로 나타났다. 일반육계와 하림 복지 다리육은 낮은 stearic acid(C18:0) 함량을 나타내었으며($p < 0.05$), 이는 관능에 부정적인 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 또한, 관능에 긍정적인 영향을 준다고 알려져 있는 oleic acid와 단가불포화지방산(MUFA)의 비율은 일반육계와 하림 복지 다리육에서 높게 나타났다($p < 0.05$). 필수지방산중 linoleic acid와 a-linolenic acid (C18:3n3), docosahexaenoic acid (C22:6n3)은 챔프레 복지 다리육에서 유의적으로 가장 높게 나타났다($p < 0.05$). 총 포화지방산 비율은 30.41~31.68%를 나타내었으며, 올품 복지 다리육에서 가장 낮게 나타났다($p < 0.05$).

[표 2-3-115] Volatile organic compounds of chicken breast meat from conventional and animal welfare farm (단위 A.U. ×10⁶)

Volatile organic compounds	m/z ¹⁾	LRI ²⁾	Conventi	Animal welfare farm			SEM ³⁾
			-onal farm	Harim	Orpum	Chamfre	
Alcohols							
(R)-(-)-(Z)-14-Methyl-8-hexadecen-1-ol	77	1894	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001
1,1,3,3,5,5,7,7-Octamethyl-7-(2-methylpropoxy)tetrakisiloxan-1-ol	281	1241	0.186	0.676	0.475	0.638	0.205
1,2-Oxaborolane, 2-ethyl-4,5-dimethyl-1-Decanol	42.1	703	0.001	0.000	0.002	0.000	0.001
1-Dodecanol	57	1392	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001
1-Hexadecanol	57	1477	0.006 ^b	0.008 ^b	0.008 ^b	0.013 ^a	0.001
1H-1,2,3,4-Tetrazol-5-amine, 1-methyl-1-Heptanol	57	634	0.000	0.013	0.020	0.000	0.007
1-Hexadecanol	70	956	0.068	0.125	0.147	0.086	0.021
1-Hexadecanol	57	1881	0.007	0.008	0.008	0.013	0.002
1-Hexanol, 2-ethyl-	57.1	1030	0.207 ^b	0.308 ^b	0.438 ^a	0.282 ^b	0.034
1-Hexanol, 4-methyl-	56	957	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.035 ^a	0.009
1-Hexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-1H-Tetrazol-5-amine	57.1	1061	0.035	0.027	0.040	0.010	0.013
1-Nonanol	57	1389	0.000	0.019	0.003	0.006	0.006
1-Nonanol	56.1	1175	0.008 ^b	0.000 ^b	0.012 ^{ab}	0.023 ^a	0.003
1-Nonen-4-ol	71	1100	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
1-Octadecanol	83	2083	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
1-Octanol	56.1	1077	0.091	0.149	0.165	0.157	0.025
1-Octen-3-ol	57.1	968	0.442	0.607	1.262	1.327	0.283
1-Propanol, 2,2-dimethyl-1-Tetrazol-2-ylethanone	57	623	0.000	0.083	0.000	0.050	0.036
43	692	0.000 ^b	0.000 ^b	0.085 ^a	0.000 ^b	0.016	
2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol	109.1	1419	0.000	0.023	0.000	0.000	0.007
2,4-Di-tert-butylphenol	191	1517	0.009	0.000	0.013	0.013	0.005
2,6-Bis(1,1-dimethylethyl)-4-(1-oxopropyl)phenol	233	1641	0.003	0.004	0.005	0.000	0.002
2-Butyl-1,2-oxaborolane	43	938	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001
2-Ethylhexanal ethylene glycol acetal	73	1165	10.640 ^{ab}	8.015 ^{ab}	14.260 ^a	0.000 ^b	2.964
2-Ethylthiolane, S,S-dioxide	83	654	0.016 ^b	0.073 ^a	0.001 ^b	0.004 ^b	0.010
2-Methylthiolane, S,S-dioxide	69	1246	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
2-Octen-1-ol, (E)-	57	1074	0.020	0.036	0.028	0.063	0.012
2-Octen-1-ol, (Z)-	57	1074	0.000 ^b	0.000 ^b	0.041 ^a	0.000 ^b	0.008
2-Propanol, 1-methoxy-	45	656	0.000	0.000	0.000	0.050	0.013
3,4'-Isopropylidenediphenol	213	2178	0.034	0.197	0.182	0.000	0.076
3-Octanol	59	988	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
4-Cyclohexyl-1-butanol	41	1311	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
5H-Tetrazol-5-amine	43.1	962	0.004	0.000	0.005	0.000	0.002
6-Azidotetrazolo(b)pyridazine	78	582	0.000 ^b	0.088 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.016
6-Hepten-1-ol, 2-methyl-	95	986	0.000	0.000	0.000	0.007	0.002
Benzothiazole	134	1222	0.000	0.003	0.003	0.000	0.001
Benzyl alcohol	108	1034	0.001 ^c	0.002 ^c	0.037 ^a	0.018 ^b	0.004
Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-dl-Menthol	71	1174	0.190 ^b	0.408 ^a	0.012 ^c	0.002 ^c	0.034
55	1175	0.000 ^b	0.000 ^b	0.012 ^a	0.000 ^b	0.003	

Geraniol	69	1258	0.015 ^a	0.000 ^b	0.004 ^{ab}	0.009 ^{ab}	0.003
Indole	117	1297	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
Methanol-D4	34	548	0.036 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.009
n-Tridecan-1-ol	57	1592	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001
p-Cresol	107	1084	0.006	0.002	0.003	0.005	0.002
Phenol, 2-methoxy-	109	1093	0.002	0.001	0.000	0.000	0.001
Tetrazolo[1,5-b]1,2,4-triazine, 5,6,7,8-tetrahydro-6,7-dimethyl-	56	776	0.062	0.095	0.190	0.184	0.046
Aldehydes							
2,4-Decadienal, (E,E)-	81	1319	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.009 ^a	0.002
2,4-Heptadien-6-ynal, (E,E)-	105	9332	0.092	0.049	0.126	0.151	0.040
2-Decenal, (E)-	70	1264	0.010 ^b	0.018 ^{ab}	0.019 ^{ab}	0.024 ^a	0.003
2H-Pyran-2-carboxaldehyde, 3,4-dihydro-	83	930	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
2-Octenal, (E)-	57.1	1061	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.031 ^a	0.006
2-Undecenal	70	1365	0.009 ^b	0.015 ^b	0.017 ^{ab}	0.028 ^a	0.003
4,8,12-Tetradecatrienal, 5,9,13-trimethyl-	69	1841	0.008	0.004	0.005	0.000	0.002
5-Ethylcyclopent-1-enecarboxaldehyde	67	1027	0.002	0.000	0.005	0.011	0.005
Benzaldehyde, 2,4-dimethyl-	134	1178	0.000 ^b	0.003 ^{ab}	0.001 ^{ab}	0.008 ^a	0.002
Benzaldehyde, 2-ethyl-	133	1178	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Benzaldehyde, 3,4-dimethyl-	133	1228	0.000	0.001	0.000	0.002	0.001
Benzaldehyde, 3-ethyl-	133	1178	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001
Benzaldehyde, 4-ethyl-	133	1178	0.000	0.002	0.003	0.005	0.002
Benzeneacetaldehyde	91	1042	0.049 ^{ab}	0.039 ^b	0.037 ^b	0.066 ^a	0.005
Decanal	57	1206	0.039	0.060	0.052	0.056	0.008
Dodecanal	57.1	1409	0.010 ^b	0.018 ^{ab}	0.016 ^{ab}	0.020 ^a	0.003
Hexadecanal	57.1	1816	0.010	0.012	0.019	0.023	0.004
Hexanal, 5-methyl-	70.1	840	0.115	0.157	0.219	0.230	0.048
Nonanal	57	1110	0.325	0.391	0.406	0.463	0.076
Octanal	57	997	0.113	0.148	0.177	0.186	0.034
Pentadecanal-	57	1716	0.021 ^b	0.031 ^b	0.046 ^{ab}	0.060 ^a	0.007
Phthalic anhydride	104	1317	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
Propanal, 2,2-dimethyl-	43	567	0.000 ^b	0.726 ^a	0.380 ^{ab}	0.000 ^b	0.156
Propanal, 2-methyl-	43.1	567	0.990 ^a	0.000 ^b	0.684 ^{ab}	0.699 ^{ab}	0.238
Tetradecanal	57.1	1613	0.021 ^b	0.041 ^{ab}	0.040 ^{ab}	0.052 ^a	0.006
Tridecanal	57.1	1513	0.008 ^b	0.017 ^b	0.017 ^b	0.032 ^a	0.004
Trimethylaluminum	57	623	0.366 ^a	0.157 ^b	0.141 ^b	0.281 ^{ab}	0.052
Undecanal	43.1	1311	0.006	0.007	0.006	0.012	0.002
Esters							
(E)-9-Octadecenoic acid ethyl ester	55.1	2167	0.002	0.003	0.002	0.012	0.006
1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	149	1871	0.139 ^a	0.043 ^b	0.041 ^b	0.063 ^{ab}	0.023
1,2-Benzenedicarboxylic acid, butyl 2-methylpropyl ester	149	1933	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001
1,4-Dibutyl benzene-1,4-dicarboxylate	149	1964	0.000 ^b	0.046 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.010
1-Propen-2-ol, acetate	43.1	617	0.000	0.007	0.000	0.000	0.002
2-Butenoic acid, butyl ester	69	1044	0.000	0.000	0.005	0.000	0.002
2-Ethylhexyl methacrylate	55	1275	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
2-Ethylhexyl salicylate	120	1807	0.095	0.165	0.284	0.151	0.058
2-Ethylhexyl trans-4-methoxycinnamate	178	2321	0.016	0.096	0.027	0.037	0.042
2-Fluoro-6-trifluoromethylbenzoic acid, 3,5-difluorophenyl ester	191	1517	0.003	0.009	0.004	0.009	0.003

2-Furanmethanol, tetrahydro-, acetate	71.1	1100	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.013 ^a	0.003
2-Propenoic acid, 3-(4-methoxyphenyl)-, 2-ethylhexyl ester	178	2167	0.013	0.003	0.009	0.000	0.007
Arsenous acid, tris(trimethylsilyl) ester	207	698	13.132	14.067	12.521	15.497	0.997
Benzoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	120	1273	0.005	0.022	0.022	0.009	0.003
Benzoic acid, 4-methyl-, phenyl ester	119	1788	0.005	0.022	0.022	0.001	0.001
Benzoyl isothiocyanate	77	613	0.365	0.525	0.442	0.527	0.099
Benzyl (1,2,3-thiadiazol-4-yl)carbamate	91	635	1.331 ^{ab}	2.086 ^a	1.914 ^a	0.000 ^b	0.384
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	149	2546	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Borinic acid, diethyl-, methyl ester	43	594	0.017	0.000	0.124	0.004	0.033
Butyl isocyanatoacetate	57	564	0.000	0.067	0.000	0.000	0.022
Butylated Hydroxytoluene	205	1518	0.014 ^a	0.018 ^a	0.000 ^b	0.011 ^{ab}	0.003
Butylphosphonic acid, di(2-phenylethyl) ester	104	809	0.000	0.019	0.000	0.000	0.006
Chromium tricarbonyl[(1,2,3,4,5,6-eta)-1,3,5,7-cyclooctatetraene]-	104	810	0.015	0.016	0.096	0.023	0.027
Dibutyl phthalate	149	1956	0.105 ^{ab}	0.038 ^b	0.082 ^{ab}	0.124 ^a	0.021
Dimethyl phthalate	163	1458	0.005	0.000	0.000	0.000	0.001
Di-sec-butyl phthalate	149	1871	0.000	0.003	0.008	0.015	0.005
Ethyl 9-hexadecenoate	69	1973	0.003	0.006	0.004	0.011	0.003
Ethyl isocyanoacetate	56	1096	0.007	0.000	0.000	0.000	0.003
Hexadecanoic acid, butyl ester	56	2186	0.247	0.126	0.238	0.088	0.063
Hexadecanoic acid, ethyl ester	88	1993	0.022	0.023	0.020	0.059	0.012
Hydrogen isocyanate	43.1	551	0.094	0.069	0.517	0.060	0.173
Isopropyl myristate	43	1827	0.012	0.015	0.019	0.007	0.004
Linoleic acid ethyl ester	67	2161	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
Methyl salicylate	120	1193	0.717	0.338	0.833	0.859	0.151
n-Caproic acid vinyl ester	43.1	975	0.215	0.263	0.479	0.526	0.100
Octadecanoic acid, butyl ester	56	2386	0.030	0.012	0.029	0.010	0.008
Pentanoic acid, 2,2,4-trimethyl-3-carboxyisopropyl, isobutyl ester	71	1599	0.038	0.000	0.000	0.000	0.013
Phosphinic acid, diethyl-, methyl ester	79	1034	0.001 ^{ab}	0.002 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000
Phthalic acid, di(2-propylpentyl) ester	149	2546	0.003	0.000	0.006	0.013	0.004
Propanoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	45	813	0.000	0.000	0.000	0.137	0.068
Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,2,4-trimethylpentyl ester	71.1	1375	0.008 ^a	0.000 ^b	0.007 ^{ab}	0.004 ^{ab}	0.002
Tetradecanoic acid, ethyl ester	88	1794	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001
Tetramethylammonium acetate	43.1	908	0.000	0.439	0.000	0.000	0.217
Hydrocarbons							
alpha-Phellandrene	93	1000	0.010 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.003
1,11-Dodecadiene	55	1206	0.000	0.005	0.000	0.000	0.002
1,3,7-Octatrien-5-yne	104	810	0.016 ^b	0.000 ^b	0.202 ^a	0.000 ^b	0.031
1,6-Heptadien-3-yne, 5-methyl-	91	750	0.016	0.027	0.021	0.016	0.013
1-Cycloocten-5-yne, (Z)-	91	765	0.035	0.061	0.041	0.044	0.018
1-Heptene, 2-methyl-	56.1	777	0.000	0.000	0.000	0.024	0.012
1-Hexene, 3,3-dimethyl-	69	703	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001
1-Iodo-2-methylundecane	57	1564	0.000	0.004	0.000	0.000	0.001
1-Octadecyne	57	1817	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
1-Octene, 3,3-dimethyl-	70	1163	0.000	0.003	0.005	0.002	0.002
1-Pentene, 2-methyl-	56	573	0.092 ^b	0.448 ^a	0.096 ^b	0.034 ^b	0.072
1-Tetradecene	55.1	1392	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001
1-Tridecyne	81	1298	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001

2,2,4,4-Tetramethyl-2,4-disilathietane	147	588	0.000 ^b	0.002 ^{ab}	0.001 ^{ab}	0.005 ^a	0.001
2,3-Butanedione	43	591	0.084	0.193	0.092	0.048	0.041
2,4-Dimethyldodecane	85.1	1267	0.000	0.011	0.009	0.000	0.005
2,4-Pentanedione, ion(1-), lithium	106	814	0.005	0.000	0.000	0.000	0.002
2-Heptene, 5-ethyl-2,4-dimethyl-	83.1	972	0.000	0.012	0.000	0.000	0.004
2-Pentene, 5-(pentyloxy)-, (E)-	71.1	1100	0.000	0.000	0.008	0.000	0.002
3,3-Dimethyl-1,2-epoxybutane	42	637	0.241 ^b	0.460 ^{ab}	0.689 ^a	0.487 ^{ab}	0.099
3-Octene, 2,2-dimethyl-	43.1	933	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001
3-Undecene, 5-methyl-	70	1163	0.000	0.003	0.000	0.003	0.002
4-Pyridinecarboxamide	122	1404	0.036	0.071	0.035	0.067	0.023
5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)-	43.1	1455	0.032	0.036	0.026	0.020	0.006
5-Tetradecene, (E)-	55	1392	0.000	0.000	0.000	0.006	0.002
Benzene, (1-methyldecyl)-	105	1715	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001
Benzene, (1-pentylheptyl)-	91	1746	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Benzene, 1,1'-(1,1,2,2-tetramethyl-1,2-ethanediy)bis-	119	1787	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.002 ^a	0.000
Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl-	119	1153	0.003	0.000	0.000	0.007	0.002
Benzene, 1,2,3,5-tetramethyl-	119	1122	0.000	0.015	0.000	0.000	0.004
Benzene, 1,2,3-trimethyl-	105	1014	0.021	0.011	0.010	0.026	0.006
Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-	119	1118	0.023	0.026	0.023	0.034	0.005
Benzene, 1,2,4-trimethyl-	105	978	0.010	0.007	0.006	0.006	0.003
Benzene, 1,3-bis(1,1-dimethylethyl)-	175	1257	0.129	0.276	0.274	0.139	0.051
Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-	117	1087	0.000	0.000	0.000	0.009	0.003
Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-	118.9	1080	0.017 ^{ab}	0.010 ^b	0.009 ^b	0.035 ^a	0.006
Benzene, 1-ethyl-3,5-dimethyl-	119	1059	0.005	0.003	0.000	0.006	0.002
Benzene, 1-isocyano-3-methyl-	117	1142	0.002	0.002	0.008	0.008	0.002
Benzene, 1-isocyano-4-methyl-	117	1143	0.000	0.000	0.005	0.000	0.002
Benzene, 1-methyl-4-propyl-	105	1051	0.004	0.003	0.002	0.008	0.002
Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-	118.9	1087	0.010	0.000	0.007	0.012	0.006
Borane, diethyl(decyloxy)-	57	1571	0.003	0.009	0.011	0.014	0.003
Butane, 1-isocyano-	43	612	0.000 ^b	0.000 ^b	0.033 ^a	0.000 ^b	0.008
Butane, 2-azido-2,3,3-trimethyl-	57.1	590	0.726	0.032	0.231	0.318	0.283
Cetene	57	1592	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001
Cyclohexane, azido-	83.1	654	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001
Cyclohexane, decyl-	83	1656	0.007	0.014	0.007	0.012	0.003
Cyclopentane, 1,2-dibutyl-	83	1392	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
Cyclopentane, 1-hexyl-3-methyl-	83	1191	0.006	0.011	0.004	0.000	0.003
Cyclopentane, butyl-	43.1	931	0.000	0.000	0.009	0.000	0.002
Cyclopropane,1-methyl-2-(3-methylpentyl)-	43	932	0.005	0.000	0.000	0.021	0.006
Cyclotetradecane	69.1	1678	0.001	0.001	0.001	0.004	0.001
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	281	1003	28.639	26.655	30.027	26.230	5.499
Decane	57	993	0.214	0.303	0.190	0.183	0.053
Decane, 2,3,5,8-tetramethyl-	57	1312	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001
Decane, 2,4-dimethyl-	57	1114	0.013	0.032	0.024	0.013	0.007
Decane, 2-methyl-	57	1061	0.000	0.030	0.046	0.000	0.022
Decane, 3-methyl-	57.1	1067	0.007	0.012	0.017	0.000	0.009
Decane, 4-methyl-	71	1064	0.009	0.031	0.021	0.004	0.008
D-Limonene	68	1024	0.019	0.009	0.010	0.015	0.003
Dodecane	57	1200	0.171	0.225	0.163	0.271	0.030
Dodecane, 2,6,11-trimethyl-	71	1284	0.012 ^b	0.047 ^a	0.038 ^{ab}	0.017 ^b	0.007
Dodecane, 2,7,10-trimethyl-	71	1330	0.002	0.005	0.010	0.000	0.005

Dodecane, 2-methyl-	57	1267	0.003	0.007	0.000	0.000	0.002
Dodecane, 4,6-dimethyl-	71	1330	0.002 ^c	0.019 ^a	0.016 ^{ab}	0.006 ^{bc}	0.003
Dodecane, 4-methyl-	57	1253	0.003 ^{ab}	0.010 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.002
Dodecane, 5-methyl-	57	1267	0.003	0.006	0.007	0.000	0.002
Ethane, diazo-	56.1	582	1.388 ^a	0.356 ^{bc}	1.297 ^{ab}	0.000 ^c	0.248
Heptadecane	57	1701	0.034 ^b	0.048 ^b	0.051 ^{ab}	0.071 ^a	0.006
Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	57.1	976	0.000	0.037	0.000	0.000	0.013
Heptane, 3,4,5-trimethyl-	43	938	0.010 ^{ab}	0.018 ^a	0.011 ^{ab}	0.000 ^b	0.004
Heptane, 3-ethyl-2-methyl-	43.1	938	0.004	0.004	0.000	0.000	0.002
Heptane, 4-azido-	43	836	0.005	0.011	0.014	0.000	0.005
Heptane, 4-methylene-	56	776	0.014 ^{ab}	0.054 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.012
Hexadecane	71	1599	0.063 ^c	0.106 ^{ab}	0.080 ^{bc}	0.125 ^a	0.011
Hexane, 3-ethyl-	43.1	759	0.048 ^{bc}	0.126 ^a	0.107 ^{ab}	0.021 ^c	0.018
Hexane, 3-methyl-	43.1	691	0.018	0.059	0.000	0.000	0.022
Hexathiane	64	1493	0.005	0.003	0.004	0.003	0.001
Hydrazinecarboxamide	32	560	0.000	0.000	0.000	3.021	1.405
Indane	117	1029	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
Methane, dichloronitro-	83	571	0.318	0.209	0.328	0.113	0.076
Methane, isocyanato-	57.1	1054	0.168	0.416	0.111	0.118	0.088
Methane-d, trichloro-	84	559	0.035	0.026	0.081	0.013	0.019
2-Nonenal, (E)-	70	1162	0.003 ^{ab}	0.000 ^b	0.000 ^b	0.011 ^a	0.002
N,N'-Bis(2,6-dimethyl-6-nitrosohept-2-en-4-one)	83	652	0.003 ^{ab}	0.016 ^a	0.000 ^b	0.005 ^{ab}	0.004
Naphthalene	128	1180	0.025 ^{ab}	0.018 ^b	0.028 ^a	0.035 ^a	0.003
n-Hexane	57	595	0.080	0.000	0.000	0.069	0.036
n-Nonylcyclohexane	83	1552	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001
Nonane, 2,5-dimethyl-	57.1	1011	0.030 ^{ab}	0.048 ^a	0.048 ^a	0.015 ^b	0.008
Nonane, 2,6-dimethyl-	71.1	1021	0.033 ^{ab}	0.069 ^a	0.072 ^a	0.024 ^b	0.011
Nonane, 4,5-dimethyl-	57.1	1061	0.016	0.101	0.105	0.016	0.029
Nonane, 5-methyl-	57	962	0.004	0.000	0.000	0.000	0.001
Octadecane	57	1799	0.002	0.000	0.000	0.004	0.001
Octane, 2,3,6-trimethyl-	57.1	1067	0.011	0.011	0.010	0.005	0.005
Octane, 2,3-dimethyl-	57.1	944	0.013	0.017	0.014	0.002	0.006
Octane, 2,4,6-trimethyl-	57.1	962	0.014	0.019	0.024	0.000	0.006
Octane, 3,4-dimethyl-	43.1	938	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001
Octane, 3-ethyl-2,7-dimethyl-	57	1167	0.002 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.001
Oxetane, 2,2-dimethyl-	41	612	0.008	0.000	0.022	0.000	0.006
Oxetane, 2,3,4-trimethyl-, (2.alpha.,3.alpha.,4.beta.)-	56	664	0.000	0.000	0.000	0.582	0.196
Oxetane, 2-ethyl-3-methyl-	43	692	0.034	0.000	0.000	0.000	0.009
Oxetane, 3,3-dimethyl-	56	611	0.000	0.010	0.000	0.000	0.003
Oxirane, hexadecyl-	57	1917	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001
Pentadecane	57	1502	0.074 ^b	0.098 ^b	0.083 ^b	0.177 ^a	0.016
Pentadecane, 3-methyl-	57	1571	0.002	0.010	0.003	0.003	0.002
Pentadecane, 5-methyl-	57	1554	0.000	0.004	0.002	0.000	0.001
Pentane, 2,2-dimethyl-	57	639	0.017 ^{ab}	0.051 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.010
Pentane, 2,3-dimethyl-	56	666	1.922	2.448	5.420	3.862	0.979
Pentane, 2-methyl-	43	562	0.000	0.147	0.299	0.000	0.101
Pentane, 3-methyl-	57.1	582	0.196	0.048	0.310	0.000	0.092
Pentanenitrile, 5-(methylthio)-	61	1201	0.253 ^{ab}	0.000 ^b	0.000 ^b	0.333 ^a	0.068
Propane, 1-isocyanato-	42	938	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001
Pyridine, 3,4-dimethyl-	54	1012	0.000	0.000	0.001	0.004	0.001

sec-Butylamine	44	594	0.193 ^b	0.413 ^{ab}	0.788 ^a	0.484 ^{ab}	0.150
Silane, methyl-	31	555	0.000	1.798	0.000	0.000	0.606
Tetradecane	57.1	1399	0.065 ^b	0.093 ^{ab}	0.075 ^b	0.122 ^a	0.009
trans-2,4-Dimethylthiane, S,S-dioxide	69	1392	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
trans-2-Methyl-4-n-butylthiane, S,S-dioxide	83	1963	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001
Tridecane	57.1	1284	0.109 ^b	0.106 ^b	0.092 ^b	0.190 ^a	0.015
Trimethylene oxide	58.1	555	0.000	0.158	0.000	0.230	0.096
Tris(tert-butyl dimethylsilyloxy)arsane	207	1099	0.000	0.071	0.000	0.070	0.037
Undecane	57	1106	0.028 ^b	0.030 ^b	0.021 ^b	0.073 ^a	0.010
Undecane, 2,4-dimethyl-	85.1	1211	0.001 ^{ab}	0.004 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.001
Undecane, 2,5-dimethyl-	57	1215	0.000	0.010	0.000	0.000	0.004
Undecane, 2,6-dimethyl-	57	1215	0.004	0.012	0.014	0.000	0.005
Undecane, 2,8-dimethyl-	71	1223	0.004 ^{ab}	0.007 ^a	0.008 ^a	0.000 ^b	0.002
Undecane, 2-methyl-	57	1167	0.002	0.003	0.004	0.000	0.002
Undecane, 4,4-dimethyl-	57	1247	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
Undecane, 4-ethyl-	57	1253	0.000 ^b	0.011 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.002
Undecane, 5-methyl-	57	1160	0.002	0.005	0.002	0.000	0.002
Z-1,6-Tridecadiene	82	1311	0.000 ^b	0.001 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000
Ketones							
(+)-2-Bornanone	95	1146	0.048 ^b	0.138 ^a	0.002 ^c	0.000 ^c	0.009
4,7-Methano-1H-indene-1,8-dione, 3a,4,7,7a-tetrahydro-	131	1196	0.000 ^b	0.001 ^b	0.000 ^b	0.008 ^a	0.002
2(3H)-Furanone, 5-dodecyldihydro-	85	2101	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.005 ^a	0.001
2(3H)-Furanone, 5-ethylidihydro-	85.1	1057	0.004	0.000	0.005	0.000	0.002
2,2-Dimethyl-3-heptanone	57	961	0.000	0.005	0.000	0.000	0.002
Acetophenone	105	1067	0.024	0.024	0.045	0.031	0.007
Acetophenone, 4'-hydroxy-	121	1441	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.004 ^a	0.001
5-Hepten-2-one, 6-methyl-	43.1	978	0.041	0.036	0.032	0.046	0.018
Ethanone, 1-(4-ethylphenyl)-	133	1265	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001
Ethanone, 1-(4-methylphenyl)-	119	1184	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
Sulfur compounds							
Borane-methyl sulfide complex	62	558	0.666	0.000	0.000	0.000	0.212
Carbon disulfide	76	559	6.168	1.019	0.059	7.311	3.553
Cyclic octaatomic sulfur	64	2027	0.139	0.016	0.013	0.010	0.060
Sulfur dioxide	64	1200	0.071	0.286	0.000	0.000	0.084
Others							
(E)-Hexadec-9-enoic acid	55	1940	0.000	0.003	0.000	0.006	0.002
1,1'-Biphenyl, 2,2',5,5'-tetramethyl-	194.9	1684	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
2-n-Octylfuran	81	1296	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002
9-Octadecenamide, (Z)-	59	2356	0.000	0.000	0.000	0.015	0.006
Benzoic acid	105	1167	0.005	0.022	0.022	0.000	0.007
Benzyl nitrile	117	1143	0.000 ^b	0.000 ^b	0.016 ^a	0.000 ^b	0.003
Biphenyl	153	1379	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Borinic acid, diethyl-	43	159	0.017	0.000	0.000	0.000	0.006
Boronic acid, ethyl-	45	683	0.000	0.353	0.087	0.381	0.203
Camphor	95	1146	0.000 ^b	0.000 ^b	0.007 ^a	0.001 ^b	0.001
cis-Vaccenic acid	55	2134	0.000	0.000	0.000	0.071	0.024
Cyclopent-2-en-1-one	243	1858	0.007 ^b	0.007 ^b	0.014 ^a	0.004 ^b	0.002
1,3,4,7,8-hexahydro-4,6,7,8-hexamethyl-							
Diphenyl ether	170	1400	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001
Dodecanoic acid	60	1560	0.000	0.000	0.000	0.012	0.004

Formamide, N,N-dibutyl-	72	1307	0.014 ^b	0.022 ^b	0.000 ^b	0.099 ^a	0.008
Furan, 2-pentyl-	81	981	0.013	0.024	0.040	0.017	0.008
Heptanoic acid	60	1086	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
Hexadecenoic acid, Z-11-	55	1938	0.000	0.000	0.000	0.006	0.002
Linoelaidic acid	67	2161	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
L-Lactic acid	45	828	0.000	0.648	0.679	0.000	0.307
n-Hexadecanoic acid	73	1960	0.045	0.249	0.039	0.436	0.121
Nicotinonitrile, 1-ethyl-1,4-dihydro-	133	1228	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Nonanoic acid	60	1274	0.000	0.000	0.005	0.000	0.002
Octadecanoic acid	56	2186	0.002	0.028	0.117	0.527	0.184
Octanoic acid	60	1177	0.000	0.009	0.017	0.018	0.007
Phosphoramidous difluoride	85.1	1752	0.000	0.000	0.008	0.001	0.004
Silicon tetrafluoride	85	1365	0.003	0.068	0.009	0.004	0.031
Tetradecanoic acid	73	1761	0.011	0.014	0.008	0.025	0.005

^{a-c} Means within a row with different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

¹⁾m/z; quantitative ion, ²⁾LRI; linear retention index, ³⁾SEM; Standard error of means.

- 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계 가슴육의 휘발성 향기물질 분석 결과는 [표 2-3-115]에 나타내었다. 총 298개의 휘발성 향기물질이 검출되었으며, 분류별로 alcohols, aldehydes, esters, hydrocarbons, ketones, sulfur compounds, others가 각각 47, 29, 44, 131, 10, 9, 28개 검출되었다. 일반육계와 브랜드 복지 가슴육 내 향기물질들은 각각 다르게 나타났다. 특히 methanol-d₄, trimethylaluminum, alpha-phellandrene, 3-ethyl-2,7-dimethyl-otane 향기물질은 일반육계에서 유의적으로 높게 검출되었으며, 2,4-dimethyl-benzaldehyde와 2,2,4,4-tetramethyl-2,4disilathietane 향기물질은 복지 가슴육에서 높게 검출되었다($p < 0.05$). 하림 복지 가슴육은 6-Azidotetrazolo(b)pyridazine와 1,4-Dibutyl benzene-1,4-dicarboxylate 향기물질이 특이적으로 검출되었다($p < 0.05$). 올품 복지 가슴육에서는 1-Tetrazol-2-ylethanone, 2-Octen-1-ol, dl-Menthol, 1-isocyano-Butane, Benzyl nitrile 향기물질이 특이적으로 검출되었으며, 체리, 바닐라 등과 같은 향미특성을 나타내었다. 참프레 복지 가슴육은 4-methyl-1-Hexanol, (E,E)-2,4-Decadienal, (E)-2-Octenal, tetrahydro-2-Furanmethanol acetate, 1,1'-(1,1,2,2-tetramethyl-1,2-ethanediy)bis-Benzene, 5-dodecyldihydro-2(3H)-Furanone 향기물질이 특이적으로 검출되었으며($p < 0.05$), 코코넛, 옥수수, 카라멜, 달콤한 향등의 향미특성을 나타내었다.

[표 2-3-116] Volatile organic compounds of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm (단위 A.U. ×10⁶)

Volatile organic compounds	m/z ¹⁾	LRI ²⁾	Conventi	Animal welfare farm			SEM ³⁾
			-onal farm	Harim	Orpum	Chamfre	
Alcohols							
(2-Methyloxan-2-yl)methanol	43	1101	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001
(6Z)-Nonen-1-ol	68	1158	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
1,1,3,3,5,5,7,7-Octamethyl-7-(2-methylpropoxy)tetrasi loxan-1-ol	281	1238	1.001 ^a	0.544 ^{ab}	0.210 ^b	0.740 ^{ab}	0.189
1,2-Oxaborolane, 2-ethyl-4,5-dimethyl-	70	1163	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001
18-Nonadecen-1-ol	55.1	2136	0.000	0.000	0.010	0.002	0.005
1-Decanol	57	1392	0.004	0.003	0.000	0.000	0.001
1-Dodecanol	57	1475	0.014	0.011	0.007	0.015	0.003
1H-1,2,3,4-Tetrazol-5-amine, 1-methyl-	57	634	0.000	0.016	0.009	0.000	0.008
1-Heptanol	70	957	0.232	0.239	0.541	0.419	0.203
1-Hexadecanol	83.1	1881	0.010	0.005	0.004	0.011	0.002
1-Hexanol, 2-ethyl-	57	1031	0.296	0.194	0.208	0.268	0.033
1-Hexanol, 4-methyl-	56	957	0.443	0.316	0.000	0.378	0.249
1-Hexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-	57	1061	0.053	0.013	0.000	0.073	0.025
1H-Tetrazol-5-amine	57	1389	0.011	0.000	0.026	0.012	0.011
1H-Tetrazole	42	556	0.000	0.135	0.084	0.000	0.067
1-Nonanol	56.1	1175	0.014 ^{bc}	0.000 ^c	0.037 ^{ab}	0.054 ^a	0.009
1-Octanol	56.1	1077	0.700	0.576	0.470	0.665	0.219
1-Octen-3-ol	57	968	4.710	3.854	2.900	5.508	1.662
1-Tetrazol-2-ylethanone	43	551	0.000	0.019	0.000	0.000	0.005
2,4,7,9-Tetramethyl-5-decyn-4,7-diol	109	1419	0.003	0.004	0.003	0.000	0.002
2,4-Di-tert-butylphenol	191	1517	0.000	0.000	0.000	0.050	0.015
2,6-Bis(1,1-dimethylethyl)-4-(1-oxoprop yl)phenol	233	1640	0.000	0.000	0.002	0.002	0.001
2-Butyl-1,2-azaborolidine	83	1656	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
2-Ethylhexanal ethylene glycol acetal	73	1165	6.112	7.397	4.160	6.854	3.627
2-Ethylthiolane, S,S-dioxide	83.1	652	0.000	0.025	0.000	0.018	0.008
2-Octen-1-ol, (E)-	57.1	1074	0.088	0.268	0.174	0.304	0.109
2-Octen-1-ol, (Z)-	57	1074	0.235 ^a	0.000 ^b	0.020 ^b	0.034 ^b	0.048
2-Propanol, 1-methoxy-	45.1	655	0.017	0.000	0.000	0.035	0.009
4-Ethylcyclohexanol	55	990	0.000	0.006	0.000	0.012	0.005
5-Hepten-2-ol, 6-methyl-	95	987	0.008	0.007	0.000	0.011	0.005
5H-Tetrazol-5-amine	43.1	691	0.000 ^b	0.000 ^b	0.003 ^a	0.000 ^b	0.001
6-Azidotetrazolo(b)pyridazine	78	582	0.050 ^{ab}	0.120 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.019
6-Hepten-1-ol, 2-methyl-	95.1	987	0.031 ^a	0.007 ^{ab}	0.000 ^b	0.023 ^{ab}	0.008
Benzothiazole	135	1222	0.000	0.003	0.003	0.000	0.001
Benzyl alcohol	108	1034	0.022	0.001	0.019	0.010	0.009
Cyclohexanol, 2,4-dimethyl-	69	1033	0.008	0.011	0.000	0.015	0.007
Cyclohexanol, 4-(1,1-dimethylethyl)-	57	1211	0.000 ^b	0.006 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.001
Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)- dl-Menthol	71.1	1175	0.738 ^a	0.737 ^a	0.011 ^b	0.000 ^b	0.147
71	1175	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.004
Ethanol, 2-phenoxy-	94	1220	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001
Indole	117	1295	0.005 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.001
p-Cresol	107	1081	0.025 ^a	0.010 ^b	0.014 ^{ab}	0.003 ^b	0.004
Phenol, 2-methoxy-	81	1093	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Tetrazol[1,5-b]1,2,4-triazine, 5,6,7,8-tetrahydro-6,7-dimethyl-	56	777	0.695	0.561	0.438	0.321	0.161
Aldehydes							
2,4-Decadienal	81	1320	0.000	0.008	0.000	0.000	0.003
2,4-Decadienal, (E,E)-	81	1319	0.064	0.045	0.049	0.079	0.027
2,4-Decadienal, (E,Z)-	81	1297	0.024	0.022	0.013	0.034	0.013
2,4-Heptadien-6-ynal, (E,E)-	106	932	0.054	0.047	0.030	0.000	0.018

2,4-Nonadienal, (E,E)-	81	1214	0.032	0.031	0.039	0.052	0.021
2-Decenal, (E)-	70	1265	0.075	0.055	0.054	0.090	0.024
2-Octenal, (E)-	57.1	1061	0.100	0.110	0.098	0.145	0.061
2-Undecenal	57.1	1366	0.065	0.042	0.039	0.073	0.015
3-Methylsalicylic acid, 2TMS derivative	73.1	1575	0.013	0.000	0.000	0.000	0.003
4,8,12-Tetradecatrienal, 5,9,13-trimethyl-	69.1	1841	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
4-Decenal, (E)-	81	1194	0.005	0.004	0.000	0.000	0.002
5-Ethylcyclopent-1-enecarboxaldehyde	67.1	1027	0.025	0.019	0.034	0.073	0.021
Benzaldehyde, 2,4-dimethyl-	133	1178	0.000	0.002	0.004	0.004	0.002
Benzaldehyde, 2-ethyl-	134	1178	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001
Benzaldehyde, 3,4-dimethyl-	134	1236	0.003	0.003	0.002	0.004	0.001
Benzaldehyde, 3-ethyl-	133	1178	0.000	0.007	0.000	0.000	0.002
Benzaldehyde, 4-ethyl-	133	1177	0.016a	0.000b	0.000b	0.007b	0.002
Benzaldehyde, 4-pentyl-	120	1462	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Benzeneacetaldehyde	91	1043	0.115 ^a	0.057 ^b	0.036 ^b	0.065 ^{ab}	0.015
Decanal	57	1206	0.126	0.099	0.096	0.161	0.025
Dodecanal	57.1	1409	0.047	0.030	0.025	0.052	0.009
Hexadecanal	57	1816	0.019	0.008	0.013	0.021	0.004
Hexanal, 5-methyl-	70	840	0.873	0.669	0.721	1.088	0.312
Nonanal	57.1	1110	1.894	1.399	1.221	1.796	0.507
Octanal	57.1	997	0.743	0.546	0.563	0.879	0.228
Pentadecanal-	57.1	1716	0.045	0.032	0.031	0.055	0.009
Phthalic anhydride	104	1317	0.000b	0.000b	0.002 ^{ab}	0.003 ^a	0.001
Phthalimide	147	1459	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Propanal, 2,2-dimethyl-	43	567	0.000	0.577	0.271	0.000	0.179
Propanal, 2-methyl-	43	566	0.657 ^a	0.000 ^b	0.169 ^b	0.000 ^b	0.120
Tetradecanal	57	1611	0.055	0.043	0.029	0.059	0.010
Tridecanal	57.1	1512	0.040	0.026	0.019	0.051	0.010
Trimethylaluminum	57.1	623	0.316	0.373	0.236	0.273	0.053
Undecanal	57	1312	0.024	0.019	0.017	0.029	0.006
Esters							
(E)-9-Octadecenoic acid ethyl ester	55	2168	0.040	0.021	0.003	0.019	0.010
1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	149	1871	0.000 ^b	0.027 ^{ab}	0.038 ^a	0.008 ^{ab}	0.008
11-Tetradecen-1-ol, acetate, (Z)-	82	1816	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
12-Benzyl-4,9,15-trioxo-3,5,8,10,12,14,16-heptaazatetracyclo[11.3.0.0(2,6).0(7,11)]hexadeca-1(16),2,5,7,10,13-hexaen-3-one	91	1118	0.538	0.000	0.000	1.208	0.435
1-Propen-2-ol, acetate	43.1	617	0.009	0.006	0.021	0.000	0.006
2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	71	1599	0.092	0.017	0.027	0.000	0.033
2-Butenoic acid, 3-methyl-, ethyl ester	83.1	911	0.032	0.036	0.000	0.000	0.014
2-Ethylhexyl salicylate	120	1808	0.028	0.029	0.038	0.041	0.011
2-Ethylhexyl trans-4-methoxycinnamate	178	2321	0.084	0.021	0.036	0.074	0.041
2-Fluoro-6-trifluoromethylbenzoic acid, 3,5-difluorophenyl ester	191	1514	0.008	0.000	0.000	0.000	0.003
2-Furanmethanol, tetrahydro-, acetate	71	1100	0.012	0.000	0.000	0.015	0.006
2-Propenoic acid, 3-(4-methoxyphenyl)-, 2-ethylhexyl ester	178	2167	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
Arsenous acid, tris(trimethylsilyl) ester	207	698	23.085 ^a	18.387 ^{ab}	13.052 ^c	17.743 ^{bc}	1.278
Benzoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	120	1274	0.023 ^{ab}	0.003 ^b	0.003 ^b	0.052 ^a	0.011
Benzoic acid, ethyl ester	105	1172	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001
Benzoyl isothiocyanate	77	613	0.973 ^a	0.692 ^{ab}	0.431 ^b	1.064 ^a	0.120
Benzyl (1,2,3-thiadiazol-4-yl)carbamate	91	635	3.226	4.308	1.743	1.346	0.833
Borinic acid, diethyl-, methyl ester	43	594	0.000	0.002	0.004	0.000	0.002
Butyl isocyanatoacetate	57	564	0.034 ^b	0.168 ^a	0.014 ^b	0.000 ^b	0.034
Butylated Hydroxytoluene	205	1518	0.141 ^a	0.092 ^{ab}	0.044 ^b	0.113 ^{ab}	0.019
Chromium tricarbonyl[(1,2,3,4,5,6-eta)-1,3,5,7-cyclooctatetraene]-	104	809	0.171 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.049 ^{ab}	0.040

Cyclohexanol, 4-(1,1-dimethylethyl)-, acetate, trans-	57	1337	0.000	0.004	0.000	0.000	0.001
Decanoic acid, ethyl ester	88	1396	0.079 ^a	0.029 ^b	0.005 ^b	0.103 ^a	0.010
Dibutyl phthalate	149	1964	0.087	0.070	0.065	0.064	0.015
Diphosphoric acid, diisooctyl ester	83.1	932	0.096 ^a	0.000 ^b	0.033 ^{ab}	0.138 ^a	0.054
Di-sec-butyl phthalate	149	1871	0.029	0.021	0.000	0.036	0.006
Dodecanoic acid, ethyl ester	88	1595	0.045 ^a	0.016 ^b	0.002 ^b	0.068 ^a	0.007
Ethyl 9-decenoate	88	1388	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001
Ethyl 9-hexadecenoate	55	1973	0.079 ^{ab}	0.022 ^{bc}	0.006 ^c	0.128 ^a	0.017
Ethyl 9-tetradecenoate	55	1782	0.013 ^b	0.004 ^b	0.000 ^b	0.033 ^a	0.004
Ethyl Oleate	55	2168	0.034 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.105 ^a	0.018
Hexadecanoic acid, butyl ester	56	2186	0.000 ^b	0.044 ^{ab}	0.096 ^a	0.062 ^{ab}	0.022
Hexadecanoic acid, ethyl ester	88	1993	0.242 ^a	0.054 ^b	0.016 ^b	0.266 ^a	0.033
Hexanoic acid, ethyl ester	88	995	0.035	0.000	0.000	0.018	0.010
Hydrogen isocyanate	43.1	551	0.093	0.218	0.062	0.251	0.093
Imidazole-2-hydrazide-1-carboxylic acid, methyl ester	81.1	1282	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Linoleic acid ethyl ester	67	2162	0.058 ^{ab}	0.009 ^b	0.001 ^b	0.109 ^a	0.018
L-Valine, ethyl ester	72	1017	0.004	0.000	0.000	0.000	0.001
Methyl salicylate	120	1193	0.904 ^{ab}	0.279 ^b	0.605 ^{ab}	1.860 ^a	0.359
n-Caproic acid vinyl ester	43.1	976	1.478	1.042	0.688	1.319	0.402
Nonanoic acid, ethyl ester	88	1301	0.006 ^{ab}	0.000 ^b	0.000 ^b	0.016 ^a	0.003
Octadecanoic acid, butyl ester	56	2386	0.000	0.002	0.011	0.006	0.004
Phosphoric acid, 2-chloroethenyl dimethyl ester	109	1419	0.003	0.000	0.000	0.004	0.002
Phthalic acid, di(2-propylpentyl) ester	149	2546	0.007	0.000	0.006	0.005	0.004
Propionic acid 2-methyl-, 3-hydroxy-2,2,4-trimethylpentyl ester	71.1	1375	0.007	0.008	0.000	0.000	0.003
Tetradecanoic acid, ethyl ester	88	1794	0.072 ^b	0.017 ^c	0.000 ^c	0.132 ^a	0.014
Tetramethylammonium acetate	43.1	908	0.000	0.003	0.000	0.000	0.001
Triisobutyl phosphate	99	1523	0.005	0.011	0.000	0.000	0.003
Hydrocarbons							
alpha.-Phellandrene	93	1000	0.000	0.005	0.007	0.000	0.003
1,12-Tridecadiene	82.1	1311	0.002	0.000	0.004	0.005	0.002
1,2-Benzenedicarboxylic acid	149	1879	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001
1,3,7-Octatrien-5-yne	104	810	0.000	0.072	0.088	0.043	0.033
1,3,8-p-Menthatriene	119	1118	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
1,6-Heptadien-3-yne, 5-methyl-	91	749	0.278 ^a	0.178 ^{ab}	0.061 ^b	0.084 ^b	0.036
1-Cycloocten-5-yne, (Z)-	91	750	0.029	0.000	0.014	0.038	0.014
1-Heptene, 2-methyl-	56.1	775	0.095	0.000	0.114	0.000	0.052
1-Hexene, 3,3-dimethyl-	69	703	0.000	0.005	0.000	0.000	0.001
1-Methyl-1-boracyclohepta-2,4,6-triene	104	809	0.140	0.130	0.179	0.000	0.088
1-Octadecyne	57	1817	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
1-Octene, 3,3-dimethyl-	70	1163	0.000 ^b	0.000 ^b	0.009 ^a	0.000 ^b	0.002
1-Pentene, 2-methyl-	56	573	0.044 ^b	0.336 ^a	0.056 ^b	0.058 ^b	0.064
1-Trifluoroacetoxy-10-undecene	13	1311	0.000	0.003	0.000	0.002	0.001
2,2,4,4-Tetramethyl-2,4-disilathietane	147	588	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2,3-Butanedione	43	591	0.114 ^a	0.138 ^a	0.011 ^b	0.077 ^{ab}	0.027
2,4-Dimethyldodecane	85.1	1267	0.000	0.000	0.014	0.000	0.005
2,6,10-Trimethyltridecane	57.1	1464	0.024	0.000	0.000	0.025	0.007
2-Hexene, 4,4,5-trimethyl-	83.1	1049	0.000	0.006	0.000	0.000	0.002
3,3-Dimethyl-1,2-epoxybutane	42.1	637	1.483	1.253	1.469	1.600	0.469
3-Bromooctane	57	1066	0.009	0.000	0.000	0.000	0.003
3-Carene	93	999	0.013	0.000	0.000	0.000	0.004
3-Ethyl-2-methyl-1-heptene	69	1102	0.005	0.000	0.000	0.000	0.001
3-Ethyl-3-methylheptane	57	961	0.010	0.000	0.000	0.000	0.004
4,7-Methano-1H-indene-1,8-dione, 3a,4,7,7a-tetrahydro-	131	1196	0.004	0.000	0.000	0.000	0.001
4-Pyridinecarboxamide	122	1391	0.085 ^{ab}	0.118 ^a	0.000 ^b	0.079 ^{ab}	0.025
5,9-Undecadien-2-one, 6,10-dimethyl-, (E)-	43	1455	0.050 ^a	0.029 ^b	0.051 ^{ab}	0.070 ^a	0.009
5-Hepten-2-one, 6-methyl-	43.1	978	0.000	0.000	0.066	0.044	0.018
7-Oxabicyclo[4.1.0]heptane	69	740	0.000	0.000	0.006	0.000	0.002
Benzene, 1,1'-(chloromethylene)bis-	167	1622	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001

Benzene, 1,2,3,4-tetramethyl-	119	1153	0.016 ^{ab}	0.003 ^b	0.006 ^{ab}	0.036 ^a	0.008
Benzene, 1,2,3,5-tetramethyl-	119	1122	0.054	0.000	0.011	0.058	0.027
Benzene, 1,2,3-trimethyl-	105	1015	0.056 ^{ab}	0.017 ^b	0.015 ^b	0.095 ^a	0.019
Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-	119	1118	0.044 ^{ab}	0.028 ^b	0.028 ^b	0.082 ^a	0.012
Benzene, 1,2,4-trimethyl-	105	979	0.041	0.033	0.024	0.045	0.011
Benzene, 1,3-bis(1,1-dimethylethyl)-	175	1257	0.439 ^{ab}	0.186 ^b	0.314 ^{ab}	0.674 ^a	0.116
Benzene, 1,3-dichloro-	146	1027	0.000 ^b	0.010 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.002
Benzene, 1-ethenyl-4-ethyl-	117	1087	0.009	0.000	0.000	0.000	0.003
Benzene, 1-ethyl-2,4-dimethyl-	119	1087	0.082	0.019	0.011	0.078	0.027
Benzene, 1-ethyl-3,5-dimethyl-	119	1059	0.016 ^{ab}	0.000 ^b	0.000 ^b	0.045 ^a	0.009
Benzene, 1-isocyano-3-methyl-	117	1143	0.012	0.006	0.006	0.016	0.003
Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	119	1019	0.005	0.006	0.000	0.000	0.003
Benzene, 1-methyl-4-propyl-	105	1051	0.025 ^{ab}	0.010 ^b	0.005 ^b	0.033 ^a	0.006
Benzene, 2-ethyl-1,4-dimethyl-	119	1080	0.048 ^{ab}	0.000 ^b	0.018 ^b	0.130 ^a	0.028
Bicyclo[2.2.2]octane, 1-methoxy-4-methyl-	84	1345	0.000	0.017	0.000	0.027	0.011
Bicyclo[3.1.1]heptan-2-one, 6,6-dimethyl-, (1R)-	83	1140	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Borane, diethyl(decyloxy)-	57.1	1253	0.016	0.011	0.010	0.005	0.004
Butane, 2-azido-2,3,3-trimethyl-	43.1	634	0.042	0.098	1.820	0.063	0.474
Cyclohexane, azido-	83.1	654	0.000	0.021	0.000	0.000	0.007
Cyclohexane, decyl-	83	1656	0.002	0.000	0.001	0.003	0.001
Cyclohexane, methyl-	69	740	0.000	0.000	0.000	0.016	0.005
Cyclopentane, 1-hexyl-3-methyl-	83.1	1191	0.035	0.017	0.011	0.049	0.010
Cyclopentane, butyl-	83.1	932	0.011	0.083	0.051	0.068	0.046
Cyclopropane, 1-butyl-2-pentyl-, trans-	56	1175	0.000	0.000	0.005	0.000	0.002
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	281	1003	19.343	28.800	37.377	31.365	5.916
Decane	57	993	1.063	0.760	0.429	1.127	0.232
Decane, 2,4-dimethyl-	57.1	1106	0.051	0.028	0.034	0.060	0.011
Decane, 2-methyl-	56	1175	0.000	0.000	0.065	0.000	0.017
Decane, 3-methyl-	57	1061	0.000	0.016	0.013	0.017	0.009
Decane, 4-methyl-	71.1	1064	0.000	0.044	0.023	0.056	0.017
Decane, 5-methyl-	71	1067	0.000	0.000	0.044	0.000	0.015
D-Limonene	68	1023	0.033	0.033	0.024	0.036	0.006
Dodecane	57	1200	0.611 ^{ab}	0.435 ^{ab}	0.266 ^b	0.713 ^a	0.108
Dodecane, 2,6,11-trimethyl-	71	1284	0.079	0.051	0.047	0.097	0.020
Dodecane, 2,7,10-trimethyl-	71	1330	0.000	0.000	0.000	0.004	0.002
Dodecane, 2-methyl-	57	1267	0.000	0.000	0.000	0.011	0.003
Dodecane, 4,6-dimethyl-	71.1	1330	0.033	0.018	0.020	0.049	0.012
Dodecane, 4-methyl-	71	1262	0.034	0.020	0.008	0.048	0.011
Dodecane, 5-methyl-	57.1	1253	0.000	0.001	0.005	0.002	0.001
Ethane, diazo-	56	582	0.027 ^b	0.169 ^b	0.576 ^a	0.000 ^b	0.074
Ethane, isocyanato-	57	564	0.000	0.005	0.012	0.000	0.005
Heptadecane	57.1	1700	0.058	0.040	0.022	0.049	0.010
Heptane, 2,2,4,6,6-pentamethyl-	57.1	976	0.000	0.000	0.000	0.184	0.061
Heptane, 2,3,4-trimethyl-	57.1	940	0.024	0.023	0.011	0.020	0.008
Heptane, 2,4-dimethyl-	57	835	0.000 ^b	0.025 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.005
Heptane, 2,5-dimethyl-	57.1	835	0.000	0.007	0.000	0.000	0.002
Heptane, 3,4,5-trimethyl-	43.1	938	0.039	0.030	0.017	0.038	0.011
Heptane, 4-azido-	43.1	835	0.015	0.000	0.011	0.000	0.004
Heptane, 4-ethyl-2,2,6,6-tetramethyl-	57	1067	0.000	0.000	0.045	0.000	0.020
Hexadecane	71	1598	0.146	0.135	0.063	0.137	0.027
Hexane, 3,3-dimethyl-	43	754	0.145	0.098	0.000	0.053	0.048
Hexane, 3-ethyl-	43	759	0.000 ^b	0.180 ^a	0.154 ^{ab}	0.096 ^{ab}	0.043
Hexane, 3-methyl-	43.1	691	0.000	0.165	0.081	0.000	0.053
Hexathiane	64	1493	0.007	0.004	0.003	0.003	0.001
Hydrazine, methyl-	31.1	555	16.883	6.446	0.000	7.578	5.106
Indane	117	1028	0.003	0.000	0.001	0.003	0.001
Limonene	68	1024	0.011	0.000	0.000	0.000	0.004
Methane, dichloronitro-	83.1	571	0.072 ^b	0.334 ^b	0.989 ^a	0.190 ^b	0.143
Methane, isocyanato-	57.1	590	0.216	0.136	0.117	0.194	0.058
Methane-d, trichloro-	84.1	558	0.000	0.004	0.003	0.002	0.002
N,N'-Bis(2,6-dimethyl-6-nitrosohept-2- n-4-one)	55.1	627	0.000 ^b	0.000 ^b	0.004 ^{ab}	0.016 ^a	0.004

Naphthalene	128	1181	0.048 ^a	0.035 ^{ab}	0.026 ^b	0.040 ^{ab}	0.004
Nonane, 2,5-dimethyl-	57	1011	0.088	0.074	0.062	0.102	0.020
Nonane, 2,6-dimethyl-	71	1021	0.121	0.107	0.090	0.135	0.030
Nonane, 4,5-dimethyl-	57.1	1060	0.124	0.086	0.030	0.127	0.060
Nonane, 5-methyl-5-propyl-	57	1246	0.000	0.000	0.000	0.009	0.003
Octane, 1,1'-oxybis-	57	1664	0.045	0.000	0.000	0.000	0.013
Octane, 2,2,6-trimethyl-	57	962	0.000	0.007	0.000	0.000	0.002
Octane, 2,3,6-trimethyl-	57.1	1067	0.000	0.019	0.030	0.025	0.013
Octane, 2,3-dimethyl-	57	945	0.058	0.041	0.037	0.050	0.016
Octane, 2,4,6-trimethyl-	57	962	0.024	0.017	0.012	0.027	0.011
Octane, 3,4,5,6-tetramethyl-	57	961	0.000	0.000	0.022	0.000	0.006
Octane, 3-ethyl-2,7-dimethyl-	57.1	1167	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
o-Cymene	119	1019	0.010	0.007	0.000	0.000	0.004
Oxetane, 2,2-dimethyl-	43	611	0.000	0.000	0.038	0.007	0.014
Oxetane, 2-ethyl-3-methyl-	43	692	0.000	0.218	0.138	0.000	0.098
Pentadecane	57	1502	0.237 ^a	0.165 ^{ab}	0.074 ^b	0.181 ^{ab}	0.028
Pentane, 2,2-dimethyl-	43	640	0.000 ^b	0.088 ^a	0.000 ^b	0.021 ^{ab}	0.022
Pentane, 2,3-dimethyl-	56.1	666	8.615	6.841	7.078	12.938	3.189
Pentane, 2-methyl-	43	562	0.000	0.276	0.399	0.000	0.114
Pentane, 3-methyl-	41.1	582	0.284	0.156	1.609	0.000	0.539
Pentanenitrile, 5-(methylthio)-	61	1201	0.272 ^{ab}	0.000 ^b	0.000 ^b	0.322 ^a	0.080
Pyridine, 3,4-dimethyl-	54	1011	0.007 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.001
sec-Butylamine	44	594	0.787	0.815	1.040	0.864	0.374
Tetradecane	57.1	1400	0.306 ^a	0.198 ^{ab}	0.101 ^b	0.280 ^a	0.042
trans-2-methyl-4-n-pentylthiane, S,S-dioxide	82.9	1881	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
Tridecane	57.1	1298	0.262 ^a	0.188 ^{ab}	0.113 ^b	0.226 ^a	0.026
Tridecane, 3-methyl-	57.1	1371	0.004	0.000	0.000	0.000	0.001
Tridecane, 5-methyl-	43	1355	0.010	0.000	0.000	0.000	0.004
Trimethylene oxide	58.1	555	0.291	0.163	0.000	0.335	0.096
Tris(tert-butyl)dimethylsilyloxy)arsane	207	1176	0.000	0.055	0.058	0.000	0.038
Undecane	57.1	1105	0.053	0.060	0.022	0.052	0.021
Undecane, 2,4-dimethyl-	85.1	1211	0.000 ^b	0.000 ^b	0.005 ^{ab}	0.014 ^a	0.003
Undecane, 2,5-dimethyl-	57	1215	0.000	0.000	0.000	0.039	0.011
Undecane, 2,6-dimethyl-	57.1	1215	0.000 ^b	0.007 ^{ab}	0.017 ^a	0.000 ^b	0.003
Undecane, 2,8-dimethyl-	71	1223	0.012	0.011	0.012	0.017	0.005
Undecane, 2-methyl-	57	1167	0.000 ^b	0.007 ^{ab}	0.005 ^{ab}	0.019 ^a	0.004
Undecane, 3,6-dimethyl-	57	1215	0.000	0.007	0.000	0.000	0.002
Undecane, 3-methyl-	57.1	1167	0.000	0.004	0.003	0.006	0.002
Undecane, 4,4-dimethyl-	57	1247	0.000	0.000	0.002	0.004	0.002
Undecane, 4-ethyl-	57.1	1252	0.000	0.000	0.008	0.000	0.003
Undecane, 5-methyl-	43.1	1160	0.012 ^{ab}	0.003 ^b	0.005 ^{ab}	0.020 ^a	0.004
2,4-Dimethylsulfolane	41	932	0.000	0.000	0.016	0.000	0.006
Ketones							
(+)-2-Bornanone	95	1146	0.168 ^a	0.173 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.031
2-Azetidinone, 3,3-dimethyl-	56	773	0.000	0.000	0.000	0.442	0.147
2-n-Hexylcyclopentanone	43	1345	0.000	0.000	0.008	0.000	0.003
2-Nonenal, (E)-	43.1	1162	0.056	0.041	0.040	0.069	0.020
2-Octanone	43	982	0.010	0.008	0.000	0.009	0.005
Acetophenone	105	1067	0.041	0.014	0.033	0.035	0.013
Acetophenone, 4'-hydroxy-	121	1441	0.003	0.000	0.000	0.004	0.001
Ethanone, 1-(4-ethylphenyl)-	133	1265	0.003 ^a	0.000 ^b	0.000 ^b	0.000 ^b	0.001
Ethanone, 1-(4-methylphenyl)-	91	1184	0.000 ^b	0.000 ^b	0.001 ^a	0.000 ^b	0.000
Sulfur compounds							
Carbon disulfide	75.9	559	3.995 ^{ab}	5.771 ^a	4.718 ^{ab}	0.866 ^b	1.139
Cyclic octaatomic sulfur	64	2027	0.025	0.018	0.025	0.015	0.004
Others							
(E)-Hexadec-9-enoic acid	55	1940	0.004	0.000	0.002	0.008	0.003
5-Methyl-2-(2-methyl-2-tetrahydrofuryl)tetrahydrofuran	85	1211	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
6-Pentadecenoic acid, 13-methyl-, (6Z)-	55	1941	0.006	0.000	0.000	0.013	0.004
Benzoic acid	105	1168	0.000	0.003	0.011	0.005	0.003
Benzonitrile, 2-hydroxy-	119	1068	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001
Benzyl nitrile	117	1143	0.000	0.000	0.022	0.000	0.006

Boronic acid, ethyl-	45	683	0.000	0.000	0.000	0.260	0.108
Camphor	95.1	1146	0.000 ^b	0.000 ^b	0.007 ^a	0.001 ^b	0.001
cis-Vaccenic acid	69.1	2134	0.026	0.000	0.000	0.016	0.010
Cyanogen bromide	105	2323	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Dimethylphosphinic fluoride	81.1	595	0.003	0.004	0.003	0.041	0.018
Formamide, N,N-dibutyl-	72	1307	0.233	0.261	0.104	0.123	0.050
Formic acid hydrazide	60	566	0.000	0.000	0.000	0.303	0.101
Furan, 2-pentyl-	81	982	0.172	0.116	0.104	0.147	0.054
Heptanoic acid	60	1086	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
Hexadecenoic acid, Z-11-	55	1938	0.000	0.000	0.000	0.006	0.002
Hexanoic acid	88	996	0.000	0.041	0.000	0.000	0.017
Indan, 1-methyl-	117	1087	0.017	0.016	0.000	0.000	0.006
n-Hexadecanoic acid	73	1960	0.319	0.092	0.124	0.426	0.101
Nonanoic acid	60	1274	0.009	0.000	0.000	0.000	0.003
Octadecanoic acid	73	2160	0.020	0.011	0.037	0.103	0.024
Octanoic acid	60	1177	0.000 ^b	0.000 ^b	0.014 ^a	0.008 ^{ab}	0.003
Phosphoramidous difluoride	85	938	0.000	0.000	0.000	0.007	0.002
Silicon tetrafluoride	85.1	1057	0.006	0.008	0.030	0.003	0.012
Tetradecanoic acid	73	1761	0.025	0.012	0.010	0.037	0.008
<u>trans-13-Octadecenoic acid</u>	<u>69</u>	<u>2137</u>	<u>0.000</u>	<u>0.000</u>	<u>0.014</u>	<u>0.000</u>	<u>0.006</u>

^{a-c} Means within a row with different superscript differ significantly at $p < 0.05$.

¹⁾m/z; quantitative ion, ²⁾LRI; linear retention index, ³⁾SEM; Standard error of means.

- 국내 유통 일반농장과 표준화된 동물복지농장 육계 다리육의 휘발성 향기물질 분석 결과는 [표 2-3-116]에 나타내었다. 총 296개의 휘발성 향기물질이 검출되었으며, 분류별로 alcohols, aldehydes, esters, hydrocarbons, ketones, sulfur compounds, others가 각각 44, 34, 48, 133, 9, 2, 26개 검출되었다. 일반육계와 브랜드 복지 다리육 내 향기물질들은 각각 다르게 나타났다. 특히 indole, Arsenous acid, tris(trimethylsilyl) ester, 1-(4-ethylphenyl)-Ethanone, 3,4-dimethyl-Pyridine 향기물질은 일반육계에서 유의적으로 높게 검출되었으며, 이 중 indole은 자스민, 생선, 꽃향, 꿀향 등의 향미특성을 나타내었다. Butyl ester hexadecanoic acid와 3-ethyl-Hexane 향기물질은 복지 다리육에서 높게 검출되었다($p < 0.05$). 하림 복지 다리육 내 4-(1,1-dimethylethyl)-cyclohexanol 향기물질이 특이적으로 검출되었으며($p < 0.05$), 올품 복지 다리육 내에서는 5H-Tetrazol-5-amine, 3,3-dimethyl-1-Octene, 1-(4-methylphenyl)-Ethanone 향기물질이 특이적으로 검출되었다($p < 0.05$).

□ 일반 및 동물복지 환경요인과 육계(브로일러)의 품질·영양기능성분 간의 상관관계 비교

- 일반 및 동물복지 환경요인과 육계의 품질·영양기능성분 간의 상관관계를 비교하여 [표 2-3-117-118]에 나타내었다. 품질·영양기능성분 지표 중 공통적으로 pH, 전단력, anserine, FRAP 활성, ABTS 라디칼 소거능이 일반 및 동물복지 환경요인에 따라 유의적으로 차이가 나타났다. pH는 동물복지 육계에서 유의적으로 낮게 나타났으며, 전단력과 anserine 함량은 동물복지 육계에서 높게 나타났다($p<0.05$). 또한, FARP 활성과 ABTS 라디칼 소거능은 동물복지 육계에서 높게 나타났다($p<0.05$). 다리육의 경우 보수력과 TBARS 함량이 동물복지 육계에서 낮게 나타났으며, a*값은 동물복지 육계에서 높게 나타났다($p<0.05$).

[표 2-3-117] Comparison of physicochemical and nutritional properties of chicken breast meat between conventional and animal welfare farm

Trait	Conventional farm (n=60)	Animal welfare farm (n=60)	SEM ¹⁾
pH	6.06 ^a	6.01 ^b	0.018
WHC (%)	52.93	52.40	0.561
CIE L*	52.89	53.04	0.202
CIE a*	1.65	1.66	0.050
CIE b*	5.05	4.80	0.216
Moisture (%)	75.65	75.55	0.108
Crude ash (%)	1.34	1.34	0.026
Crude protein (%)	22.37	22.61	0.124
Crude fat (%)	1.34	1.31	0.024
Shear force (N)	22.72 ^b	24.16 ^a	0.326
Cooking loss (%)	19.22	19.28	0.498
Aerobic bacteria (Log CFU/g)	2.70	2.65	0.058
E.coli (Log CFU/g)	0.00	0.00	0.000
Coliform (Log CFU/g)	0.11	0.05	0.041
VBN (mg/100g)	9.74	9.54	0.245
TBARS (mg MDA/kg)	0.11	0.11	0.003
Creatinine (mg/100g)	2.05	2.13	0.074
Creatine (mg/100g)	373.02	370.13	8.085
Carnosine (mg/100g)	147.06	161.92	15.505
Anserine (mg/100g)	179.98 ^b	211.67 ^a	5.803
DPPH (μmol TE/g DM)	13.46	14.02	0.517
FRAP (μmol TE/g DM)	12.91 ^b	14.12 ^a	0.232
ABTS (μmol TE/g DM)	121.89 ^b	124.51 ^a	4.346
ORAC (μmol TE/g DM)	211.38	219.67	4.529

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($p<0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means.

[표 2-3-118] Comparison of physicochemical and nutritional properties of chicken thigh meat between conventional and animal welfare farm

Trait	Conventional farm (n=60)	Animal welfare farm (n=60)	SEM ¹⁾
pH	6.54 ^a	6.48 ^b	0.015
WHC (%)	58.18 ^a	55.67 ^b	0.607
CIE L*	54.00	54.09	0.251
CIE a*	6.87 ^b	7.45 ^a	0.127
CIE b*	7.56	7.47	0.164
Moisture (%)	75.66	75.57	0.129
Crude ash (%)	1.39	1.39	0.039
Crude protein (%)	18.14	18.31	0.152
Crude fat (%)	6.02	6.14	0.105
Shear force (N)	21.12 ^b	24.52 ^a	0.279
Cooking loss (%)	26.99	27.33	0.529
Aerobic bacteria (Log CFU/g)	2.57	2.53	0.056
E.coli (Log CFU/g)	0.00	0.00	0.000
Coliform (Log CFU/g)	0.06	0.05	0.033
VBN (mg/100g)	8.57	8.09	0.212
TBARS (mg MDA/kg)	0.24 ^a	0.21 ^b	0.009
Palmitic acid (C16:0, %)	23.91	23.57	0.149
Stearic acid (C18:0, %)	6.65	6.90	0.093
Oleic acid (C18:1n9, %)	39.46	39.58	0.234
Linoleic acid (C18:2n6, %)	17.02	17.13	0.311
α-linolenic acid (C18:3n3, %)	0.86	0.89	0.025
Docosahexaenoic acid (C22:6n3, %)	0.17	0.16	0.009
Monounsaturated fatty acid (%)	48.81	48.62	0.320
Creatinine (mg/100g)	2.06	2.40	0.150
Creatine (mg/100g)	295.28	316.24	11.593
Carnosine (mg/100g)	72.51	84.20	7.040
Anserine (mg/100g)	100.18 ^b	114.45 ^a	4.023
DPPH (μmol TE/g DM)	13.07	13.76	0.506
FRAP (μmol TE/g DM)	11.96 ^b	12.96 ^a	0.281
ABTS (μmol TE/g DM)	119.30 ^b	121.06 ^a	4.045
ORAC (μmol TE/g DM)	199.07	202.30	4.316

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means.

□ 일반 및 동물복지 도축요인과 육계(브로일러)의 품질·영양기능성분 간의 상관관계 비교

○ 일반 및 동물복지 도축요인(기절방법)과 육계(브로일러)의 품질·영양기능성분 간의 상관관계를 비교 하여 [표 2-3-119~122]에 나타내었다. 도축과정 중 기절방법에 쓰이는 가스기절법 중 가스의 종류를 달리하여 육계 품질·영양기능 성분의 변화를 측정하였다. 품질지표 중 공통적으로 보수력, 적색도 (a*), 미생물(일반세균, 대장균, 대장군균)이 도축요인(기절방법)에 따라 유의적으로 차이가 나타났다. 보수력은 자격법에서 유의적으로 낮게 나타났으며, 이는 낮은 pH 때문으로 판단되었다. 영양기능성 분 중 공통적으로 creatinine, carnosine, anserine이 도축요인(기절방법)에 따라 유의적으로 차이가 나타났다. CO₂ 기절법에서 가장 낮은 creatinine 함량과 높은 carnosine 함량을 나타내었으며, anserine 함량의 경우 자격법에서 가장 높게 나타났다(p<0.05).

[표 2-3-119] Comparison of physicochemical and nutritional properties of chicken breast meat from conventional farm by slaughter method

Trait	Gas stunning		Sticking (n=10)	SEM ¹⁾
	CO ₂ +O ₂ (n=10)	O ₂ (n=10)		
pH	6.03 ^{ab}	6.07 ^a	5.95 ^b	0.030
WHC (%)	54.14 ^a	52.68 ^a	50.01 ^b	0.634
CIE L*	52.31 ^b	53.00 ^b	55.33 ^a	0.408
CIE a*	1.45 ^b	1.69 ^a	1.73 ^a	0.055
CIE b*	5.54 ^b	4.95 ^b	6.90 ^a	0.199
Shear force (N)	22.77	22.71	23.36	0.443
Cooking loss (%)	17.89 ^b	19.49 ^a	18.94 ^{ab}	0.396
Aerobic bacteria (Log CFU/g)	2.63 ^b	2.72 ^b	4.98 ^a	0.064
E.coli (Log CFU/g)	0.00 ^b	0.00 ^b	2.71 ^a	0.165
Coliform (Log CFU/g)	0.00 ^b	0.13 ^b	2.38 ^a	0.052
VBN (mg/100g)	8.55 ^b	9.98 ^{ab}	11.71 ^a	0.597
Creatinine (mg/100g)	2.42 ^{ab}	1.98 ^b	2.58 ^a	0.131
Creatine (mg/100g)	380.52 ^a	371.52 ^{ab}	350.62 ^b	6.499
Carnosine (mg/100g)	65.38 ^b	163.40 ^a	70.53 ^b	3.101
Anserine (mg/100g)	185.59 ^b	178.86 ^b	224.33 ^a	6.434

^{a-b} Means within the same row with different letters are significantly different (p<0.05).

¹⁾SEM; Standard error of means.

- 일반 육계 가슴육의 도축요인(기절방법)에 따른 품질·영양기능성분 간의 상관관계를 비교하여 [표 2-3-119]에 나타내었다. 가슴육 내 pH는 자격법이 CO₂ 기절법보다 낮았으며, L*값과 b*값이 가스 기절법보다 자격법이 높았다(p<0.05). 또한, VBN 함량이 CO₂+O₂ 기절법보다 자격법이 높았다(p<0.05). 영양기능성분 중 creatine 함량은 CO₂+O₂ 기절법이 자격법보다 높았다(p<0.05).

[표 2-3-120] Comparison of physicochemical and nutritional properties of chicken thigh meat from conventional farm by slaughter method

Trait	Gas stunning		Sticking (n=10)	SEM ¹⁾
	CO ₂ +O ₂ (n=10)	CO ₂ (n=10)		
pH	6.53 ^a	6.54 ^a	6.31 ^b	0.033
WHC (%)	57.72 ^a	58.27 ^a	50.59 ^b	1.157
CIE L*	53.72	54.06	55.21	0.487
CIE a*	6.23 ^b	6.99 ^{ab}	7.30 ^a	0.236
CIE b*	8.03 ^{ab}	7.46 ^b	8.67 ^a	0.298
Shear force (N)	21.10 ^b	21.12 ^b	23.81 ^a	0.468
Cooking loss (%)	26.86	27.02	27.29	0.738
Aerobic bacteria (Log CFU/g)	2.63 ^b	2.56 ^b	4.89 ^a	0.061
E.coli (Log CFU/g)	0.00 ^b	0.00 ^b	2.37 ^a	0.092
Coliform (Log CFU/g)	0.00 ^b	0.08 ^b	1.96 ^a	0.071
VBN (mg/100g)	6.23 ^b	9.03 ^a	9.35 ^a	0.318
TBARS (mg MDA/kg)	0.20 ^b	0.25 ^a	0.17 ^c	0.006
Palmitic acid (C16:0, %)	23.92	23.63	23.49	0.169
Stearic acid (C18:0, %)	6.96	6.40	6.91	0.142
Oleic acid (C18:1n9, %)	39.33 ^b	40.18 ^a	39.80 ^{ab}	0.197
Linoleic acid (C18:2n6, %)	16.67 ^b	16.94 ^{ab}	17.87 ^a	0.279
α-linolenic acid (C18:3n3, %)	0.86	0.94	0.94	0.038
Docosahexaenoic acid (C22:6n3, %)	0.19	0.17	0.13	0.020
Monounsaturated fatty acid (%)	48.60 ^{ab}	49.50 ^a	48.23 ^b	0.298
Creatinine (mg/100g)	3.59 ^a	1.75 ^c	2.51 ^b	0.138
Creatine (mg/100g)	335.75 ^b	287.19 ^c	362.89 ^a	7.372
Carnosine (mg/100g)	41.82 ^c	78.65 ^a	62.05 ^b	2.806
Anserine (mg/100g)	121.77 ^b	95.86 ^c	139.93 ^a	4.277

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different (p<0.05).

¹⁾SEM; Standard error of means.

○ 일반 육계 다리육의 도축요인(기절방법)에 따른 품질·영양기능성분 간의 상관관계를 비교하여 [표 2-3-120]에 나타내었다. 가슴육 내 pH는 자격법이 가스기절법보다 낮았으며, 전단력은 자격법이 가스기절법보다 높았다($p<0.05$). 또한, VBN 함량은 CO_2+O_2 기절법이 가장 낮은 함량을 나타내었으며, TBARS 함량은 자격법에서 가장 낮게 나타났다($p<0.05$). 지방산 조성 중 oleic acid 함량과 단가불포화지방산 비율은 CO_2 기절법에서 높게 나타났다. 영양기능성분 중 creatine 함량은 자격법, CO_2+O_2 기절법, CO_2 기절법 순으로 높게 나타났다($p<0.05$).

[표 2-3-121] Comparison of physicochemical and nutritional properties of chicken breast meat from animal welfare farm by slaughter method

Trait	Gas stunning		Sticking (n=10)	SEM ¹⁾
	CO_2+O_2 (n=10)	CO_2 (n=10)		
pH	6.05	6.00	6.04	0.020
WHC (%)	54.31 ^a	52.05 ^{ab}	50.26 ^b	1.005
CIE L*	53.27 ^b	53.19 ^b	55.16 ^a	0.447
CIE a*	2.19 ^a	1.71 ^b	1.81 ^{ab}	0.114
CIE b*	5.34 ^b	4.65 ^b	7.35 ^a	0.406
Shear force (N)	26.14 ^{ab}	24.44 ^b	28.09 ^a	0.604
Cooking loss (%)	17.96 ^{ab}	19.56 ^a	17.53 ^b	0.508
Aerobic bacteria (Log CFU/g)	2.49 ^b	2.65 ^b	5.30 ^a	0.048
E.coli (Log CFU/g)	0.00 ^b	0.00 ^b	3.01 ^a	0.117
Coliform (Log CFU/g)	0.00 ^b	0.06 ^b	2.82 ^a	0.154
VBN (mg/100g)	8.26	9.74	10.07	0.588
Creatinine (mg/100g)	2.52 ^a	2.07 ^b	2.74 ^a	0.117
Creatine (mg/100g)	341.91 ^b	368.05 ^a	326.99 ^c	3.699
Carnosine (mg/100g)	65.74 ^c	181.22 ^a	83.05 ^b	2.821
Anserine (mg/100g)	194.64 ^b	216.89 ^{ab}	234.89 ^a	6.437

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different ($p<0.05$).

¹⁾SEM; Standard error of means.

○ 복지 육계 가슴육의 도축요인(기절방법)에 따른 품질·영양기능성분 간의 상관관계를 비교하여 [표 2-3-121]에 나타내었다. 가슴육 내 L*과 b*값은 자격법이 가스기절법보다 높았다(p<0.05). 또한, 자격법은 CO₂ 기절법보다 높은 전단력과 낮은 가열감량을 나타내었다(p<0.05). 영양기능성분 중 creatine 함량은 CO₂ 기절법, CO₂+O₂ 기절법, 자격법 순으로 높게 나타났다(p<0.05).

[표 2-3-122] Comparison of physicochemical and nutritional properties of chicken thigh meat from animal welfare farm by slaughter method

Trait	Gas stunning		Sticking (n=10)	SEM ¹⁾
	CO ₂ +O ₂ (n=10)	CO ₂ (n=10)		
pH	6.53 ^a	6.47 ^a	6.33 ^b	0.029
WHC (%)	56.65 ^a	55.47 ^a	51.40 ^b	1.142
CIE L*	53.24 ^b	54.26 ^{ab}	55.85 ^a	0.612
CIE a*	8.29 ^a	7.28 ^b	7.65 ^{ab}	0.187
CIE b*	7.49	7.47	7.28	0.220
Shear force (N)	23.93	24.64	25.39	0.600
Cooking loss (%)	28.60 ^a	27.07 ^{ab}	25.22 ^b	0.854
Aerobic bacteria (Log CFU/g)	2.47 ^b	2.54 ^b	5.16 ^a	0.066
E.coli (Log CFU/g)	0.00 ^b	0.00 ^b	3.49 ^a	0.088
Coliform (Log CFU/g)	0.00 ^b	0.06 ^b	3.01 ^a	0.064
VBN (mg/100g)	5.86 ^b	8.53 ^a	8.78 ^a	0.312
TBARS (mg MDA/kg)	0.20 ^{ab}	0.22 ^a	0.17 ^b	0.008
Palmitic acid (C16:0, %)	22.00 ^c	23.90 ^b	23.18 ^a	0.158
Stearic acid (C18:0, %)	7.38 ^a	6.48 ^b	6.75 ^b	0.112
Oleic acid (C18:1n9, %)	37.31 ^b	39.94 ^a	39.12 ^a	0.258
Linoleic acid (C18:2n6, %)	20.57 ^a	16.89 ^c	19.12 ^b	0.308
α-linolenic acid (C18:3n3, %)	1.11 ^a	0.87 ^b	1.14 ^a	0.016
Docosahexaenoic acid (C22:6n3, %)	0.20 ^a	0.13 ^b	0.15 ^b	0.011
Monounsaturated fatty acid (%)	45.34 ^c	49.17 ^a	47.10 ^b	0.329
Creatinine (mg/100g)	3.94 ^a	2.09 ^c	3.02 ^b	0.144
Creatine (mg/100g)	328.76	313.73	321.18	7.358
Carnosine (mg/100g)	55.26 ^b	89.99 ^a	59.94 ^b	2.657
Anserine (mg/100g)	127.68 ^{ab}	111.81 ^b	140.50 ^a	5.643

^{a-c} Means within the same row with different letters are significantly different (p<0.05).

¹⁾SEM; Standard error of means.

○ 복지 육계 다리육의 도축요인(기절방법)에 따른 품질·영양기능성분 간의 상관관계를 비교하여 [표 2-3-122]에 나타내었다. 다리육 내 pH는 자격법이 가스기절법보다 낮았으며, L*값은 자격법이 CO₂+O₂ 기절법보다 높게 나타났다(p<0.05). 또한, 자격법은 CO₂+O₂ 기절법보다 낮은 가열감량을 나타내었다 (p<0.05). CO₂+O₂ 기절법은 유의적으로 가장 낮은 VBN 함량을 나타내었으며, TBARS 함량은 자격법에서 낮게 나타났다. Palmitic acid는 자격법에서 가장 높게 나타났으며, stearic acid와 docosahexaenoic acid는 CO₂+O₂ 기절법에서 높게 나타났고, oleic acid와 단가불포화지방산은 CO₂ 기절법에서 높게 나타났다(p<0.05), 영양기능성분 중 creatine 함량은 기절방법에 따른 차이를 보이지 않았다.

□ 육계(브로일러) 동물복지 기준 개선안 제시

- 최근 소비자들의 축산물에 대한 인식은 빠르게 변화하고 있다. 특히 소비자들의 가치소비에 대한 관심이 증가하면서 동물복지 닭고기에 대한 수요도 증가하고 있다. 우리나라 대형 E 유통마트에서도 최근 20-30대 젊은 층을 중심으로 가치소비가 늘고 있고 가격이 비싸더라도 자신의 가치와 부합하는 상품을 선택하고 구매하는 추세를 반영하기 때문이다. 동물복지육계를 포함한 동물복지 관련 신선제품의 전체 매출이 전년대비 46.5% 증가하고 있는 부분도 이를 뒷받침한다고 볼 수 있다. 일례로 우리나라 대표 동물복지 육계 업체 H사는 지속적으로 동물복지 인증을 받은 육계를 마켓컬리 등의 유통채널을 확대해서 추진하고 있다. 2020년 1월 마켓컬리에서 판매된 동물복지 닭가슴살은 출시 1년 반 후에 누적판매 84만개를 보였고 2021년 상반기에는 42만 7천개가 판매되는 등 전년 동기대비 매출이 4배로 증가하였다.
- 동물복지 축산물에 대한 내용이 도입되었을 당시 소비자들의 인식이 매우 낮았고 높은 가격에 외면을 받았다. 생산자들도 경제성이 맞지 않아 문제가 많아 주저하였으나 최근에는 가치소비에 대한 중요성 증가, 환경보호, 지속 가능한 지구환경에 대한 관심의 집중으로 앞으로도 크게 성장할 것으로 예상된다. 이를 반영하듯 동물복지 인증 육계농장은 지속적으로 증가하여 현재 2022년 1월 기준 육계동물복지 인증 농가수는 총 131호로 전라남도 16호, 전라북도 106호, 경상남도 5호, 경상북도 1호, 충청남도 2호, 충청북도 1호이다.
- 본 연구를 통해서 얻은 결론은 일반농장 육계와 동물복지 농장 육계간의 품질 차이는 크지 않은 것으로 판단된다. 즉, 동물복지농장 육계의 경우 다리육의 전단력이 다소 높아 쫄깃한 조직감을 보이고 pH가 낮으며 일부 생리활성물질의 함량이 높다는 차이를 볼 수 있었다. 국내 동물복지농장 인증 육계는 대기업에서 주로 판매 및 관리하고 있어서 일반농장과 동물복지농장에서 생산된 육계는 농장에서 출하된 후 거의 유사한 조건의 운송조건과 도계조건을 거치게 되므로 이들 육계의 차이는 거의 농장단계의 차이에 기인한 것으로 판단된다.
- 우리나라의 육계농장 동물복지 인증기준은 사육규모도 최소 육계 10,000마리, 토종닭 6,000마리, 삼계 17,000마리 이상이어야 하는 등, 아래에 제시한 바와 같이 상당히 까다롭게 관리되고 있다(동물복지 육계농장 인증 기준(제4조)). 유럽의 RSPCA 기준과 유사하여 국제 수준에서도 인정될 수 있는 기준이고 잘 관리되고 있어 본 연구를 통해서 육계동물복지 기준에 관한 개선해야 할 부분은 크게 없으나 다만 일반 관리자 및 현장관리자 등 실무관리자들의 교육이수 기준을 추가하는 것이 필요하다고 생각한다. 즉, 실무관리자들에게 동물복지라는 시스템이 육계산업에 미치는 영향, 동물복지 개념, 그리고 현장 관리 중 정신상태 등의 교육과정 이수를 유도해서, 동물복지농장 인증을 위한 점검이나 신청시에만 주로 관리하는 것이 아니라 꾸준히 관리할 수 있도록 의무교육을 통해 소비자들이 안심하고 신뢰하는 동물복지육계 생산시스템의 추가가 필요할 것으로 판단된다.

[동물복지 육계농장 인증기준(제4조)]

1. 이 기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

가. “육계”라 함은 식육을 얻기 위해 사육하는 닭으로 사육기간 별로 “육계”, “토종닭”, “삼계”로 구분한다

1) “육계”라 함은 28 ~ 35일 동안 사육하여 출하하는 닭을 말한다

2) “토종닭”이라 함은 (사)한국토종닭협회에서 인정하는 품종으로 70일 이상 사육하여 출하하는 닭을 말한다.

3) “삼계”라 함은 삼계탕을 생산하기 위하여 35 ~ 42일 동안 사육하여 출하하는 닭을 말한다

2. 인증 신청 사육규모는 최소 육계 10,000마리, 토종닭 6,000마리, 삼계 17,000마리 이상이어야 한다.

3. 인증기준

구 분	구 비 요 건
관리자 의무	(1) 관리자는 2년 이상 기록한 다음 사항의 경영관련 자료를 보관하고 농림축산검역본부 또는 관계기관이 열람을 요구하는 때에는 이에 응해야 한다. <ul style="list-style-type: none"> ① 동물의 입식·출하 현황, 폐사체 관리현황 ② 사육 개체수 및 계사(鷄舍) 내부 면적(사육밀도 포함) ③ 폐사 및 도태 수와 원인 ④ 사료의 생산·구입, 영양 성분 및 급여내용 ⑤ 사료 및 물 섭취량 ⑥ 점등 시간 ⑦ 계사 내 최고 및 최저 온도 ⑧ 청소 및 소독내용 ⑨ 약품·백신 구입·사용내용 및 질병 관리 현황 등 ⑩ 기계화·자동화 설비, 경보장치, 안전설비, 소방설비, 비상발전기 등의 점검내용 (2) 관리자는 화재, 수해, 정전, 자동화 설비 고장 등 긴급 상황에 대한 대비 계획을 수립하여 문서화하여야 한다.
닭의 건 강 상태 점검	(1) 관리자는 닭이 병들거나 상처 입었거나 이상행동을 보이는 지 다음 사항에 따라 매일 1회 이상 정밀 점검을 실시하여야 한다. <ul style="list-style-type: none"> ① 닭의 무리를 지나갈 때는 닭에게 두려움을 유발하거나 외상을 입히지 않도록 언제나 천천히 신경 써서 이동해야 한다. ② 닭의 서있는 자세, 걸음걸이, 움직임, 활력, 눈의 상태와 경계하는 태도, 상처, 호

	<p>흡, 깃털, 피부, 부리, 다리, 발, 발톱, 벃, 고기수염, 외부 기생충, 울음소리, 사료와 물의 섭취량과 행동, 배설물의 상태 등과 이상행동 여부를 관찰한다.</p> <p>③ 사육환경 또는 질병 등에 의해 고통을 받고 있는 닭이 있는지 확인한다.</p> <p>(2) 점검을 통해 이상행동을 하거나 질병 및 부상 등 고통을 받는 닭이 발견되면 적합한 방식으로 신속하게 조치를 취해야 한다. 만일 관리자가 조치하기 어려우면 가능한 빨리 수의사의 진료를 받아야 한다.</p> <p>(3) 점검이 끝나면 다음 사항의 점검 내용에 대해 기록을 남겨야 한다. (다음의 기록사항이 있을 경우에 날짜 와 함께 기록)</p> <p>① 폐사 및 도태 수와 사유, 도태 방법 ② 이상행동을 하거나 질병 및 부상당한 닭의 수와 원인, 조치내용</p>
건강관리	<p>(1) 관리자는 닭의 질병 및 부상을 예방하도록 수의사의 자문을 받아 예방 접종 등 질병예방 프로그램을 세우고 문서화하여야 한다(수의사의 서명 포함).</p> <p>(2) 발에 나타나는 상처나 증상, 복막염, 카니발리즘, 심각한 깃털 손실, 붉은 진드기로 인한 피해 등에 주의를 기울여야 한다.</p> <p>(3) 내·외부 기생충은 적절한 구충약으로 방제한다.</p> <p>(4) 닭의 건강이 나빠 보이거나 행동의 변화를 보일 때는, 그 원인을 밝히고 그에 따라 처치, 격리, 도태, 환경 개선 등 적절한 대책을 세워야 한다. 만일 즉시 고칠 수 없는 환경요인에 문제가 있을 때는 계사를 비우고 이를 개선하여야 한다.</p> <p>(5) 질병이나 상처가 있는 닭은 마른 깔짚이 깔린 편안한 휴식 공간에 격리하여 치료한다.</p>
급이	<p>(1) 모든 닭은 품종, 연령 등에 따라 영양 균형이 맞는 사료를 매일 1회 이상 부당한 경쟁 없이 충분히 섭취할 수 있어야 한다. (수의사의 별도 지시 제외)</p> <p>(2) 사료의 영양성분에 대한 내용을 직접 기록하거나 사료 제조사로부터 확보하여 이를 보관하여야 한다.</p> <p>(3) 사료를 먹기 어려운 닭이 있으면 적합한 조치를 취해야 한다.</p> <p>(4) 닭에게 유해하거나 상처를 가할 수 있는 사료를 제공해서는 안 된다.</p> <p>(5) 포유류 또는 조류 유래 단백질을 포함하는 사료를 제공하여서는 안 된다. 다만, 우유, 계란 유래 단백질은 제외한다.</p> <p>(6) 닭이 먹을 수 있는 풀을 제공하도록 노력하여야 한다</p> <p>(7) 수의사의 별도 지시를 제외하고 사료나 물을 제한해서는 안 된다. 다만 도계를 할 경우에는 도계 시작 시간을 기준으로 12시간 이내로 사료를 제한할 수 있다.</p> <p>(8) 급이기의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 급이기는 모든 닭의 접근이 용이한 위치에 오염이 되지 않도록 설치하고 관리해야 한다.</p> <p>② 육계·토종닭은 65수당, 삼계는 110수당 지름이 33cm 내외의 원형 또는 타원형태의 급이기를 1대 이상 제공하여야 한다</p>

	<p>③ 급이기 위에 전류가 흐르는 철사를 설치하는 것은 금지한다. 닭이 급이기를 왜 대용으로 사용하여 사료 오염 가능성이 있는 경우, 닭이 급이기 위에 올라가지 못하도록 롤러 바 설치 등 개선방안을 강구하여야 한다.</p> <p>(9) 공급되는 사료 등에 소화를 돕는 성분이 포함되지 않은 경우에 한하여 닭이 소화를 돕기 위한 모래를 일주일에 최소 1회 이상 이용할 수 있어야 한다.</p>
급수	<p>(1) 수의사의 별도 지시를 제외하고, 닭에게 신선하고 깨끗한 물을 항상 제공하여야 한다.</p> <p>(2) 물은 최소 1년에 1회 이상 정기적으로 검사(상수도 급수 시 면제)하고 그 기록을 2년 이상 보관해야 하며, 수질 기준은 「지하수의 수질보전 등에 관한 규칙」 제 11조에 따른 생활용수 수질기준에 적합해야 한다. 다만 일반세균은 1mL 중 1,000CFU(Colony Forming Unit)를 초과해서는 안된다</p> <p>(3) 겨울에도 급수가 항시 가능하도록 대책을 마련하여야 한다.</p> <p>(4) 급수기의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 급수기는 모든 닭의 접근이 용이한 위치에 오염이 되지 않도록 설치하고 관리해야 한다.</p> <p>② 니플형은 10마리당 1개 이상, 컵형은 28마리당 1개 이상 설치하여야 한다.</p> <p>③ 닭 1마리당 급수공간은 선형일 경우 최소 2.5cm, 원형일 경우 최소 1cm 이상 되어야 한다.</p> <p>④ 20마리 이하의 닭을 사육하는 우리에는 언제나 1대 이상의 급수기가 있어야 한다</p> <p>⑤ 급수기는 닭의 크기와 연령에 맞는 최적의 높이에 위치하여야 한다.</p> <p>⑥ 급수기 위에 전류가 흐르는 철사를 설치하는 것은 금지한다.</p>
준수사항	<p>(1) 일반농장이 동물복지 축산농장으로 전환하거나 일반농장에서 사육된 닭을 입식하여 동물복지 축산물을 생산·판매하려는 경우에는 입식 후 4주 이상을 동물복지 육계농장 인증기준에 따라 사육하여야 한다.</p>
인도적 도태	<p>(1) 보행장애, 골절, 탈항 등 심각한 상처, 발작 등의 증상으로 회복이 곤란하거나, 참을 수 없을 정도의 극심한 고통을 겪고 있는 닭은 즉시 인도적인 방법으로 도태시켜야 한다.</p> <p>(2) 닭의 고통을 최소화하기 위한 인도적 도태 방법으로 다음 사항의 방법만 허용되며, 이에 대해 정확히 숙지하고 숙련되어 있는 자만이 인도적 도태를 수행할 수 있다.</p> <p>① 휴대용 전기충격기의 사용 후 즉시 방혈</p> <p>② 목의 탈구</p> <p>(3) 닭이 죽었는지 반드시 확인한 후 지체 없이 사체를 처리하여야 한다.</p>
사육시설	<p>(1) 계사의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 계사는 가능한 충분한 자연환기와 햇빛이 제공되도록 시설하여야 한다.</p> <p>② 사육 시설에 이용되는 재료와 구조는 날카로운 모서리나 돌출부 등 물리적·화학적 인 요소로 인해 닭에게 스트레스를 주거나 해를 끼치지 않는 것이어야 하고,</p>

	<p>철저히 소독하고 깨끗하게 관리해야 한다.</p> <p>③ 계사 형태 및 사육 시설은 닭의 건강을 유지하고 생리적 욕구를 충족시킬 수 있어야 하며, 폐쇄형 케이지 등에서 지속적으로 가두어 사육해서는 안 된다.</p> <p>④ 계사는 관리자가 모든 닭을 쉽게 관찰할 수 있으며, 필요 시 적절한 조치를 취할 수 있도록 닭에게 즉시 접근할 수 있는 구조이어야 한다.</p> <p>⑤ 포식동물, 쥐 등 설치류, 해충, 기생충으로부터 닭이 피해를 입지 않도록 시설하고 정기적으로 구서작업을 하는 등 관리하여야 한다.</p> <p>(2) 화의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 육계 1,000수당(토종닭 800수당, 삼계 1,700수당) 헷대 2m를 제공해주어야 한다.</p> <p>② 화의 굵기는 직경 3~6cm (모서리가 둥글게 처리되고 폭이 약 4cm인 사각형 모양의 화를 권장한다), 화와 화 사이의 간격은 최소 30cm 이상이며 벽으로부터 20cm 이상 떨어져 있어야 하고 화의 높이는 바닥으로부터 약 10~100cm 높이어야 한다</p> <p>③ 쉽게 접근할 수 있어야 하고 닭에게 상처를 주지 않는 구조물로 만들어져야 한다</p> <p>④ 화는 가능한 아래에 위치한 다른 닭이 배설물에 의해 오염되지 않는 장소에 설치한다.</p> <p>(3) 가능한 닭의 쪼는 행동욕구를 충족시킬 수 있도록 쪼는 물건(양배추등 각종채소류, 나무조각 등)을 제공하여야 한다</p> <p>(4) 깔짚의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 계사 내 모든 바닥은 전부 깔짚으로 덮여 있어야 하며, 닭이 모래목욕 등 생리적 욕구를 충족시키기에 충분한 깊이가 유지되어야 한다.</p> <p>② 깔짚은 충분히 깔아야 하며 위생적으로 관리되어야 한다</p> <p>③ 깔짚은 깨끗하고 마른 상태여야 하며, 깔짚이 건조하게 잘 유지되는지 매일 점검하여야 한다.</p> <p>④ 사용하는 깔짚이 물에 젖거나 오염되면 교체 또는 보충해주어야 하며, 깔짚을 주기적으로 교체하거나 소독하는 등 방역에 주의를 기울여야 한다.</p>
사육밀도	<p>(1) 계군의 크기, 계사 구조, 온도, 환기 등을 고려해 적절한 공간을 제공하여야 한다.</p> <p>(2) 모든 닭이 어려움 없이 정상적으로 일어서고, 돌아다니고, 날개를 뻗을 수 있고 화에 올라타거나 편안히 앉아 있을 수 있어야 한다.</p> <p>(3) 계사 내 닭의 최소 사육밀도는 아래 기준을 초과해서는 안된다</p> <ul style="list-style-type: none"> - 육계·토종닭 : 19수 이하 및 30kg/m² 이하 - 삼계 : 35수 이하 및 30kg/m² 이하
사육환경	<p>(1) 계사 내 조명(照明)의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 계사의 조명 시간은 매일 최소 8시간 이상의 연속된 명기(明期) 및 최소 6시간 이상의 연속된 암기(暗期)를 준수하여야 한다.</p>

	<p>② 자연광이 부족할 때에는 적절히 인공조명을 제공한다.</p> <p>③ 인공조명의 경우 단계적이거나 점진적인 방식으로 스위치가 작동하는 등 닭이 암기에 대비할 수 있도록 하여야 한다.</p> <p>(2) 계사 내 조명도(照明度)의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 낮 시간 동안 계사 내부는 닭이 어려움 없이 주변을 볼 수 있고 관리자가 닭을 제대로 관찰할 수 있도록 충분히 밝아야 한다.</p> <p>② 조명시설의 조명도는 최소 20lux 이상이 되어야 한다.</p> <p>③ 계사 내부 모든 곳의 조명도는 균일하여야 한다.</p> <p>(3) 계사 내 공기 오염도의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 먼지 및 가스 농도는 닭에게 해롭지 않은 수준이어야 하며, 사람이 감지할 수 있을 정도로 불쾌한 수준이어서는 안 된다.</p> <p>② 암모니아 농도는 10ppm 미만이 이상적이며 25ppm을 넘어서는 안 된다.</p> <p>③ CO₂ 농도는 5,000ppm을 넘어서는 안 된다.</p> <p>(4) 계사 내 온도의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 적절한 단열 및 보온시설을 하여 극심한 고온 및 저온에서 닭이 스트레스를 받지 않도록 하여야 한다.</p> <p>② 강렬한 직사광선에 닭이 오랫동안 노출되지 않도록 하여야 한다.</p> <p>(5) 열 스트레스 감소를 위한 시설들을 갖추고 있어야 한다</p> <p>① 적절한 환기와 송풍팬 등 활용하여 열스트레스를 감소시켜야 한다</p> <p>(6) 계사 내 소음의 기준은 다음과 같다.</p> <p>① 닭에게 스트레스를 가할 정도로 소음이 나는 설비는 사용하지 않아야 한다.</p> <p>② 환기 팬, 급이기 등의 시설로 인한 소음은 최소화해야 한다.</p> <p>③ 큰소리나 잡음, 갑작스런 소음은 방지하여야 한다.</p>
자동화 기계화 설비	<p>(1) 닭의 사육에 이용하는 기계 및 자동화 설비는 1일 1회 이상 점검하여 결함이 없도록 관리해야 한다.</p> <p>(2) 설비의 결함이 발견되면 즉시 수리해야 하며, 바로 수리가 곤란할 경우에 대비하여 자동 급이·급수·환기 장치 등의 고장 시 대체할 수 있는 방법을 강구해 두어야 한다.</p> <p>(3) 설비의 결함 시 닭이 불필요한 고통과 스트레스를 받지 않도록 보호할 수 있는 조치를 즉시 취해야 하며 결함을 수리할 때까지 닭을 지속적으로 관리하여야 한다.</p> <p>(4) 주전원을 사용하는 모든 전기시설에 대해서는 다음 사항을 준수하여야 한다.</p> <p>① 닭이 콘센트, 전선 등에 접근하지 못하도록 하여야 한다.</p> <p>② 전선은 절연상태가 좋아야 한다.</p> <p>③ 설치류에 의한 전기 사고를 예방하여야 한다.</p> <p>④ 접지 상태가 적합하여야 한다.</p>

	<p>⑤ 해당 관리 기관이나 자격 소지자에게 2년에 최소 1회 이상 검사를 받아야 한다.</p> <p>(5) 보조전력 공급장치 등 전기 장치 고장이나 정전에 대비한 대책을 세워 두어야 하며, 주로 인공 환기시설로 환기를 하는 경우 정전 및 환기시설 고장 시 경보하는 장치를 설치하여야 한다.</p> <p>(6) 예비대책과 경보체계에 대해서는 최소 1주에 1회 이상 철저히 검사해야 하고, 결함이 발견되면 즉시 수리하여야 한다.</p>
방역 및 청소	<p>(1) 계사 입구에는 방역을 위한 전실을 설치하고 소독조에서 장화 등 소독을 철저히 하여야 한다.</p> <p>(2) 농장과 사육 관련 시설과 장비는 청결하게 유지하여야 한다.</p> <p>(3) 닭의 건강과 계사의 청소 및 소독을 위해 모든 계사를 동시에 비우는 올인-올아웃 시스템으로 사육한다. 다만, 올인-올아웃 시스템 적용이 어려운 농가는 고정식 소독장치 설치운영 등 방역 및 소독을 강화하여야 한다</p> <p>(4) 닭을 입식하기 전에는 계사를 비운 다음에 깨끗이 청소하고 철저히 소독하여야 한다.</p> <p>(5) 차단 방역을 위하여 계사 및 주변 소독을 정기적으로 실시하여야 한다.</p> <p>(6) 농장 출입차량 및 출입자에 대해 소독을 실시하는 등 「가축전염병예방법」에서 정한 소독실시 기준을 준수 하여야 한다.</p> <p>(7) 계분은 퇴비로 만들어 농경지에 환원함으로써 유기적으로 순환토록 하는 것을 권장하며, 계분의 적절한 처리에 관해서는 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 등 관련 법규를 준수하여야 한다.</p>

4. 인증평가표

□ 일반기준

평가항목	평가 기준	적합(Y) 여부
일반기준	농장 내에 일반(관행) 사육 방법을 적용하는 계사가 없는가?	Y: 없음 N: 있음
	사료 및 음수에 항생제·합성항균제·성장촉진제 및 호르몬제 등의 동물용의약품을 첨가하지 않는가? 질병 치료를 위해 동물용 의약품 사용 시 수의사 처방전을 구비하고 있는가?	Y: 미첨가 N:첨가 (처방전미구비)
	동물복지 관련 정기교육을 이수하였는가? (* 동물복지 관련 정기교육 수료증 확인 및 고용인에게 교육 내용 전달 여부 확인)	Y: 이수 N: 미이수

□ 사양관리 방법

평가항목	평가 기준	배점/적합(Y) 여부
관리 기록	기록의 보관 상태가 양호하며 기록의무사항이 성실하게 작성되어 있는가? (* 각 항목별로 1점씩 부여하되 기록이 불량할 경우 0점 처	10

평가항목	평가 기준	배점/적합(Y) 여부
자의무 (10)	리)	
	1. 동물의 입식·출하 현황 폐사체 관리현황	1
	2. 사육 개체수 및 계사(鷄舍) 내부 면적(사육밀도 포함)	1
	3. 사료의 생산·구입, 영양 성분 및 급여내용	1
	4. 폐사 및 도태 수와 원인	1
	5. 사료 및 물 섭취량 (측정이 불가능할 경우 1점 처리)	1
	6. 점등 시간	1
	7. 계사 내 최고 및 최저 온도	1
	8. 청소 및 소독내용	1
	9. 약품·백신 구입·사용내용 및 질병 관리 현황 등	1
	10. 기계화·자동화 설비, 경보장치, 안전설비, 소방설비, 비상발전기 등의 점검내용	1
대비계획	화재, 수해, 정전 등 긴급 상황에 대한 대비계획이 문서화되어 있고 실현 가능한가? (* 관리자 서류확인)	Y: 문서화, 실현 가능 N: 문서화되어 있지 않거나 실현 불가능
닭의 건강상태 등 점검 (15)	관리자가 닭을 정밀하게 점검하는가? (* 관리자에게 닭의 건강 상태를 점검하는 것을 시연하도록 요청하고 이에 대한 평가 실시)	1~5 N: 시연 거부/미점검
	기록 의무사항에 대한 기록이 잘 유지되고 있으며 성실하게 작성되어 있는가?	1~5 N: 기록 없음
	이상행동을 하거나 질병 및 부상 등 고통을 받는 닭에 대한 조치가 적절하게 이루어지고 있는가? (* 기록 내용과 닭의 상태를 보고 평가)	1~5 N: 미조치
건강관리	질병 예방 프로그램이 문서화되어 있는가? (* 수의사의 서명 및 내용 확인)	Y: 있음 N: 없음, 수의사 서명없음, 내용 부실
	구충 내·외부 기생충은 적절한 구충약으로 방제하고 있는가?	Y: 방제, 기생충 문제없음 N: 방제 안함
	격리 마른 깔짚이 깔린 적절한 격리시설이 있는가?	Y: 있음 N: 없음
급이 (20)	사료 영양 균형이 맞는 사료를 매일 1회 이상 충분히 제공하고 있는가?	4~5: 사료품질 양호, 자유급이
		2~3: 사료품질 양호, 제한급이
		0~1: 사료

평가항목	평가 기준	배점/적합(Y) 여부		
	기록	사료의 영양성분에 대한 기록을 보관하고 있는가?	품질 불량, 불충분 3~5: 기록 양호 1~2: 기록 미흡 0:기록 없음	
		조치	사료를 먹기 어려운 닭에 대해 적절한 조치를 취하고 있는가? (* 조치 내용 기록)	1~5 N : 미조치
		금지	사료에 포유류 또는 조류 유래 단백질이 포함되어 있지 않은가? (* 우유 및 계란 유래 단백질 제외, 영양성분 기록 등 확인)	Y: 미포함 N: 포함
	급이 기	급이기는 오염이 되지 않도록 적절하게 설치 및 관리되고 있는가? (* 오염방지 장치내역 및 오염상태 등 기록)	4~5: 급이기 오염방지 장치 설치, 오염 가능성 낮음 3: 오염도 양호 0~2: 심한오염	
		급이기는 기준에 적합한가? (실측치 기록) * 원형 또는 타원형태 급이기 : 33cm - 육계·토종닭 65수당 1대 이상 - 삼계 110수당 1대 이상	Y: 모두 적합 N: 한 개 이상 부적합	
		급이기 위에 전류가 흐르는 철사가 설치되어 있지 않은가?	Y: 미설치 N : 설치	
	모래	소화를 돕기 위해 닭이 모래를 일주일에 최소 1회 이상 이용할 수 있는가?(공급되는 사료 등에 소화를 돕기 위한 성분이 포함되지 않은 경우에 한함) (* 모래 제공 현황 기록)	Y: 이용 N : 이용 불가	
	급수 · 준수 사항 (5)	급수	수의사의 별도 지시를 제외하고 닭에게 신선하고 깨끗한 물을 항상 제공하는가?	Y N : 심한 오염/제한 급수
		검사	물은 최소 1년에 1회 이상 정기적으로 검사하고 그 기록을 2년 이상 보관하고 있는가? 수질 기준은 적합한가?	Y N : 기록없음, 미검사, 수질 기준 부적합
		겨울 급수	겨울에도 급수가 항상 가능하도록 대책이 마련되어 있는가? (* 대비 내용 기록)	Y N : 대책 없음
급수 기		급수기는 오염이 되지 않도록 적절하게 설치 및 관리되고 있는가? (* 오염방지 장치내역 및 오염상태 등 기록)	4~5: 급수기 오염방지 장치 설치, 오염 가능성 낮음 3: 오염도 양호 0~2:	

평가항목	평가 기준	배점/적합(Y) 여부
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">급수기</div> <div style="margin-bottom: 10px;">급수기</div> <div style="margin-bottom: 10px;">기타</div> <div>인도적 도태(10)</div> </div>	급수기는 기준에 적합한가?(실측치 기록)	심한오염 Y: 모두 적합
	<ul style="list-style-type: none"> - 니플형 갯수 : 10마리당 1개 이상 - 컵형 개수 : 28마리당 1개 이상 - 선형 급수공간 : 1마리당 최소 2.5cm 이상 - 원형 급수공간 : 최소 1cm 이상 - 20마리 이하 사육하는 우리에는 항상 1대 이상 급수기 설치 	N: 한 개 이상 부적합
	급수기 위에 전류가 흐르는 철사가 설치되어 있지 않은가?	Y: 미설치 N : 설치
	일반농장에서 입식한 경우 최소4주 이상 동물복지 육계농장 인증기준으로 사육하였는가?	Y: 사육 N: 미사육
	농장 내에 육계 이외의 동물을 식용을 목적으로 사육하지 않는가? (* 사육축종과 마리수 기록)	Y: 미사육 N: 사육
인도적 도태(10)	닭을 인도적으로 도태하는 방법을 정확히 숙지하고 숙련되어 있는가? (* 도태 방법 기록 및 실제 도태를 실시하는 인력과 면담 실시)	0 ~ 10

□ 사육시설 및 환경

평가항목		평가 기준	배점/적합(Y) 여부
사육 시설 등 (15)	사육 시설	가능한 충분히 자연환기와 햇빛을 제공하는 구조인가?	0 ~ 5
		사육 시설에 이용되는 재료와 구조는 날카로운 모서리나 돌출부 등 물리적·화학적인 요소로 인해 닭에게 스트레스를 주거나 해를 끼치지 않는 것인가?	0 ~ 5
		사육 시설은 철저히 소독하고 깨끗하게 관리되고 있는가?	0 ~ 5
		폐쇄형 케이지 등에서 지속적으로 가두어 사육하지 않는가? (*사육 형태 기록)	Y N: 지속적 감금
		계사는 관리자가 모든 닭을 쉽게 관찰할 수 있으며, 닭에게 즉시 접근할 수 있는 구조인가?	Y N : 일부라도 관찰이나 접근이 어려움
		포식동물, 쥐 등 설치류, 해충으로부터 닭을 보호할 수 있는가? (보호방법을 구체적으로 기록)	Y N : 보호 장치 없음
		회	회는 기준에 적합한가? (* 실측치 기록) - 육계 1000수, 토종닭 800수, 삼계 1700수 당 2m 제공 - 굵기 : 직경 3~6cm - 회 사이 간격 : 최소 30cm 이상 - 높이 : 최소 10cm ~ 최대100cm - 벽과의 거리 : 최소 20cm 이상
	깔짚	깔짚은 기준에 적합한가? (* 실측치 기록) - 계사 내 모든 바닥은 전부 깔짚으로 덮여 있으며 충분한 깊이인가? - 깔짚은 깨끗하고 마른 상태인가?	Y: 모두 적합 N: 한 개 이상 부적합
	사육 밀도	사육밀도는 기준에 적합한가? (* 실측치 기록) - 육계·토종닭 : m ² 당 19수 이하 및 30kg/m ² 이내 - 삼계 : m ² 당 35수 이하 및 30kg/m ² 이내	Y: 적합 N: 부적합
	사육 환경 (10)	조명	조명시간은 기준에 적합한가(* 기록을 확인하여 계절별 점등시간 기록) - 매일 최소 8시간 이상의 연속된 명기 - 매일 최소 6시간 이상의 연속된 암기
인공조명의 경우 단계적이거나 점진적인 방식으로 스위치가 작동하는 등 닭이 암기에 대비할 수 있는 방법이 마련되어 있는가?			5:점진적방식조명 0: 일반조명
조명도		조명도는 기준에 적합한가? - 낮 시간 동안 계사 내부는 닭이 어려움 없이 주변을 볼 수 있고 관리자가 닭을 제대로 관찰할 수 있도록 충분히 밝은가? - 계사내 조명도 : 최소 20 lux 이상 (* 실측치 기록)	Y: 적합 N: 한 개 이상 부적합
공기 오염도		공기오염도는 기준에 적합한가? (* 실측치 기록) - 암모니아 농도: 25ppm 이하 - CO ₂ 농도 : 5,000ppm 이하	Y: 적합 N: 한 개 이상 부적합

평가항목	평가 기준	배점/적합(Y) 여부	
	계사 내 먼지 및 가스 냄새로 불쾌감을 느끼는가?	0 ~ 5	
	온도 적절한 단열 및 보온시설이 있는가? (* 계사 내 최고 온도와 최저 온도 기록 상황 확인 및 평가 시 온도 기록)	Y: 단열/보온시설이 있거나 필요없음 N: 단열/보온시설 없음	
	소음 불쾌감을 느낄 정도로 소음이 지속적으로 나거나 소음을 내는 설비가 없는가?	Y: 없음 N: 있음	
자동화 기계화 설비	점검 자동 급이·급수·환기 장치 등 자동화기계화 설비의 작동 상태가 양호한가? (* 작동 상태 확인)	Y: 양호 N: 한 개 이상 불량 또는 고장	
	대체 방법 자동 급이·급수·환기 장치 등의 고장 시 대체할 수 있는 방법이 마련되어 있는가?	Y: 있음 N: 없음	
	전기 시설	닭이 콘센트, 전선 등에 접근하지 못하도록 되어있는가?	Y: 접근 불가능 N: 접근 가능
		해당 관리 기관이나 자격 소지자에게 정기적으로 검사를 받고 있는가?(* 2년에 최소 1회 이상 검사 기록 확인)	Y: 검사기록 있음 N: 검사 기록 없음
	경보 장치	전기 장치 고장이나 정전에 대비한 대책이 마련되어 있는가?	Y: 있음 N: 없음
		정전 및 환기시설 고장 시 경보하는 장치가 설치되어 있고 정상적으로 작동하고 있는가?(주로 인공 환기시설로 환기를 하는 경우에만 평가)	Y: 있음, 정상 작동 N: 없거나 고장
방역 및 청소 (15)	전실 방역을 위한 전실이 설치되어 있고 소독조에서 장화 등을 소독을 실시하는가?	1~5: 설치, 소독 실시 N: 미설치	
	소독 가	계사 및 주변 소독을 정기적으로 실시하는가?	5: 정기적 실시 3: 비정기적 실시 0: 미실시
		울인 올라웃 시스템 사육 또는 고정식 소독장치를 설치 운영하는가	Y: 운영(설치) N: 미운영(미설치)
		농장 출입차량에 대해 소독을 실시하는가?	1~5: 실시 N: 소독 미실시
	가축분뇨 처리	「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 따른 가축분뇨배출시설	Y: 있음 N: 없음

평가항목		평가 기준	배점/적합(Y) 여부
		치허가증 또는 신고대상배출시설설치신고증명서를 구비하고 있는가 ?	
가 점 사 항 (5)	유기 축산	유기축산으로 인증 받았는가? (인증서 확인)	3
	HA CCP	HACCP 지정 받았는가? (지정서 확인)	2
합계		※ 판정 기준 1. 배점 기준 : 우수 - 5, 양호 - 4, 보통: 3, 미흡 - 2, 부족 - 1, 열악, 없음 또는 평가불가능 - 0 2. 합계 점수가 80점 미만일 경우 부적합 판정 3. N이 1개라도 있는 경우 부적합 판정	100 (가점 5)

□ 닭의 상태 평가

평가항목	평가 기준	배점
눈의 활력과 상태	전체적으로 눈에 활력이 있고 반짝임	5
깃털의 상태	전체적으로 깃털이 윤기가 나고 깨끗함	5
발, 발톱, 다리, 서있는 자세, 걸음걸이	전체적으로 발과 발톱, 다리가 정상이고, 서있는 자세가 바르며, 움직임과 걸음걸이가 활발함	5
사료와 물의 섭취 행동	전체적으로 섭취행동에 활력이 있음	5
건강상태	심한 부상을 입었거나 병든 것이 확실한 닭이 없음 (* 경미한 부상 또는 질병으로 격리되어 있는 닭은 제외)	5
합 계	※ 판정 기준 1. 배점 기준 : 우수 : 5, 양호 : 4 보통: 3, 미흡 : 2, 부족 : 1, 열악 또는 평가불가능 : 0 2. 합계 점수가 20점 미만일 경우 부적합 판정	25

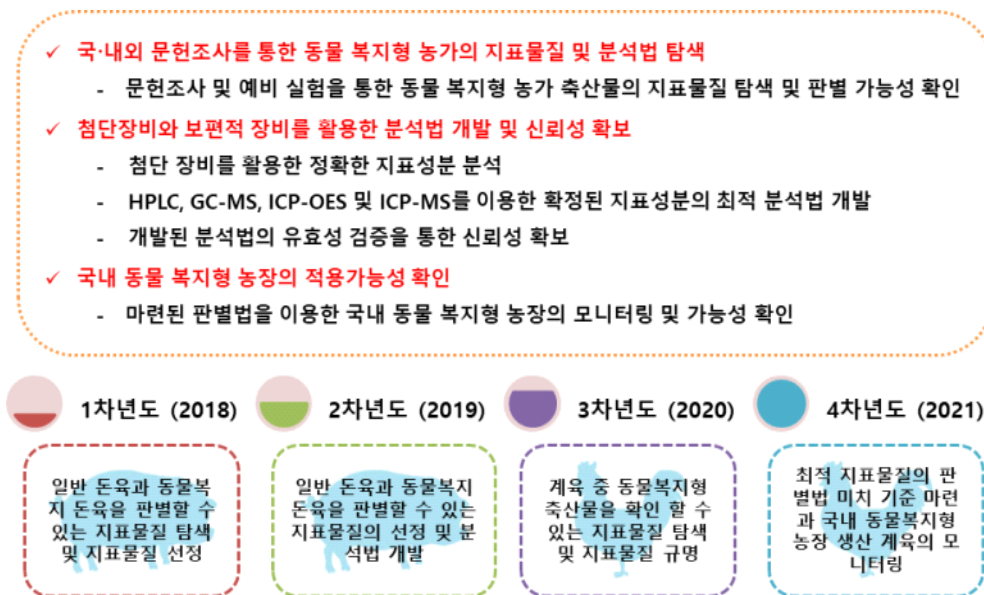
□ 동물복지형 자유방목(추가 사항)

평가항목	평가 기준	적합(Y) 여부
방목장 시설면적	방목장 면적이 1마리당 1.1㎡ 이상인가? (* 실측치 기록)	Y: 적합
		N: 부적합
출입구	출입구는 기준에 적합한가? (* 실측치 기록) - 높이 : 45cm 이상	Y: 적합

평가항목	평가 기준	적합(Y) 여부
	<ul style="list-style-type: none"> - 너비 : 50cm 이상 - 각 출입구의 너비를 모두 합한 총 너비 : 닭 1,000마리당 총 2m 이상 - 닭이 이용할 수 있는 가장 가까운 방목장 출입구의 위치 : 최대 20m 이내 	<p>N: 한 개 이상 부적합</p>
차양시설	<p>차양시설/쉼터는 기준에 적합한가 ?(* 실측치 기록)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 닭 412마리 당 최소 3.3㎡ 이상 - 위치: 출입구로부터 20m 이내에서부터 방목장 전체에 골고루 설치 	<p>Y: 적합</p> <p>N: 한 개 이상 부적합</p>
방목장 환경	방목장에 살아있는 풀(식물)이나 잡관목 등이 있고 물빠짐이 좋은가?	<p>Y</p> <p>N: 살아있는 풀(식물)이나 잡관목 등이 거의 없거나 물빠짐이 매우 불량</p>
계분 오염	방목장에서 계분이 외부로 유출되지 아니하도록 유지·관리하는가?	<p>Y : 외부로 유출되지 않음</p> <p>N: 외부로 유출되거나 유출 가능성이 큼</p>
합 계	※ 판정 기준 : N이 1개라도 있을 경우 부적합 판정	-

제 4 절 돼지를 사육하고 있는 동물복지 농장의 축산물을 판별할 수 있는 이화학적 지표물질 탐색

- 일반농장과 동물복지형 농장의 생산 축산물에서 판별할 수 있는 지표성분 규명 및 판별 기준 마련
- 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS), 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES)를 통한 무기성분 분석 및 통계처리 진행
- 가스크로마토그래피(GC/MS)를 이용한 휘발성 유기성분 분석
- 액체크로마토그래피(LC), 액체크로마토그래피-질량분석기(LC-MS)를 이용한 비휘발성 유기성분 분석
- 다양한 분석기기를 사용하여 결과를 얻은 후 지표성분을 규명하고 이를 통한 판별 가능성이 높은 최적의 분석법을 수립
- 지표성분 분석법의 유효성 검증을 통한 신뢰성 확보
- 차년도 별 분석대상 나누어 분석에 실행



[그림 2-4-1] 연구과제 수행 목표

- 본 연구팀의 다수의 이화학적 분석법을 개발한 바 있기 때문에 일련의 과정에 대해 전문도 높게 접근할 수 있음
- 해당 식품원료에 대한 무기원소, 비휘발성 유기성분, 휘발성 유기성분 등 전반적인 이화학적 분석을 진행함으로써 지표성분을 확립하고 판별력, 간편성 및 비용절감 부분에서 최적의 분석법을 개발하는데 용이할 것임



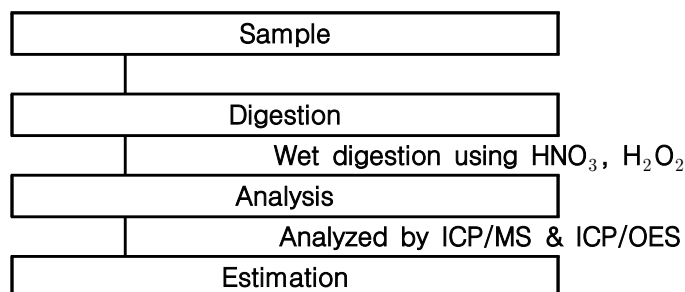
[그림 2-4-2] 연구개발 진행 모식도

○ 진위 판별에 많이 사용되는 분석 장비인 가스크로마토그래피 질량분석기(GC-MS), 액체 크로마토그래피(LC), 액체 크로마토그래피-질량분석기(LC-MS), 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS) 및 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES) 등의 기기를 활용하여 시료의 휘발성 유기성분, 비휘발성 유기성분, 무기성분 등의 화학적 분석을 하고자 함

○ 분석대상 시료 : 일반농장과 동물 복지형 농장에서 생산된 축산물의 판별을 위하여 분석대상 시료(돼지고기와 닭고기)를 단백질, 지방 및 뼈로 나누어 각 실험의 시료로 이용하고자 함

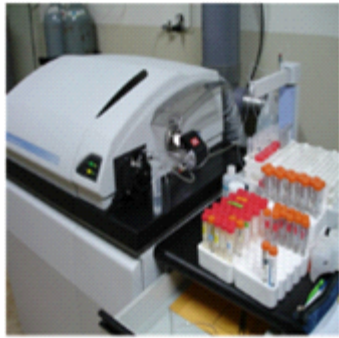
가. 무기성분 분석: ICP-MS 및 ICP-OES를 이용한 미량 및 다량 무기성분 분석을 통한 지표 성분 확인

○ 분석방법 : 시료 (0.5 g)을 Teflon Vessel에 취한 후, 70% HNO₃ 7 mL, 30% H₂O₂ 1 mL를 첨가하여 top wave microwave system (Analytik jena, Jena, Germany)으로 산분해 전처리한 후 ICP-MS 또는 ICP-OES를 통하여 미량 및 다량 무기성분 분석



[그림 2-4-4] ICP-MS 및 ICP-OES의 분석방법 모식도

[표 2-4-1] 무기분석을 위한 ICP-MS와 ICP-OES의 분석 기기조건



ICP-MS (PerkinElmer ELAN DRC II)

ICP-MS	
Descriptions	Conditions
RF generator	Free-running type, 40 MHz
RF Power	1400 (W)
Coolant gas flow rate	17.0 L · min ⁻¹
Auxiliary gas flow rate	2.00 L · min ⁻¹
Nebulizer gas flow rate	1.05 mL · min ⁻¹
Sample uptake flow	1.00 mL · min ⁻¹
Nebulizer	Concentric type
Spray chamber	Cychronic type
Torch	Demountable
Interface cone	Platinum
Quadrupole chamber	1×10 ⁻⁶ torr
Dwell time	600 ms
Analyte mass	As(75)



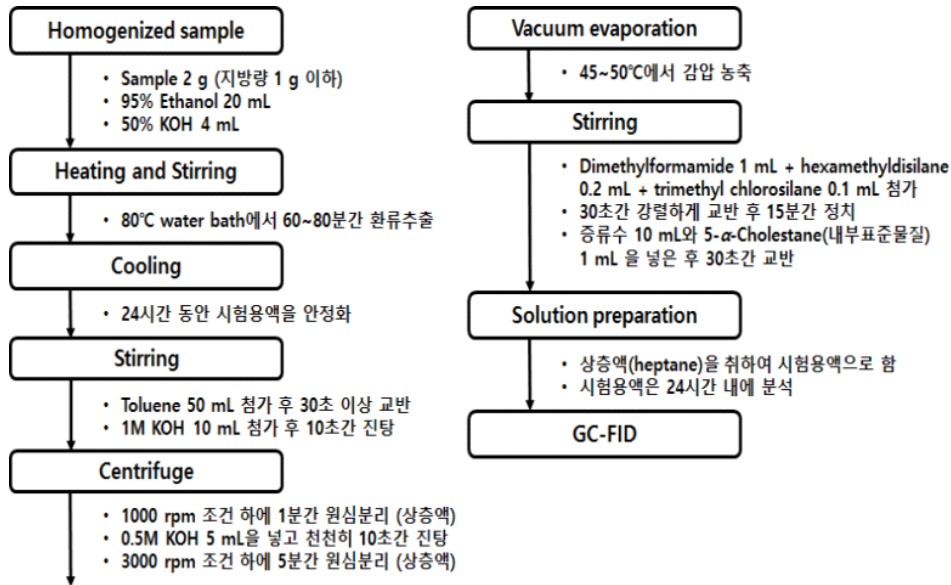
ICP-OES (PerkinElmer Optima 5300 DV)

ICP-OES	
Descriptions	Conditions
RF generator	27.12 MHz
RF power	1.4 kW
Nebulizer	SeaSpray
Spray chamber	Cyclonic
Argon gas flow	
Plasma	16 L/min
Auxiliary	1.5 L/min
Nebulizer	0.94 L/min
Read delay	30 sec
Rinse	30 sec
Replicates	3

나. 휘발성 유기성분 분석

- 콜레스테롤 분석을 통하여 일반농장과 동물복지 농장의 차이를 확인
- GC-MS를 이용한 휘발성 유기성분 분석을 통한 지표 성분 확인
- 휘발성 유기성분 분석을 통하여 일반농장과 동물복지 농장에서 생산된 축산물의 판별을 가능토록 연구
- 추출방법에 따른 향기 관련 물질의 수율 및 특성 비교
- 휘발성 향기 성분을 추출하기 위하여 다음과 같은 추출방법으로 향기 성분을 추출하여 수율 및 각 방법의 특성을 비교함

(1) 콜레스테롤 분석 방법

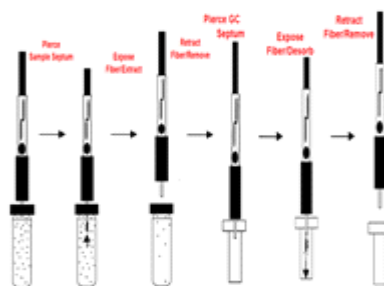


[그림 2-4-5] 콜레스테롤 전처리 방법 모식도

(2) 휘발성 유기성분 추출방법

○ 연속수증기 증류추출법(SDE, simultaneous steam distillation and extraction) : 시료 추출을 위하여 분쇄 시료와 Milli Q water 1 L를 혼합하여 blender로 1분간 분쇄한 후 1 N NaOH 용액을 첨가하여 pH 6.5로 조정하고 이를 휘발성 향기 성분의 추출용 시료로 사용함. 휘발성 향기 성분의 추출은 개량된 연속수증기 증류추출장치(SDE)에서 추출용 시료에 spiral로 충전된 double distilling apparatus로 재증류한 n-pentane:diethyl ether 혼합용매 (1:1, v/v) 100 mL를 사용하여 상압 하에서 3시간 동안 추출

○ SPME 분석방법은 fiber에 polydimethyl siloxane을 입힌 고정상을 사용하여 수용액상의 headspace 부분에서 시료와 fiber사이에 분배에 의해 휘발성 유기화합물을 흡착하고 유기 화합물이 흡착된 fiber를 gas chromatography(GC)의 injector에 주입하여 열 탈착시키는 방법으로 각각의 시료를 취하여 80 ± 2°C로 유지한 후 SPME를 수직으로 세운 다음 30 분 동안 시료 내의 휘발성 성분을 fiber에 흡착시킨 후 흡착된 향기 성분을 GC-MS injector에서 탈착시켜 분석



[그림 2-4-7] SPME를 이용한 휘발성 유기성분 추출

(2) GC/MS의 최적의 기기분석 조건 수립

- GC/MS에 의해 total ionization chromatogram(TIC)에 분리된 각 peak의 성분분석은 mass spectrum library(FFNSC2, NIST 62, WILEY 139)와 mass spectral data book의 spectrum과의 일치 및 GC-FID 분석에 의한 retention index와 문헌상의 retention index와의 일치 및 본 연구실에서 축적한 표준물질의 분석 데이터를 비교하여 확인함

[표 2-4-2] GC/MS 기기조건

GC/MS	QP-2010 (Shimadzu, Kyoto, Japan)
SPME fiber	50/30 μm divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS)
Vial temp.	75°C
Column	ZB-5MS (0.25 mm I.D. × 60 m L., 0.25 μm, Phenomenex, USA)
Carrier gas	Helium
Gas flow rate (mL/min)	1.00mL/min
Injector (°C)	250°C
Ionization voltage (eV)	70ev
Mass range (m/z)	40 ~ 400
Injection vol. (uL)	1.0
Mode	split
Temp. program	40°C(5 min) -2°C/min- 280°C(10min)

[표 2-4-3] HPLC 분석기기 조건

HPLC	20-A HPLC system, Shimadzu, Kyoto, Japan	
Column	Capcell pak C18, 4.6mm i.d. × 250 mm L., 5.0 μm, Shiseido	
Column temp.	40°C	
Detection	Diode array	
Injection vol.	10 uL	
Flow rate	1.0 mL/min	
Mobile phase	MeOH, EA	Ether, Hexane
	(A) Water (B) Acetonitrile	(A) Ethanol (B) Acetonitrile
Gradient (B)	5%(0.0-0.01 min) - 5 to 10.2%(0.01-10.0 min) - 10.2 to 11%(10.0-13.0 min) - 11 to 90%(13.0-13.1 min) - 90 to 10%(13.1-15.10 min)	
Isocratic (B)	80% acetonitrile	

다. 비휘발성유기성분

- UV-VIS/spectrophotometer를 이용한 유기성분 분석을 통한 지표성분 확인
- 시료 분자가 어느 파장의 빛을 흡수하며, 그 흡광도(Abs)는 얼마나 되는지 측정하는 기기 장치로 측정하고자 하는 분자 구조의 작용기가 발색단과 조색단을 가져야하며 극성도별 용매를 이용한 추출물을 이용하여 UV-VIS/spectrophotometer로 screening 후 지표성분 확인
- HPLC 및 LC-MS/MS를 이용한 유기성분 분석을 통한 지표성분 확인
- 육류에 대표적으로 존재하는 vitamin A, D, E 분석을 통하여 일반농장과 동물복지 농장의 차이를 확인
- 산화적 스트레스로 인하여 생기는 MDA성분에 대하여 접근

(1) 비휘발성유기성분 스크리닝 분석

- 용매추출(soxhlet 추출, 환류추출 및 초음파추출 등)방법 중 회수율이 높은 추출법을 이용하여 정성·정량분석에 사용하고자 함
- 액체크로마토그래피법(LC)의 종류로는 액체-액체 크로마토그래피법, 이온-교환 크로마토그래피법 등 다양한 종류가 있으며, 본 연구에서는 HPLC 및 LC-MS/MS 등을 이용하고자 함
- 가능한 전처리방법이 간단하고 분석시간이 짧으며 범용적 사용이 가능한 조건 수립

(2) Vitamin 분석(A,D,E)

- 국가표준식품성분표에 따르면 돼지고기에 100g당 8~80IU의 비타민D가 함유되고 알려짐
- 돼지고기 및 닭고기에 미량으로 확인되는 비타민의 함량 차이를 비교하고자함

(3) MDA(malondialdehyde) 분석

- Malondialdehyde(MDA)는 산화하는 동안 생성되는 2차 지질산물이며, 스트레스 지표 및 산화의 유무 확인으로 사용되고 있음
- 지방의 산화 초기생성물인 hydroperoxides의 최종 생성물은 MDA, 4-hydroxynonenal이며, 지질 1차 산화 생성물은 산화에 지속적으로 노출될시 알데히드, 케톤, 에폭사이드, 하이드록시 화합물등을 포함한 2차 산화 생성물을 생성할 수 있어 이에 동물복지 농장과 일반농장에서 사육된 육계 및 돈육의 관별 시 분석에 적용하고자함
- MDA를 분석하기 위하여 산성의 pH와 고온에서 TBA를 반응시켜 MAD-TBA를 분석하

며, 생 시료에서 MDA 확인 여부는 2,4-dinitrophenylhydrazine(DNPH) 유도체 시약을 사용하여 분석의 정확도를 높임

라. 동물복지 축산물의 지표물질 선정

- 동물 복지 축산물에 대한 지표물질을 선정하는 데 있어 크게 두 가지 기준을 정하였으며, 다음과 같음. 첫째 동물 복지 축산물의 성분 중 일반 축산물에 비교해 높은 함량으로 분석되는 물질, 둘째 동물 복지 축산물이 함유한 고유의 독창적인 물질로 이 분류들을 기초로 하여 선행되었던 연구 문헌을 검색해 보고 지표물질을 정리하여 선정
- 본 연구에서는 선행된 문헌 조사를 바탕으로 각 식품원료에 대한 지표물질의 자료를 수집, 검토하여 지표물질을 선정 후 이를 바탕으로 일반농장과 동물복지 농장에서 생산된 축산물을 구별할 수 있는 판별법을 개발하고자 함

1. 1차년도 연구결과

- 무기성분, 휘발성 유기성분, 비휘발성 유기성분으로 나누어 분석한 결과 일반농장과 동물복지 농장을 구분하여 연구결과를 제시하였음

가. 일반농장 닭과 동물복지 농장의 닭

(1) 무기원소 분석 결과

(가) ICP-MS와 ICP-OES를 이용한 무기원소 분석으로 지표물질 탐색

- 일반농장 가슴살, 다리살 각각 10건과 동물복지 농장 가슴살, 다리살 각각 10건 총 40건 분석
- ICP-OES를 이용하여 다량원소인 P, S, K, Ca, Mg, Na, Fe 및 Zn을 총 8종을 분석하였음 Table 4에 나타내었음
- 다량원소 분석결과 일반농장의 가슴살 10건의 K의 평균값은 4310.69, max은 4605.03 min은 4058.84이며, S의 평균값은 2092.89 max은 2246.58, min은 1953.72 및 P의 평균값은 2119.72, max은 2300.19, min은 2032.60으로 확인되었음
- 일반농장의 다리살 10건의 경우 K의 평균값 4194.36, max 4654.12 min 3907.11이며, S의 평균값은 2146.21, max 2276.85 min 2001.98, P의 평균값은 2006.93, max 2228.52, min 2001.98의 함량을 보였음
- 일반농장의 가슴살과 마찬가지로 동물복지 농장의 가슴살 10종의 경우 K의 평균값은 4417.45 max는 4705.71, min 4090.79이며, S의 평균값 2213.57, max은 2284.71, min 2085.38 및 P의 평균값 2187.13, max 2289.20 min 2069.91으로 확인되었음
- Ca(mg/kg)은 일반농장 가슴살 83.20 ± 18.65 , 동물복지농장 가슴살 70.72 ± 20.00 , 일반농장 다리살 91.04 ± 20.54 , 동물복지 농장 다리살 84.61 ± 10.10 으로 대체적으로 가슴살에 비하여 다리살의 Ca의 함량이 비교적 높은 것을 확인할 수 있었음
- K(mg/kg)은 일반농장 가슴살 4310.69 ± 772.50 , 동물복지농장 가슴살 447.45 ± 962.39 , 일반농장 다리살 4194.36 ± 963.55 , 동물복지농장 다리살 4416.38 ± 255.62 으로 K의 함량차이는 비슷하게 나타남
- Mg(mg/kg)은 일반농장 가슴살 292.83 ± 51.84 , 동물복지농장 가슴살 305.29 ± 65.84 , 일반농장 다리살 271.52 ± 60.36 , 동물복지농장 다리살 275.40 ± 8.53 의 함량을 확인하였으며 가슴살이 다리살보다 비교적 높은 결과를 나타내었음
- Na(mg/kg)의 경우 일반농장 가슴살 476.84 ± 131.71 , 동물복지농장 가슴살 350.93 ± 129.98 , 일반농장 다리살 665.34 ± 146.96 동물복지농장 다리살 542.29 ± 92.22 로 다리살이 가슴살에 비하여 Na함량이 높음을 확인할 수 있었음
- P, S(mg/kg)의 경우 일반농장가슴살 211.72 ± 375.67 , 2092.89 ± 383.82 , 동물복지농장 가슴살

2187.13±468.50, 2213.57±482.78, 일반농장 다리살 2006.93±463.98, 2146.21±468.87, 동물복지농장 다리살 2072.42±101.73, 2225.25±8182로 비슷한 함량을 나타내었음

- 일반농장의 가슴살과 다리살, 동물복지농장의 가슴살과 다리살의 Fe의 함량의 경우 ND 처리를 하였으며, 일반농장의 가슴살과 동물복지농장의 가슴살의 Zn 또한 ND 값을 나타내었음
- ICP-OES결과 일반농장의 닭과 동물복지 농장의 닭과의 유의적인 차이를 발견하지 못하였음

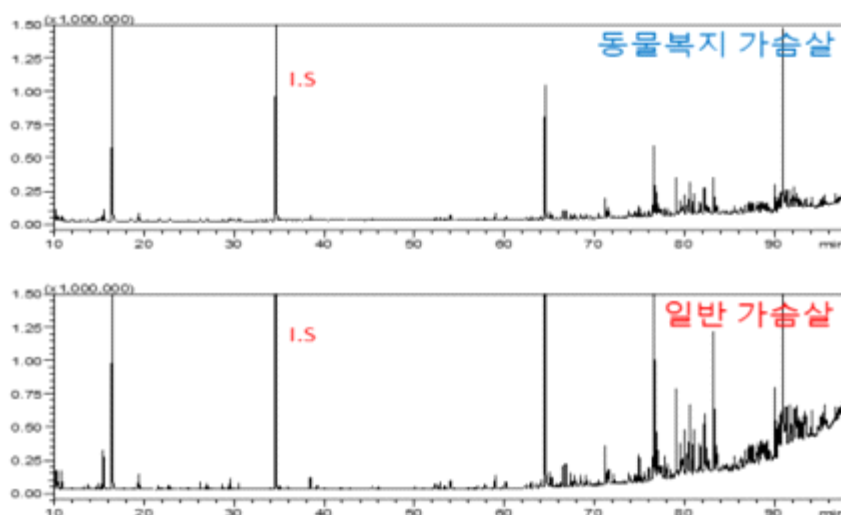
[표 2-4-4] 농장별 닭의 무기성분 분석결과

원소	일반농장 가슴살	동물복지농장 가슴살	일반농장 다리살	동물복지농장 다리살
다량원소(mg/kg)				
Ca	83.20±18.65	70.72±20.00	91.04±20.54	84.61±10.10
Fe	ND	ND	ND	ND
K	4310.69±772.50	4417.45±962.39	4194.36±963.55	4416.38±255.62
Mg	292.83±51.84	305.29±65.84	271.52±60.36	275.40±8.53
Na	476.84±131.71	350.93±129.98	665.34±146.96	542.29±92.22
P	2119.72±375.67	2187.13±468.50	2006.93±463.98	2072.42±101.73
S	2092.89±383.82	2213.57±482.78	2146.21±468.87	2225.25±81.82
Zn	ND	ND	3.31±4.24	3.06±0.97
미량원소(ug/kg)				
Li				
Be				
V				
Cr				
Co				
Ni				
Ga				
Se				
Rb				
Ag				
Cs				
독성미량원소(ug/kg)				
Pb				
As				
Cd				
Tl				

(2) 휘발성 유기성분 분석결과

(가) SDE법을 이용한 휘발성 유기성분 비교

- 일반농장과 동물복지 농장별 시료의 휘발성 유기성분 분석을 통한 비교를 위해 농장별로 시료 5 g을 사용하여 전통적 향기 추출법인 SDE을 실행하였음
- 분리 동정된 휘발성 향기성분의 상대적 정량을 위하여 내부표준물질 n-butyl benzene과 각 화합물의 peak area를 비교하여 성분들의 함유량을 계산하였음

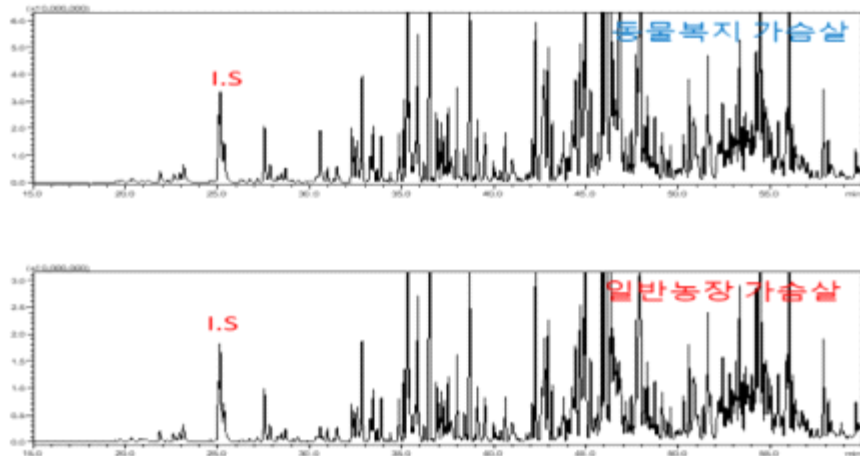


[그림 2-4-7] 닭의 농장별 SDE 추출 chromatogram 비교.

- 일반농장의 가슴살과 동물복지농장의 가슴살 결과 비슷한 패턴의 chromatogram을 보였으며 가장 큰 peak인 RT 64.550에서 공통으로 BHT-quinone-methide가 확인되었으며, 이는 사료로부터 얻어지는 peak로 추정됨

(나) SPME법을 이용한 휘발성 유기성분 비교

- 제공받은 일반농장과 동물복지 농장 시료를 균질화 한 뒤 시료 2 g을 SPME fiber(DVB/CAR/PDMS)로 추출하여 GC/MS 분석을 한 결과를 fig 9.에 나타내었고, international standard(I.S)인 n-butyl benzene은 RT 25.900분대에서 확인 가능하였으며, 시료의 peak의 area를 활용하여 정량하였음
- 일반농장 닭의 가슴살, 다리살과 동물복지 닭가슴살, 다리살의 크로마토그램을 비교하였을 때 비슷한 패턴의 경향을 나타내었으며, 여러 조건을 수립하여 닭의 부위별로 추가적인 분석이 필요함



[그림 2-4-8] 닭 농장별 SPME법 chromatogram 비교

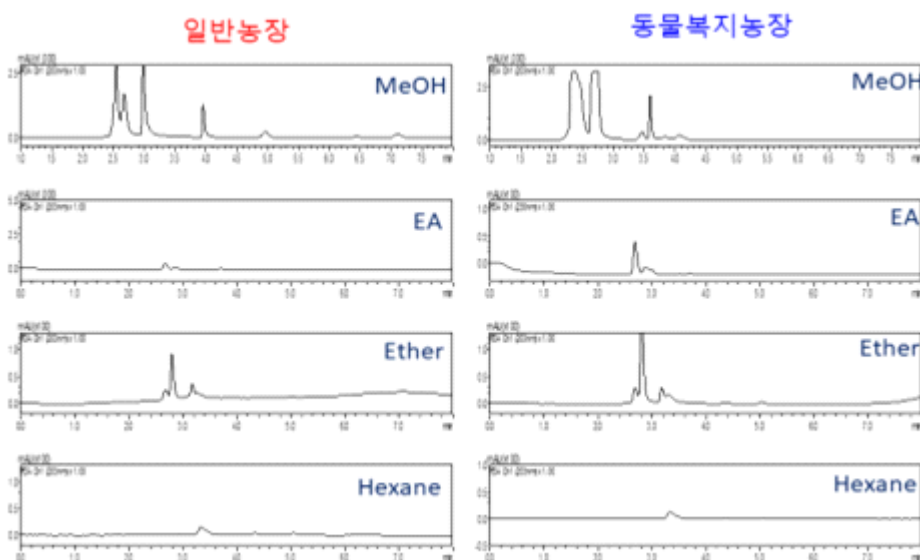
(다) SDE, SPME 분석 비교

- SDE 추출법과 SPME방법 비교 시 SPME는 SDE에 비하여 분석 시간이 짧으며, 적은 양의 시료를 가지고 분석할 수 있는 장점이 있음
- 추출방법에 따른 휘발성 향기성분의 조성과 함량의 차이를 확인할 수 있음
- SDE 추출법과 SPME 추출법의 장점을 최대화하여 다각적인 분석방법 적용이 필요하다고 판단

(3) 비휘발성 유기성분 분석결과

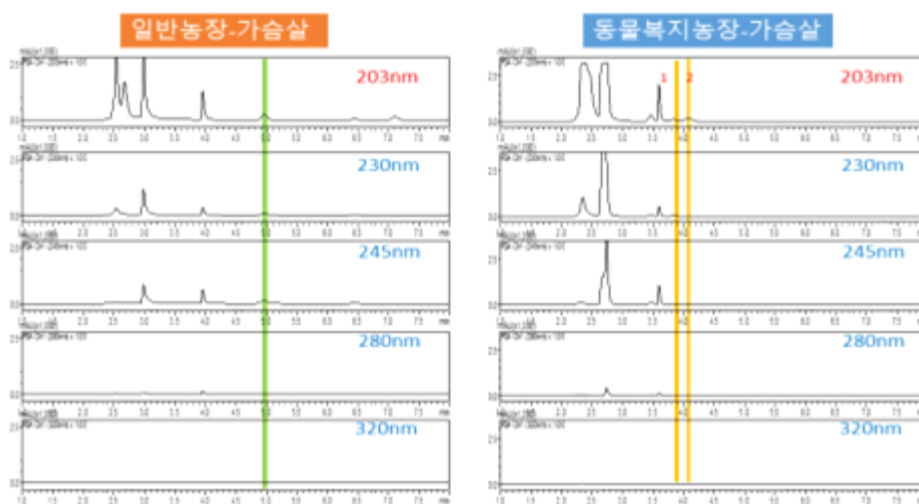
(가) HPLC-PDA를 이용한 지표성분 선정

- Soxhlet을 이용한 methanol, ethyl acetate, ethyl ether 및 hexane 순차적 추출분석 결과, methanol을 제외한 용매에서는 특정 peak가 확인되지 않았음
- HPLC분석을 위한 시험용액 제조에는 methanol을 최적의 용매로 선택함으로써 추출 효율을 높임



[그림 2-4-9] 닭가슴살 부위의 용매별 순차적 추출 data

- Methanol 추출물에서 확인된 peak의 λ_{max} 값은 203, 230, 245, 320nm로 관찰 결과, 203nm에서 peak들이 관찰되므로 추후 결과 data에 이용하였음
- HPLC분석 결과 203nm에서 일반농장의 가슴살과 동물복지 농장의 가슴살 비교시 일반농장의 가슴살에서 RT XXXXX에서 동물복지농장에서 없는 peak가 발견되었으며, 동물복지농장 가슴살에서도 peak 1 RT peak 2 RT에서 일반농장 가슴살에 없는 peak를 발견하였음
- Screening test를 통하여 각 peak가 어떤 것인지 알기위해 최적의 분석법을 확립하여 추가 분석의 필요성이 있음



[그림 2-4-10] HPLC를 이용한 MeOH추출물 파장별 chromatogram비교

(4) 무기원소 분석 결과

(가) ICP-MS와 ICP-OES를 이용한 무기원소 분석으로 지표물질 탐색

- 돼지의 경우 일반농장 20건과 동물복지 농장 20건 총 40건에 대한 분석
- ICP-OES를 이용하여 다량원소인 P, S, K, Ca, Mg, Na, Fe 및 Zn을 총 8종을 분석하였음 Table 5에 나타내었음
- ICP-OSE결과에서 전체적으로 K가 큰 함량을 보였으며 상대적으로 F과 Zn은 제일 적은 함량을 나타냄
- 일반농장2의 K의 max은 5190.10이었으며, min은 3355.40 이며, P의 max 2635.48, min 1652.34, S의 max 2431.69, min 1435.76의 함량을 보임
- 동물복지 농장2의 경우 K의 max은 4609.15이었으며, min 3525.46이며, P의 max 2233.00, min 1715.45, S의 max 2152.58, min 1605.79의 함량을 보임

- Ca(mg/kg)의 경우 일반농장1 85.78±16.86 동물복지농장1 74.01±10.02, 일반농장2 100.17±15.34 동물복지농장2 78.47±15.48로 일반농이 동물복지농장에 비해 Ca함량이 높은 함량을 나타냄
- K(mg/kg)은 일반농장1 4454.78±129.44, 동물복지농장1 4368.08±247.26, 일반농장2 4532.90±554.30, 동물복지농장2 4399.87±316.78로 농장간의 K의 함량은 비슷하게 확인되었음
- Mg(mg/kg)의 경우 일반농장1 250.18±9.70, 동물복지농장1 246.07±6.78, 일반농장2 247.20±21.98, 동물복지농장2 245.73±17.29로 확인됨
- Na(mg/kg)은 일반농장1 554.16±42.01, 동물복지농장1 573.63±33.47, 일반농장2 530.59±80.63, 동물복지농장2 510.50±82.92의 함량을 보임
- P, S(mg/kg)의 경우 일반농장1 2275.72±115.08, 2064.39±132.93, 동물복지농장1 2115.15±100.79, 1994.84±107.62, 일반농장2 2280.02±285.94, 2098.65±301.75, 동물복지농장2 2133.05±149.62, 1979.80±157.46으로 일반농장1,2가 동물복지농장1,2에 비하여 P와 S함량이 상대적으로 좀더 높은 경향을 보임
- Fe(mg/kg)의 경우 일반농장1, 동물복지농장1, 일반농장2, 동물복지농장2 모두 검량선 한계 미만으로 ND로 나타내었음

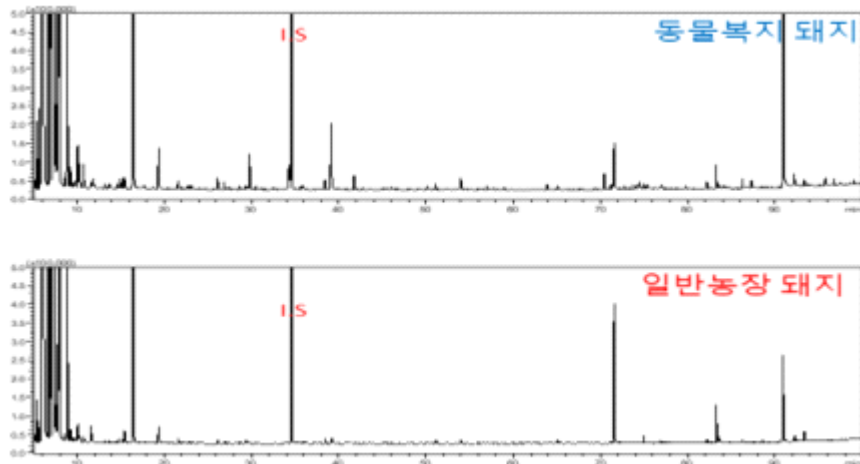
[표 2-4-5] 농장별 돼지의 무기성분 분석결과

원소	일반농장1	동물복지농장1	일반농장2	동물복지농장2
다량원소(mg/kg)				
Ca	85.78±16.86	74.01±10.02	100.17±15.34	78.47±15.48
Fe	ND	ND	ND	ND
K	4454.78±129.44	4368.08±247.26	4532.90±554.30	4399.87±316.78
Mg	250.18±9.70	246.07±6.78	247.20±21.98	245.73±17.29
Na	554.16±42.01	573.63±33.47	530.59±80.63	510.50±82.92
P	2275.72±115.08	2115.15±100.79	2280.02±285.94	2133.05±149.62
S	2064.39±132.93	1994.84±107.62	2098.65±301.75	1979.80±157.46
Zn	9.73±2.50	9.15±2.39	9.22±2.92	8.19±1.28
미량원소(ug/kg)				
Li				
Be				
V				
Cr				
Co				
Ni				
Ga				
Se				
Rb				
Ag				
Cs				
독성미량원소(ug/kg)				
Pb				
As				
Cd				
Tl				

(마) 휘발성 유기성분 분석결과

① SDE법을 이용한 휘발성 유기성분 비교

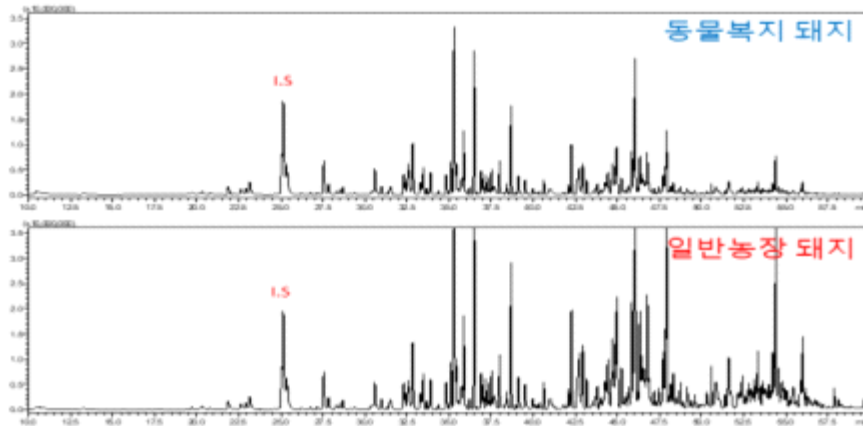
- 돼지 시료의 경우 일반농장과 동물복지 농장의 chromatogram 단순 비교시 특정 peak를 찾기 어려웠으며, 일반농장과 동물복지농장의 chromatogram 패턴 또한 비슷했음
- 현재 5g의 시료로 SDE추출을 하였으나, 시료의 양을 늘려 지속적인 분석이 필요하며 다른 조건을 수립하여 Screening분석이 추가적으로 필요



[그림 2-4-11] 돼지의 농장별 SDE 추출 chromatogram 비교.

② SPME법을 이용한 휘발성 유기성분 비교

- 균질화 된 시료 2 g을 headspace vial에 취한 뒤 SPME fiber(DVB/CAR/PDMS)로 추출하여 GC/MS 분석을 한 결과를 fig 13에 나타내었고, international standard(I.S)인 n-butyl benzene은 RT 25.900분대에서 확인 가능하였으며, 시료의 peak의 area를 활용하여 정량하였음
- 일반농장 2곳과 동물복지 농장 2곳의 휘발성 성분분석 결과, 사육환경에 따른 농장별 특이적인 peak는 발견하기 어려웠으며 chromatogram 패턴 또한 유사하게 검출되어 관별의 어려움이 있었음
- 따라서, 추후 휘발성 유기성분의 분석 조건을 달리한 추가적인 분석과 다수의 시료에 적용가능성을 검토할 필요가 있음

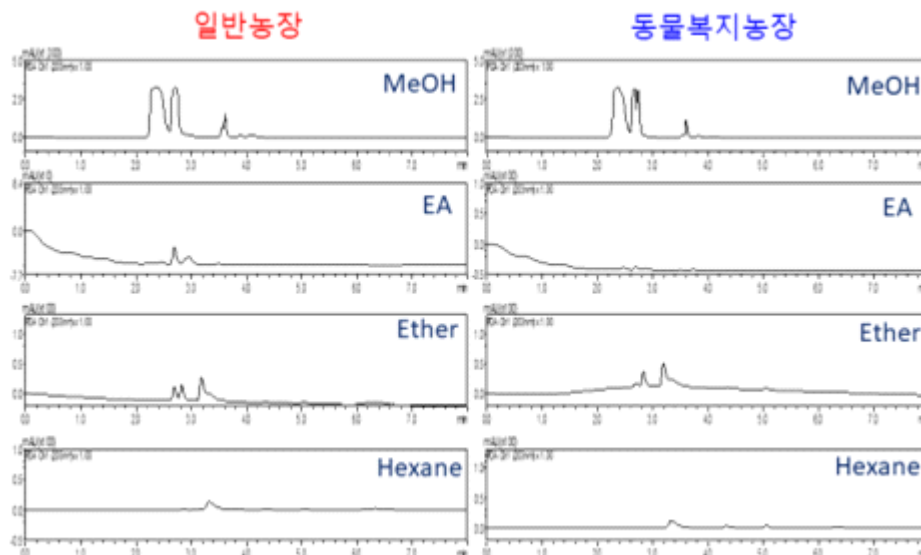


[그림 2-4-12] 돼지의 농장별 SPME법 chromatogram 비교.

(바) 비휘발성 유기성분 분석결과

① HPLC-PDA를 이용한 지표성분 탐색

- Soxhlet을 이용한 methanol, ethyl acetate, ethyl ether 및 hexane 순차적 추출 후 HPLC-PDA를 이용하여 분석한 결과, methanol을 제외한 용매에서는 특정 peak가 확인되지 않았음
- HPLC분석을 위한 시험용액 제조에는 닭의 경우처럼 methanol을 최적의 용매로 선택함
- Methanol 추출물에서 확인된 peak의 λ_{max} 값은 203, 230, 245, 320nm로 관찰 결과, 203nm에서 관찰되므로 추후 결과 data에 이용하였음



[그림 2-4-13] 일반농장과 동물복지농장 돼지의 용매별 순차적 추출 data.

- HPLC screening test를 통하여 일반농장과 동물복지 농장의 peak간 분리도가 어려워 추후peak간 분리도를 높이고 특정 peak를 발견하기 위한 추가 분석 필요

2. 2차년도 연구 결과

가. 연구개발 목표

- 가스크로마토그래피 질량분석기(GC-MS), 액체 크로마토그래피(LC), 액체 크로마토그래피-질량분석기(LC-MS), 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS) 및 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES) 등의 기기를 활용하여 시료의 휘발성 유기성분, 비휘발성 유기성분, 무기성분 등의 이화학적 분석을 하고자 함
- 무기성분 분석
 - ICP-MS 및 ICP-OES를 이용한 다량 및 미량 무기성분 분석을 통해 각 생활환경에 따른 축산물을 구분할 수 있는 지표 성분 탐색
 - 확보된 다수의 무기원소 data를 이용한 통계적인 방법으로 지표물질 확립을 위한 data의 실제 적용 가능성 검토
- 휘발성 유기성분 분석
 - SDE 보다 간편한 휘발성 유기성분추출 방법인 SPME 추출 및 GC/MS 분석을 통해 다수 시료의 휘발성 유기성분 data 확보 및 시료의 특이적인 향기 패턴 검토
 - 확보된 data를 이용한 일반농장과 동물복지 농장의 사육환경에 따른 지표성분 확인
- 비휘발성 유기성분 분석
 - 1차년도에서 극성도에 따른 soxhlet 추출을 통해 screening된 data 검토
 - 다수 시료의 비휘발성 유기성분 data 확보 및 사육환경에 따른 돈육 및 육계시료의 특이적인 peak 탐색
 - 일반농장 또는 동물복지 농장 시료에서 특이적으로 확인된 peak의 정밀한 분석을 통해 지표물질 추정물질 가능성 규명
- 통계처리
 - 분석된 data를 활용한 통계분석으로 동물복지형 돈육 및 육계 판별여부 확인

나. 연구결과

(1) 연구 내용 및 추진체계

(가) 연구 내용

일반농장과 동물복지형 농장의 생산 축산물에서 판별할 수 있는 지표성분 규명 및 판별 기준 마련

- 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS), 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES)를 통한

무기성분 분석 및 통계처리 진행

- 가스크로마토그래피(GC/MS)를 이용한 휘발성 유기성분 분석
- 액체크로마토그래피(LC), 액체크로마토그래피-질량분석기(LC-MS)를 이용한 비휘발성 유기성분 분석
- 다양한 분석기기를 사용하여 결과를 얻은 후 지표성분을 규명하고 이를 통한 판별 가능성이 높은 최적의 분석법을 수립
- 지표성분 분석법의 유효성 검증을 통한 신뢰성 확보

(나) 연구추진체계

- 본 연구팀의 다수의 이화학적 분석법을 개발한 바 있기 때문에 일련의 과정에 대해 전문도 높게 접근할 수 있음
- 해당 식품원료에 대한 무기원소, 비휘발성 유기성분, 휘발성 유기성분 등 전반적인 이화학적 분석을 진행함으로써 지표성분을 확립하고 판별력, 간편성 및 비용절감 부분에서 최적의 분석법을 개발하는데 용이할 것임



[그림 2-4-14] 연구추진체계

(2) 연구방법

- 이화학적 분석을 통하여 일반농장과 동물복지형 농장 간의 지표성분을 찾고, 최종적으로 최적의 판별법을 마련하기 위한 연구 실시

(가) 시료 현황

- 돼지는 일반농장(선진) 1곳과 동물복지형 농장(선진, 도드람) 2곳에서 사육되어 도축된 살코기를 농장별로 각 7건씩 총 21건을 제공받음(표 2-4-6)
- 시료는 모두 냉동 형태(-80℃)로 보관하였으며 균질화 후 분석

[표 2-4-6] 2차년도 대상 시료 정보

No.	선진		도드람
	일반농장	동물복지	일반농장
1	일반농장-1	동물복지-13	일반도드람-25
2	일반농장-2	동물복지-14	일반도드람-26
3	일반농장-3	동물복지-15	일반도드람-27
4	일반농장-4	동물복지-16	일반도드람-28
5	일반농장-5	동물복지-17	일반도드람-29
6	일반농장-6	동물복지-18	일반도드람-30
7	일반농장-7	동물복지-19	일반도드람-31

(나) 무기성분 분석

① 분석 대상 무기성분

- 다량원소 : Ca, Fe, K, Mg, Na, P 및 Zn
- 미량원소 : Li, Be, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Ga, Se, Sr, Cs 및 Ba
- 독성미량원소 : Pb, As, Cd, U 및 Tl

② 시험용액 및 표준용액 제조

㉠ 시험용액 제조

- Teflon vessel에 균질화된 시료 0.5 g을 취하고 70% HNO₃ (purity 70%, Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd, Korea) 7 mL와 30% H₂O₂ (purity 30%, Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd, Korea) 1 mL를 첨가하여 top wave microwave system (Analytik jena, Jena, Germany)의 온도 프로그램의 1000 W 조건 하에 5분간 80℃로 승온한 후, 5분간 50℃로 온도를 내리고 다시 15분간 190℃까지 승온시켜 20분 동안 유지한 다음 0 W에서 20분간 냉각시켜 분해하였으며, 분해 완료 후 30 g으로 정용하여 무기성분 분석을 위한 시험용액으로 사용하였음

㉔ 표준용액 제조

- 원소를 분석하기 위한 표준용액은 ICP용 Multi-Element calibration standard (PerkinElmer, USA) 10 mg/kg을 구입하여 사용하였으며, 70% HNO₃를 시료 농도와 동일한 농도인 16.3% HNO₃로 희석하여 다량 무기원소와 미량 무기원소를 측정할 수 있는 농도의 범위로 각각 working solution을 제조하여 사용하였음

③ 무기성분 분석을 위한 기기조건 및 방법

- 다량 무기원소 분석은 [표 2-4-7]의 조건으로 고농도 함량의 시료를 주로 분석하는 유도 결합플라즈마 분광분석기(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer, ICP-OES)인 Optima 5300DV (Perkinelmer, Norwalk, USA)를 이용하여 측정하였음
- 미량 무기원소 분석은 [표 2-4-8]의 조건으로 주로 극미량 원소 분석에 따른 시료를 주로 분석하는 유도결합플라즈마 질량분석기(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer, ICP-MS) 중 Elan DRC II (Perkinelmer, Norwalk, USA) 모델을 이용하여 측정하였음
- 분석 시 시료를 3회씩 분석하여 평균값과 재현성을 측정하였으며, 분석 과정 중 10개의 시료 측정 후 동일한 농도의 표준용액을 분석하여 기기의 안정성을 확인하였음
- 함량이 매우 낮은 원소를 분석하기 때문에 분석 전, 10개의 임의의 시료를 선정하여 daily performance 표준용액을 만들어 일관된 감도를 확인한 후 분석하여 기기의 안정성을 확인하였음
- 분석방법으로 시료 0.5 g을 Teflon vial에 취한 후, 70% HNO₃ 7 mL와 30% H₂O₂ 1 mL를 첨가하여 top wave microwave (Analytik jena, Jena, Germany)으로 산분해 전처리한 후 ICP-MS 또는 ICP-OES를 통하여 다량 및 미량 무기성분을 분석하였음

[표 2-4-7] 무기분석을 위한 ICP-OES의 분석 기기조건

Descriptions	Conditions
RF generator	27.12 MHz
RF power	1.4 kW
Nebulizer	SeaSpray
Spray chamber	Cyclonic
Argon gas flow	
Plasma	16 L/min
Auxiliary	1.5 L/min
Nebulizer	0.94 L/min
Read delay	30 sec
Rinse	30 sec
Replicates	3



[표 2-4-8] 무기분석을 위한 ICP-MS의 분석 기기조건

Descriptions	Conditions
RF generator	Free-running type, 40 MHz
RF Power	1400 (W)
Coolant gas flow rate	17.0 L · min ⁻¹
Auxiliary gas flow rate	2.00 L · min ⁻¹
Nebulizer gas flow rate	1.05 mL · min ⁻¹
Sample uptake flow	1.00 mL · min ⁻¹
Nebulizer	Concentric type
Spray chamber	Cychronic type
Torch	Demountable
Interface cone	Platinum
Quadrupole chamber	1×10 ⁻⁶ torr
Dwell time	600 ms
Analyte mass	As (75)



④ 분석결과의 통계처리

㉞ ANOVA (Analysis of Variance, ANOVA)

- ANOVA(Analysis of Variance) 분석은 집단 간의 평균차가 유의한지를 통계적으로 검증하며, 각 집단의 분산을 기반으로 유의성을 검증하는 방법임
- 실험군 간 평균의 차이는 one-way ANOVA로 유의성이 있는 경우 사후 분석 중 하나인 ducan의 다중범위검정 (Ducan's multiple range test)으로 사후 검정하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 차이를 검증하였음
- 모든 통계 분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science) version 12.0 프로그램 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였음

㉟ LDA (Linear Discriminant Analysis, LDA)

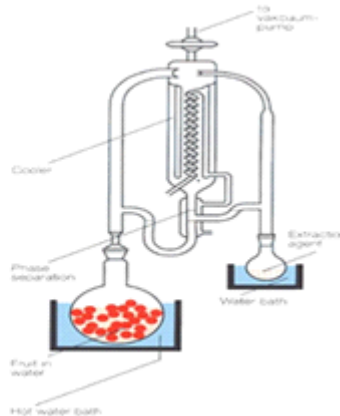
- LDA 분석은 클래스간 분산(between-class scatter)과 클래스내 분산(within-class scatter)의 비율을 최대화 하는 방식으로 특정 벡터의 차원을 축소시켜 시료 대상간의 차이를 확인하는 통계적 기법임
- 한 클래스 간 분산을 좁게 하거나 여러 클래스 간 분산을 크게 적용하여 그 비율의 패턴을 축소한 뒤, 그래프로 도식화하여 각각의 클래스를 구분하는 통계로 즉, 시료 각각의 분석 항목과 분석 결과를 패턴화하여 군집별 도식이 가능한 방법임

(다) 휘발성 유기성분 분석

① 시료의 전처리

㉞ 연속수증기 증류추출법(Simultaneous steam distillation and extraction, SDE)

- 연속수증기 증류추출법은 휘발성 유기성분 추출방법으로 균질화된 시료 10 g과 Milli Q Water 1 L를 혼합하여 pH 7.0으로 조정 후 이를 휘발성 향기성분의 추출 시료로 사용함
- 정량을 알기 위한 내부표준 물질은 n-butyl benzene 100 ppm 농도로 1 mL를 사용하였음
- 휘발성 향기성분의 추출은 Schulz 등의 방법에 따라 개량된 연속수증기 증류추출장치 (Wire spiral packed double distilling 장치)를 이용함
- 추출용매는 spiral로 충전된 double distilling apparatus로 증류시킨 n-pentane : diethyl ether 혼합용매(1:1, v/v) 100 mL를 사용하여 상압 하에서 3시간 동안 추출하였으며, 추출 후 상압 하에 무수황산나트륨을 이용하여 수분을 제거함
- 유기용매 분획분은 vigreux column (Normschliff geratebau, Wertheim, Germany)을 사용하여 일정량까지 농축시킨 뒤, N₂ gas로 0.5 mL까지 농축시켜 이를 휘발성 유기성분 분석을 위한 시험용액으로 사용하였음



[그림 2-4-15] 연속수증기증류추출법에 의한 휘발성 유기성분 추출

② 최적의 휘발성 유기성분 분석 조건 수립

- Column은 ZB-5MS (60 m×0.25 mm i.d., 0.25 μm film thickness, J&W (Santa Clara (CA) USA)를 사용하였으며, column의 온도 조건은 40℃에서 3분간 머무른 후 2 ℃/min 속도로 200℃까지 승온 시켜 10분간 유지하였고, 10 ℃/min의 속도로 250℃까지 상승시킨 다음 10분간 유지하였음
- injector 온도는 250℃, 시료 주입량은 1.0 μl 및 split ratio는 20:1로 설정하여 분석하였음

- 이동상으로는 He을 사용하였으며, 분당 0.8 mL/min으로 흘려주었음
- MS 분석을 위한 시료의 이온화화는 EI(Electron Impact ionization) 방법을 이용하였으며 ionization voltage를 70 eV을 사용하였음

[표 2-4-9] 휘발성 유기성분 분석을 위한 GC-MS 분석조건

Model	GC/MS-QP2010, Shimadzu, Japan		
MS type	Quadrupole type		
Column	ZB-5MS (60 m×0.25 mm i.d., 0.25 μm film thickness)		
Carrier gas	He		
Flow rate	0.8 mL/min		
Injector temp.	250℃		
Split ratio	20:1		
Ion Source	EI (Electron Impact), 70 eV		
Mass range	40-400 m/z		
i n j e c t i o n volume	1.0 uL		
	Rate (℃/min)	Temperature (℃)	Hold time (min)
Temp.	0	40	3
program	2	200	10
	10	250	10



③ 정성 및 정량 방법

㉞ 휘발성 유기성분의 정성 방법

- 최적의 분리 효율을 갖는 column과 온도 program을 설정한 후 GC/MS의 Total ionization chromatogram (TIC)에 의해 분리된 각 peak들은 mass spectrum library (FFNSC 2, NIST 14, WILEY 7), mass spectral data book의 spectrum과 일치, GC/MS 분석에 의한 retention index와 문헌상의 retention index간의 일치 및 본 연구실에서 축적한 표준물질의 분석 데이터를 비교하여 확인하였음

㉟ 휘발성 유기성분 정량 방법

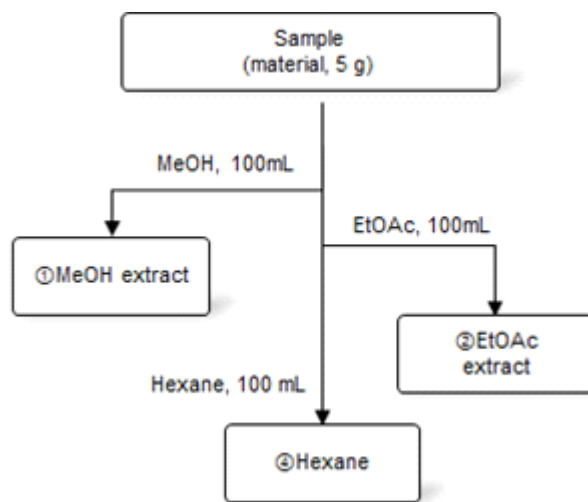
- 추출과정에서 첨가한 내부표준물질 n-butylbenzene은 정량분석을 위하여 분석 후 동정된 휘발성 유기성분과의 peak area 값으로 시료에 함유된 성분들을 상대적으로 정량하였음

(라) 비휘발성 유기성분 분석(Soxhlet법)

① Soxhlet 추출법을 이용한 유기성분 분석

- HPLC를 이용한 비휘발성 유기성분 분석을 위하여 극성도별 용매에 따른 soxhlet 추출을 진행

- Timple filter에 균질화된 시료 5 g을 담은 후 soxhlet 장치를 이용하여 극성도에 따라 methanol, ethyl acetate 및 hexane을 추출용매(100 mL)로 사용하였으며, 순차적으로 8시간씩 추출하였음
- 추출된 용액을 filter paper(Whatman no. 41)로 여과하여 rotary evaporator를 이용해 용매를 제거한 후 추출용매와 동일한 용매로 10 mL를 취하여 녹여준 뒤 syringe filter(0.45 μ m, nylon, whatman, USA)로 여과하여 시험용액으로 사용하였음



[그림 2-4-16] Soxhlet법을 이용한 순차적 추출물 제조 방법

② 액체크로마토그래프의 분석조건

㉞ Methanol, ethyl acetate 추출물을 이용한 HPLC 분석(분석법 1)

- HPLC는 LC-20A Prominence(Shimadzu, Japan)모델을 이용하였으며 column은 Capcell pak C18(4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 μ m, Shiseido, Japan)을 사용하였음
- 이동상은 water와 acetonitrile을 사용하였으며, gradient 방법을 이용하였음
- 유속 1.0 mL/min, 컬럼온도 40°C, 시료 주입량 10 μ L로 설정하여 분석하였고, detector는 diode array(DAD)를 사용하였으며, 분석 후 각 시료별 chromatogram을 비교하였음
- 사용한 검출기 및 파장은 모든 분석이 완료된 후 지표물질에 따라서 최적의 분석파장에 따라 DAD 또는 UV 검출기를 사용하였음

㉟ Hexane 추출물을 이용한 HPLC 분석(분석법 2)

- Hexane 추출물은 일반적으로 극성 column을 이용하나, distilled water 대신 ethanol을 사용하여 비극성 컬럼인 Capcell pak C18(4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 μ m, Shiseido, Japan)으로 분석하였음

- 이동상은 80% acetonitrile을 이용한 isocratic 용리조건으로, 이를 제외한 나머지는 조건은 methanol 추출물 분석법과 동일하게 진행하였음(표 2-4-10)

[표 2-4-10] HPLC 분석기기 조건

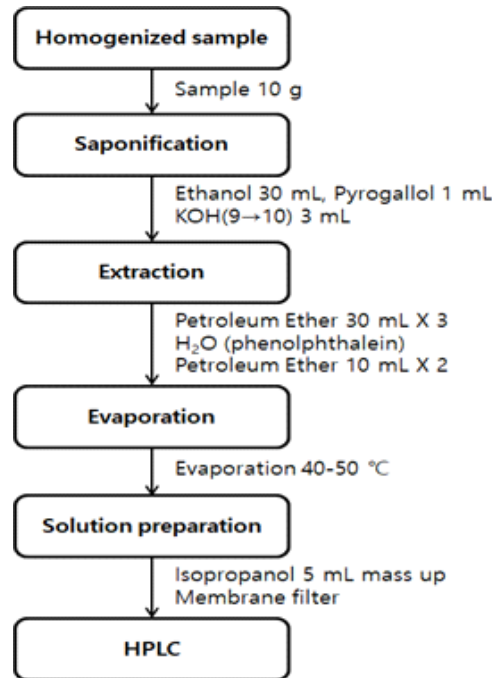
HPLC	20-A HPLC system, Shimadzu, Kyoto, Japan
Column	Capcell pak C ₁₈ , (4.6mm i.d. × 250 mm L., 5.0 um, Shiseido, Japan)
Column temp.	40°C
Detection	Diode array
Injection vol.	10 uL
Flow rate	1.0 mL/min
	(A) Water (B) Acetonitrile
분석법 1 (Gradient)	5%(0.0-0.01 min) - 5 to 10.2%(0.01-10.0 min) - 10.2 to 11%(10.0-13.0 min) - 11 to 90%(13.0-13.1 min) - 90 to 10%(13.1-15.10 min)
분석법 2 (Isocratic)	80% acetonitrile in ethanol

(마) 비휘발성 유기성분 분석(Vitamin 분석)

① Vitamin A 분석 방법

- Vitamin A는 식품공전에 게시되어있는 방법으로 진행함
- 균질화된 시료 10 g과 ethanol 30 mL, 10% pyrogallol 1 mL 및 KOH(9→10) 3 mL을 첨가하여 30분간 비누화 과정을 진행하였으며, 비누화 과정 후 petroleum ether 30 mL로 3회, H₂O(phenolphthalein 시약이 정색이 되지 않을 때까지)로 2회, 다시 petroleum ether 10 mL로 2회의 수세과정을 거친 다음 petroleum ether 추출액을 모두 합하여 40-50°C에서 감압증발건조를 하고 남은 잔류물을 isopropanol 5 mL로 녹여준 뒤 syringe filter(0.45 μm, nylon, whatman, USA)로 여과하여 시험용액으로 사용하였음(그림 2-4-17.)
- HPLC는 LC-20A Prominence(Shimadzu, Japan) 모델을 이용하였으며, column은 Capcell pak C₁₈(4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 um)을 사용하였음
- 이동상은 water와 ethanol을 사용한 gradient 방법을 이용하였으며, 유속 0.5 mL/min, 시료 주입량 20 uL로 설정하여 분석하였고, detector는 FLD detector(Fluorescence Deterctor)로 검출함(표 2-4-11)

- 표준용액의 retention time을 비교하여 vitamin A 성분을 동정하였으며, 동정된 vitamin A 성분은 검량선을 만들어 각 시료용액의 peak area로 환산하여 정량함



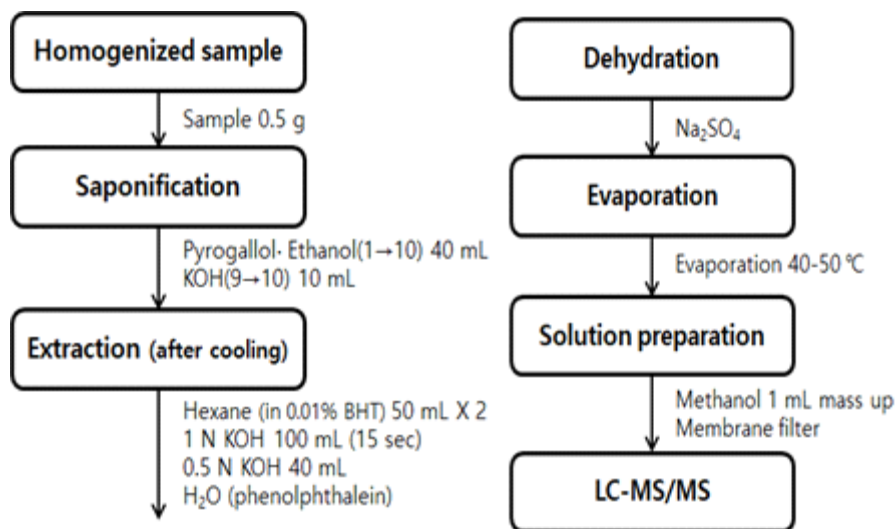
[그림 2-4-17] Vitamin A 전처리 방법 모식도

[표 2-4-11] Vitamin A 분석을 위한 HPLC 기기 조건

HPLC	LC-20A (Shimadzu, Japan)																														
Detector	FLD detector(Fluorescence Deterctor) (Shimadzu, Japan)																														
Column	Xterra RP18 (4.6 mm x 250 mm, 5 μ m)																														
Injection volume	20 μ L																														
Wavelength	excitation 340 nm - emission 460 nm																														
	- Mobile phase A : H ₂ O																														
	- Mobile phase B : Ethanol																														
	※ Flow condition																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Time (min)</th> <th rowspan="2">Flow rate (mL/min)</th> <th colspan="2">Mobile Phase</th> </tr> <tr> <th>% A</th> <th>% B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0</td> <td>0.8</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>12.40</td> <td>0.8</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>12.50</td> <td>0.8</td> <td>5</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>17.00</td> <td>0.8</td> <td>5</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>17.10</td> <td>0.8</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>25.00</td> <td>0.8</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>	Time (min)	Flow rate (mL/min)	Mobile Phase		% A	% B	0.0	0.8	60	40	12.40	0.8	60	40	12.50	0.8	5	95	17.00	0.8	5	95	17.10	0.8	60	40	25.00	0.8	60	40
Time (min)	Flow rate (mL/min)			Mobile Phase																											
		% A	% B																												
0.0	0.8	60	40																												
12.40	0.8	60	40																												
12.50	0.8	5	95																												
17.00	0.8	5	95																												
17.10	0.8	60	40																												
25.00	0.8	60	40																												
Mobile program (Gradient)																															

② Vitamin D 분석 방법

- Vitamin D는 식품공전에 게시되어있는 방법으로 진행함
- 균질화된 시료 0.5 g와 pyrogallol·ethanol(1→10) 40 mL로 약하게 진탕하고 KOH(9→10) 10 mL을 첨가하여 60분간 가열하면서 비누화를 진행하였으며, 즉시 찬물로 냉각하여 0.01% BHT를 함유하는 hexane 50 mL을 가하여 10분간 강하게 진탕 후, hexane 층의 수세 작업과 무수황산나트륨을 이용하여 탈수한 뒤, 이를 40℃ 이하에서 감압농축을 하고 남은 잔류물을 methanol 1 mL로 녹여주고, syringe filter(0.45 μm, nylon, whatman, USA)로 여과하여 시험용액으로 사용하였음(그림 2-4-18)
- LC-MS/MS는 Agilent Technologies의 1290 Infinity series와 6430 Triple Quad MS를 사용하였으며, column은 Capcell pak C18(4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 um, Shiseido, Japan)을 사용하였음
- 이동상은 5 mM ammonium acetate : methanol(5 : 95)을 사용한 isocratic 방법을 이용하였음
- 유속 0.7 mL/min, 시료 주입량 20 uL으로 설정하였고, 최적의 검출을 위하여 4,000 V의 capillary voltage, 300℃의 gas temperature, 6 L/min의 gas flow와 vitamin D2 및 vitamin D3의 precursor ion, product ion, fragmentor, collision energy 등을 같이 설정하였음(표 2-4-12~13.)



[그림 2-4-18] Vitamin D 전처리 방법 모식도

[표 2-4-12] Vitamin D 분석을 위한 LC/MS/MS 기기 조건

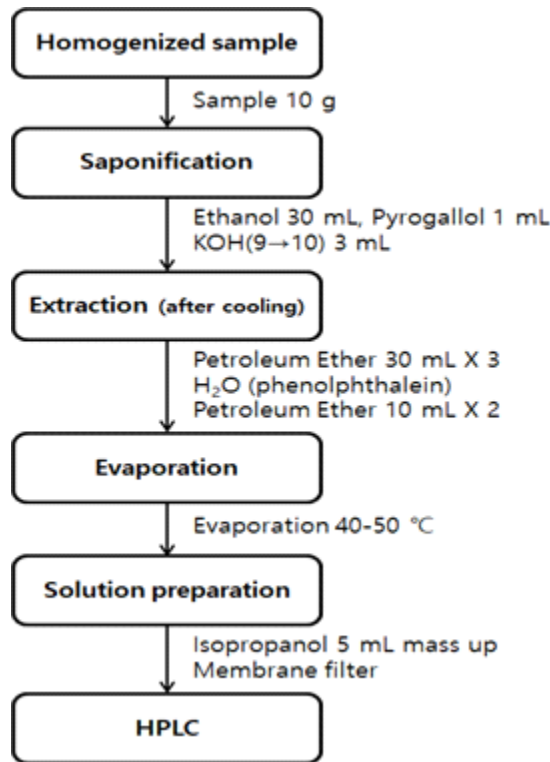
LC conditions	Column	Capcell pak C ₁₈ (4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 μm, Shiseido, Japan)
	Mobile phase	5 mM Amonium Acetate : MeOH (5 : 95)
	Flow rate	0.7 mL/min
	Injection volume	20 μL
	Column temperature	40°C
MS/MS conditions	Ionization mode	ESI (positive)
	Capillary voltage	4,000 V
	Gas temperature	300°C
	Gas flow	6 L/min
	Gas type	N ₂

[표 2-4-13] Vitamin D 분석을 위한 MS 조건

Compound	Precursor ion(m/z)	Product ion(m/z)	Fragmentor(V)	Collision energy(eV)
Vitamin D ₂	397.5	107	50	25
		105.3		30
Vitamin D ₃	385.7	13301	43	30
		104.9		25

③ Vitamin E 분석 방법

- Vitamin E는 식품공전에 게시되어있는 방법으로 진행함
- 균질화된 시료 10 g과 ethanol 30 mL, 10% pyrogallol 1 mL 및 KOH(9→10) 3 mL을 첨가하여 30분간 비누화 과정을 진행하였고, 끝난 즉시 냉각한 후 petroleum ether 30 mL로 3회, H₂O(phenolphthalein 시약이 정색이 되지 않을 때까지)로 2회 및 petroleum ether 10 mL로 2회의 수세과정을 거친 다음 petroleum ether 추출액을 모두 합하여 40-50°C에서 감압증발건조를 하였으며, 남은 잔류물을 hexane 5 mL로 녹여준 뒤 syringe filter(0.45 μm, nylon, whatman, USA)로 여과하여 시험용액으로 사용하였음(그림 2-4-19)
- HPLC는 LC-20A Prominence(Shimadzu, Japan)모델을 이용하였으며 column은 Capcell pak CN UG (4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 μm)을 사용하였음
- 이동상은 water와 ethanol을 사용한 gradient 방법을 이용하였으며, 유속 0.5 mL/min, 시료 주입량 10 uL으로 설정하여 분석하였고, detector는 FLD detector(Fluorescence Deterctor)로 검출함(표 2-4-14)
- 표준용액의 retention time을 비교하여 vitamin E 성분을 동정하였으며, 동정된 vitamin E 성분은 검량선을 만들어 각 시료용액의 peak area로 환산하여 정량함



[그림 2-4-19] Vitamin E 전처리 방법 모식도

[표 2-4-14] Vitamin E 분석을 위한 HPLC 기기 조건

HPLC	LC-20A (Shimadzu, Japan)																														
Detector	FLD detector(Fluorescence Deterctor) (Shimadzu, Japan)																														
Column	Xterra RP18 (4.6 mm x 250 mm, 5 μ m)																														
Injection volume	10 μ L																														
Wavelength	excitation 298 nm - emission 325 nm																														
- Mobile phase A : Hexane - Mobile phase B : Isopropanol																															
* Flow condition																															
Mobile program (Gradient)	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Time (min)</th> <th rowspan="2">Flow rate (mL/min)</th> <th colspan="2">Mobile Phase</th> </tr> <tr> <th>% A</th> <th>% B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0</td> <td>0.8</td> <td>40</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>12.40</td> <td>0.8</td> <td>40</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>12.50</td> <td>0.8</td> <td>98</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>17.00</td> <td>0.8</td> <td>98</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>17.10</td> <td>0.8</td> <td>40</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>25.00</td> <td>0.8</td> <td>40</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table>	Time (min)	Flow rate (mL/min)	Mobile Phase		% A	% B	0.0	0.8	40	60	12.40	0.8	40	60	12.50	0.8	98	2	17.00	0.8	98	2	17.10	0.8	40	60	25.00	0.8	40	60
	Time (min)			Flow rate (mL/min)	Mobile Phase																										
		% A	% B																												
	0.0	0.8	40	60																											
	12.40	0.8	40	60																											
	12.50	0.8	98	2																											
	17.00	0.8	98	2																											
17.10	0.8	40	60																												
25.00	0.8	40	60																												

(3) 연구결과

- 무기성분, 휘발성 유기성분, 비휘발성 유기성분으로 나누어 분석한 결과 일반농장과 동물복지 농장을 구분하여 연구결과를 제시하였음

(가) 무기원소 분석 결과

① ICP-OES를 이용한 무기원소 분석으로 지표물질 탐색

- ICP-OES(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer)를 이용하여 본 연구에서는 다량원소인 Ca, Fe, K, Mg, Na, P 및 Zn을 총 7종을 분석하였음(표 2-4-15)
- Ca, Fe, Mg, Na 및 Zn의 경우 일반(선진), 복지(선진), 일반(도드람)의 큰 차이가 없음이 확인되었음
- K는 다량원소중 가장 높은 함량을 보였으며, 일반(선진) 4263.92±226.37 mg/kg, 복지(선진) 4411.01±165.98 mg/kg, 일반(도드람) 4415.88±139.08 mg/kg으로 확인되었음
- 두 번째로 가장 많은 함량을 차지한 P의 경우 일반(선진) 2359.75±228.11 mg/kg, 복지(선진) 2297.06±197.05 mg/kg, 일반(도드람) 2458.02±182.29 mg/kg으로 확인되었음

② ICP-MS를 이용한 무기원소 분석으로 지표물질 탐색

- 본 연구에서는 ICP-MS를 이용하여 미량원소인 Li, Be, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Ga, Se, Sr, Cs 및 Ba와 독성미량원소인 Pb, As, Cd, U 및 Ti 총 18개 원소를 분석하였음(표 2-4-15)
- Li의 경우 일반(선진) 43.12±21.91 ug/kg, 복지(선진) 44.32±16.13 ug/kg 및 일반(도드람) 55.70±18.86 ug/kg으로 농장이 같은 경우 일반과 복지의 차이가 크게 나타나지 않았으나, 농장이 다른 일반농장의 시료와는 유의적인 차이를 나타냄
- Be의 경우 일반(선진) 4.03±0.38 ug/kg, 복지(선진) 4.05±0.52 ug/kg, 일반(도드람) 3.71±0.56 ug/kg으로 유의적인 차이는 나타나지 않았음
- V은 일반(선진) 30.39±7.98 ug/kg, 복지(선진) 31.34±12.47 ug/kg, 일반(도드람) 36.44±13.47 ug/kg의 함량을 확인함
- Cr의 농장별 함량은 일반(선진) 1536.75±477.25 ug/kg, 복지(선진) 1677.59±1010.02 ug/kg, 일반(도드람) 1595.73±484.15 ug/kg으로 다른 일반농장과는 비슷한 함량을 보였으나, 복지농장 경우 Cr의 함량이 높은 것으로 확인됨
- Mn은 일반(선진) 236.48±33.33 ug/kg, 복지(선진) 209.35±32.93 ug/kg, 일반(도드람) 236.37±43.31 ug/kg으로 확인되었으며, 일반농장이 동물복지농장에 비해 높은 함량을 나타냄
- Ni의 분석결과 일반(선진) 153.77±121.43 ug/kg, 복지(선진) 159.64±87.62 ug/kg, 일반(도드람) 142.72±101.84 ug/kg으로 농장간의 차이를 나타냄
- Cs의 경우 일반(선진) 114.17±14.51 ug/kg, 복지(선진) 118.24±12.06 ug/kg, 일반(도드람) 148.46±21.35 ug/kg으로 농장간의 차이를 나타냄
- 독성미량원소의 경우 모든 시료가 돼지고기의 기준규격인 Pb 0.1ppm 이하, Cd 0.05ppm

이하로 식품의약품안전처의 기준규격을 넘지 않는 것을 확인하였음

③ LDA 통계를 활용한 무기원소

- 분석시료의 다량, 미량 무기원소 함량 분석 결과를 이용하여 LDA 통계로 분석한 결과, 일반(선진), 복지(선진) 및 일반(도드람)의 판별률은 약 98.41 %로 나타났으며, 이는 농장 별 사료에 의한 것으로 판단함(그림 2-4-20)
- 다수의 시료를 통한 지속적인 분석이 필요하며 적용가능성을 검토할 필요가 있음

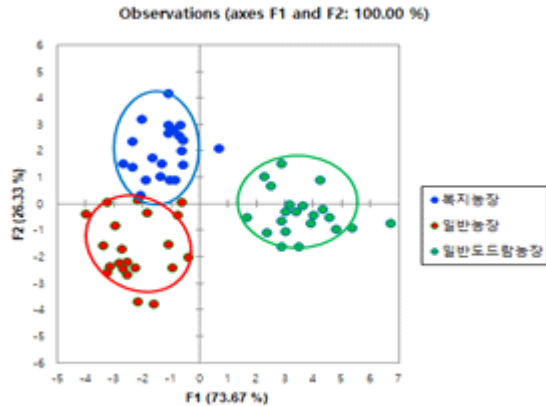
[표 2-4-15] 일반농장과 동물복지형 농장의 무기성분 분석 결과

원소	일반(선진)	복지(선진)	일반(도드람)
다량원소(mg/kg)			
Ca	57.76±6.31 ^{a1.3)}	54.18±6.54 ^a	55.10±4.06 ^a
Fe	5.79±0.97 ^a	5.30±0.88 ^a	5.97±1.87 ^a
K	4263.92±226.37 ^a	4411.01±165.98 ^b	4415.88±139.08 ^b
Mg	263.67±24.11 ^a	257.87±20.62 ^a	277.72±21.23 ^b
Na	423.19±34.53 ^a	397.43±15.64 ^b	394.95±14.68 ^b
P	2359.75±228.11 ^{ab}	2297.06±197.05 ^b	2458.02±182.29 ^a
Zn	12.93±1.19 ^a	12.25±1.18 ^a	14.41±1.56 ^b
미량원소(ug/kg)			
Li	43.12±21.91 ^a	44.32±16.13 ^{ab}	55.70±18.86 ^b
Be	4.03±0.38 ^a	4.05±0.52 ^b	3.71±0.56 ^b
V	30.39±7.98 ^a	31.34±12.47 ^a	36.44±13.47 ^a
Cr	1536.75±477.25 ^a	1677.59±1010.02 ^a	1595.73±484.15 ^a
Mn	236.48±33.33 ^a	209.35±32.93 ^b	236.37±43.31 ^b
Co	7.42±0.59 ^a	7.99±1.30 ^a	7.91±1.59 ^a
Ni	153.77±121.43 ^a	159.64±87.62 ^a	142.72±101.84 ^a
Cu	844.97±111.00 ^a	842.64±77.57 ^a	796.87±92.68 ^a
Ga	43.10±19.10 ^a	42.56±12.56 ^a	44.64±9.45 ^a
Se	213.68±19.24 ^a	220.46±20.71 ^a	219.02±37.68 ^a
Sr	467.42±60.41 ^a	558.48±134.44 ^b	602.74±188.06 ^b
Cs	114.17±14.51 ^a	118.24±12.06 ^a	148.46±21.35 ^b
Ba	71.08±22.19 ^a	83.16±35.88 ^{ab}	105.82±66.15 ^b
독성미량원소(ug/kg)			
Pb	18.19±7.57 ^a	19.96±13.48 ^a	27.29±45.13 ^a
As	19.58±4.02 ^a	17.34±1.55 ^a	17.79±1.73 ^b
Cd	2.80±0.23 ^a	1.41±4.57 ^b	ND ^{b2)}
U	28.48±7.43 ^a	29.82±12.59 ^a	30.65±7.82 ^a
Tl	3.96±1.42 ^a	2.88±1.72 ^b	1.30±3.46 ^b

¹⁾ Value are mean ± standard deviations

²⁾ ND : Not Detected

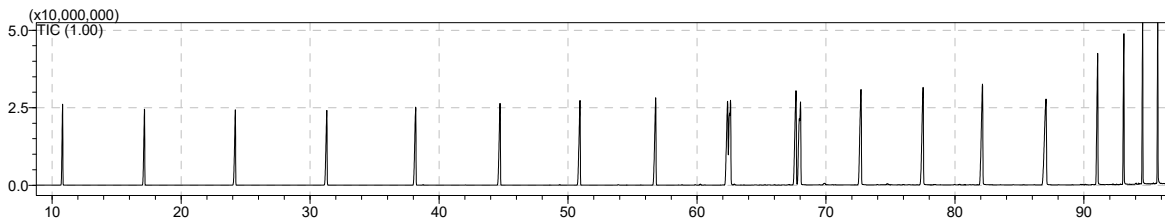
³⁾ The superscripts (a-b) in a column represent significantly different (p < 0.05) figures by duncan's multiple range test



[그림 2-4-20] 다량, 미량 무기원소의 LDA 통계 결과 판별률(98.41%)

(나) 휘발성 유기성분 분석결과

① 머무름 지수(retention index, RI) 수립



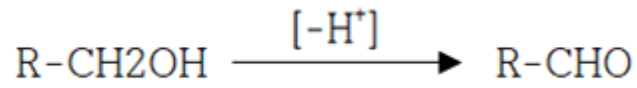
[그림 2-4-21] n-Alkane의 머무름지수(RI)

- 머무름 지수(retention index, RI)를 수립하기 위하여 n-alkane 혼합 표준물질(C8 ~ C40)을 휘발성 향기성분 분석과 동일한 최적 조건으로 설정하여 GC/MS (GC/MS-QP2010, shimadzu, japan)로 분석하였음
- n-alkane 표준물질의 머무름 시간(retention time, RT)을 분석한 후 계산식을 이용하여 분석된 각 성분의 머무름 시간에 대비한 머무름 지수를 수립하여 동정한 성분에 대한 신뢰성을 검증하였음

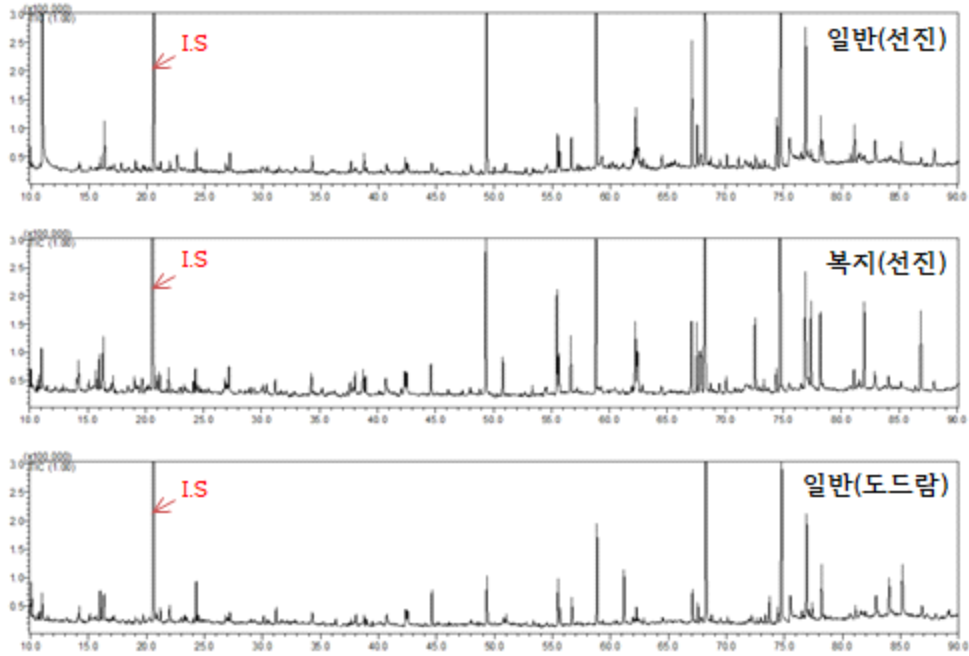
② SDE(Simultaneous steam distillation and extraction)법을 이용한 휘발성 유기성분 분석결과

- 균질화 한 시료 10 g을 SDE법으로 추출하여 분석한 결과를 Fig 4-10.에 나타내었음
- International standard는 n-butylbenzene를 사용하였으며 20.610 min에서 확인가능 하였음
- 일반농장(선진)에서 분리, 확인된 휘발성 유기성분은 총 23종이 확인되었고, alcohol류가

- 4종(4.16 mg/kg), aldehyde류가 10종(69.85 mg/kg), ester류가 5종(34.99 mg/kg), ketone류가 3종(4.27 mg/kg) 및 기타화합물이 1종(1.48 mg/kg)로 확인되었음
- 복지농장(선진)에서 분리, 확인된 휘발성 유기성분은 총 25종이 확인되었고, hydrocarbon류가 1종(0.66 mg/kg), alcohol류가 6종(5.72 mg/kg), aldehyde류가 8종(12.81 mg/kg), ester류가 3종(1.16 mg/kg) 및 ketone류가 5종(2.70 mg/kg)으로 확인되었음
 - 일반농장(도드람)에서 분리, 확인된 휘발성 유기성분은 총 29종이 확인되었고, hydrocarbon류가 1종(0.78 mg/kg), alcohol류가 5종(0.77 mg/kg), aldehyde류가 13종(19.26 mg/kg), ester류가 4종(9.02 mg/kg) 및 ketone류가 5종(2.75 mg/kg)으로 확인되었음
 - 일반농장(선진) 분석결과 hexadecanal 및 2-hydroperoxypentane가 각각 68.23 min, 8.53min에서 49.31 %과 24.87 %의 높은 함량을 나타내었고, decanal 및 2-hexanoylfuran 등의 화합물은 31.45 min과 34.29 min에서 특징적으로 확인되었음
 - 복지농장(선진) 분석결과 1-ethoxy-1-propoxyethane 및 hexadecanal이 각각 6.58 min, 68.233 min에서 62.71 %과 14.80 %의 높은 함량을 나타내었고, 1-ethoxy-1-propoxyethane, 4-octanone 및 octyl isobutyrate의 화합물이 각각 6.58 min, 15.11 min 및 40.71 min에서 특징적으로 확인되었으며, 4-octanone은 burnt sugar, almond, woody, octyl isobutyrate는 oily, green, waxy, soapy의 특징이 있음을 확인함
 - 일반농장(도드람) 분석결과 가 각각 hexadecanal 및 16-hexadecanolactone이 각각 68.23 min, 73.71 min에서 45.03 %과 20.64 %의 높은 함량을 나타내었고, (2E)-octenal, (E)-2-decenal 및 (2E)-undecenal의 화합물이 20.94 min, 35.24 min 및 42.04 min에서 특징적으로 확인되었으며, (2E)-octenal은 green, (E)-2-decenal은 green, fatty, tallowy, orange, (2E)-undecenal은 geranium, metallic, pungent, sweet, green, fruity, fatty의 특징이 있음을 확인함
 - 모든 시료에서 함량이 높게 나온 hexadecanal은 68.233 min에 나왔으며 cardboard과 돼지고기에서 나오는 휘발성 유기성분이라는 특징을 가짐
 - 모든 시료의 화합물을 관능기 별로 구분하고, alcohol이 산화되면 aldehyde가 된다는 사실 하에 alcohol과 aldehyde의 비율을 구하였을 때 일반농장(선진)은 alcohol/aldehyde의 값이 0.4, 복지농장(선진)은 0.75 및 일반농장(도드람)은 0.38의 결과가 나옴. 복지농장형 시료가 산화가 덜되었다는 것을 확인할 수 있었으며, 다수의 시료로 추가 분석이 필요할 것으로 사료됨(그림 2-4-24)



[그림 2-4-22] Alcohol과 aldehyde의 산화적 기전



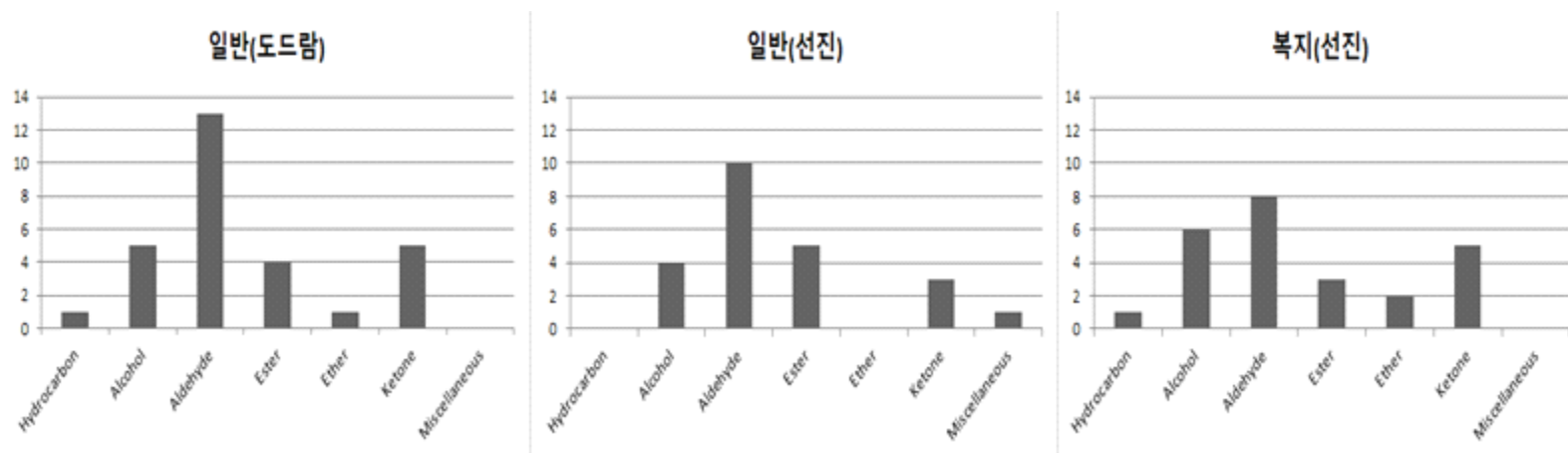
[그림 2-4-23] 농장별 SDE 추출 chromatogram 비교

[표 2-4-16] 농장별 SDE 추출 GC/MS 분석 결과 비교

No	R.I	R.T	Funtional group	Compound name	MF	MW	일반(선진)		복지(선진)		일반(도드람)	
							mg/kg	Area %	mg/kg	Area %	mg/kg	Area %
1	799	6.05	Aldehyde	Hexanal	100	C ₆ H ₁₂ O	2.04	1.77	0.89	1.43	0.66	2.01
2	811	6.583	Ether	1-Ethoxy-1-propoxyethane	132	C ₇ H ₁₆ O ₂	-	-	39.12	62.71	-	-
3	825	7.267	Aldehyde	Furfural	96	C ₅ H ₄ O ₂	-	-	0.33	0.52	0.30	0.92
4	852	8.533	Alcohol	2-Hydroperoxypentane	104	C ₅ H ₁₂ O ₂	28.55	24.87	5.19	8.31	-	-
5	865	9.15	Alcohol	1-Hexanol	102	C ₆ H ₁₄ O	-	-	0.09	0.14	0.14	0.43
6	881	9.892	Ketone	3-Heptanone	114	C ₇ H ₁₄ O	2.22	1.94	1.38	2.22	1.40	4.25
7	885	10.092	Hydrocarbon	Styrene	104	C ₈ H ₈	-	-	0.67	1.07	0.78	2.37
8	896	10.592	Alcohol	Heptan-3-ol	116	C ₇ H ₁₆ O	-	-	0.10	0.16	0.10	0.29
9	900	10.792	Aldehyde	Heptanal	114	C ₇ H ₁₄ O	0.45	0.39	0.14	0.23	0.15	0.45
10	954	14.208	Aldehyde	Benzaldehyde	106	C ₇ H ₆ O	0.62	0.54	0.21	0.34	0.30	0.90
11	968	15.117	Ketone	4-Octanone	128	C ₈ H ₁₆ O	-	-	0.13	0.21	-	-
12	977	15.708	Alcohol	1-Octen-3-ol	128	C ₈ H ₁₆ O	-	-	0.05	0.08	0.07	0.22
13	982	16.008	Ketone	3-Octanone	128	C ₈ H ₁₆ O	1.15	1.00	0.51	0.82	0.54	1.63
14	1001	17.192	Aldehyde	Octanal	128	C ₈ H ₁₆ O	0.46	0.40	0.10	0.16	0.14	0.43
15	1009	17.8	Alcohol	1-(2-methoxy-1-methylethoxy)-2-Propanol	148	C ₇ H ₁₆ O ₃	0.90	0.78	-	-	-	-
16	1027	19.025	Alcohol	2-Ethylhexanol	130	C ₈ H ₁₈ O	1.22	1.06	0.12	0.19	-	-

No	R.I	R.T	Funtional group	Compound name	MF	MW	일반(선진)		복지(선진)		일반(도드람)	
							mg/kg	Area %	mg/kg	Area %	mg/kg	Area %
I.S	1049	20.608	-	n-Butylbenzene	134	C ₁₀ H ₁₄	-	-	-	-	-	-
17	1054	20.942	Aldehyde	(2E)-Octenal	126	C ₈ H ₁₄ O	-	-	-	-	0.25	0.77
18	1058	21.208	Ketone	Acetophenone	120	C ₈ H ₈ O	0.91	0.79	0.32	0.51	0.30	0.91
19	1069	22.000	Ketone	5-Nonanone	142	C ₉ H ₁₈ O	-	-	0.36	0.58	0.38	1.16
20	1101	24.292	Aldehyde	Nonanal	142	C ₉ H ₁₈ O	2.33	2.03	0.76	1.22	0.33	1.00
21	1137	26.842	Ketone	Oxophorone	152	C ₉ H ₁₂ O ₂	-	-	-	-	0.14	0.42
22	1202	31.45	Aldehyde	Decanal	156	C ₁₀ H ₂₀ O	0.68	0.59	-	-	-	-
23	1244	34.292	Ester	2-Hexanoylfuran	166	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	1.79	1.56	-	-	-	-
24	1257	35.242	Aldehyde	(E)-2-Decenal	154	C ₁₀ H ₁₈ O	-	-	-	-	0.06	0.18
25	1293	37.667	Miscellaneous	N,N-dibutyl-formamide	157	C ₉ H ₁₉ NO	1.49	1.30	-	-	-	-
26	1339	40.717	Ester	Octyl isobutyrate	200	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	-	-	0.27	0.44	-	-
27	1359	42.042	Aldehyde	(2E)-Undecenal	168	C ₁₁ H ₂₀ O	-	-	-	-	0.11	0.32
28	1364	42.342	Ester	2-Ethyl-3-hydroxyhexyl 2-methylpropanoate	216	C ₁₂ H ₂₄ O ₃	1.75	1.53	-	-	-	-
29	1502	51.025	Alcohol	2,4-Di-tert-butylphenol	206	C ₁₄ H ₂₂ O	1.28	1.12	0.17	0.27	0.23	0.70
30	1581	55.658	Ester	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediolediisobutyrate	286	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	1.99	1.74	0.31	0.50	0.21	0.63
31	1608	57.233	Aldehyde	Tetradecanal	212	C ₁₄ H ₂₈ O	0.76	0.67	-	-	0.11	0.33
32	1711	62.875	Aldehyde	Pentadecanal	226	C ₁₅ H ₃₀ O	1.29	1.13	-	-	0.16	0.50
33	1820	68.233	Aldehyde	Hexadecanal	240	C ₁₆ H ₃₂ O	56.60	49.31	9.23	14.80	14.82	45.03

No	R.I	R.T	Funtional group	Compound name	MF	MW	일반(선진)		복지(선진)		일반(도드람)	
							mg/kg	Area %	mg/kg	Area %	mg/kg	Area %
34	1829	68.733	Ester	Isopropylmyristate	270	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0.91	0.79	-	-	0.17	0.51
35	1885	71.858	Alcohol	n-Hexadecanol	242	C ₁₆ H ₃₄ O	0.76	0.66	-	-	0.24	0.72
36	1913	73.342	Ether	2-Hexadecyloxirane	268	C ₁₈ H ₃₆ O	-	-	0.19	0.30	0.31	0.95
37	1921	73.717	Ester	Methyl hexadecanoate	270	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	-	-	0.58	0.93	1.86	5.65
38	1938	74.55	Ester	16-Hexadecanolactone	254	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	-	-	-	-	6.79	20.64
39	2015	78.217	Aldehyde	Octadecanal	268	C ₁₈ H ₃₆ O	4.62	4.03	1.15	1.85	1.87	5.68
Total							114.78	100.00	62.39	100.00	32.92	100.00

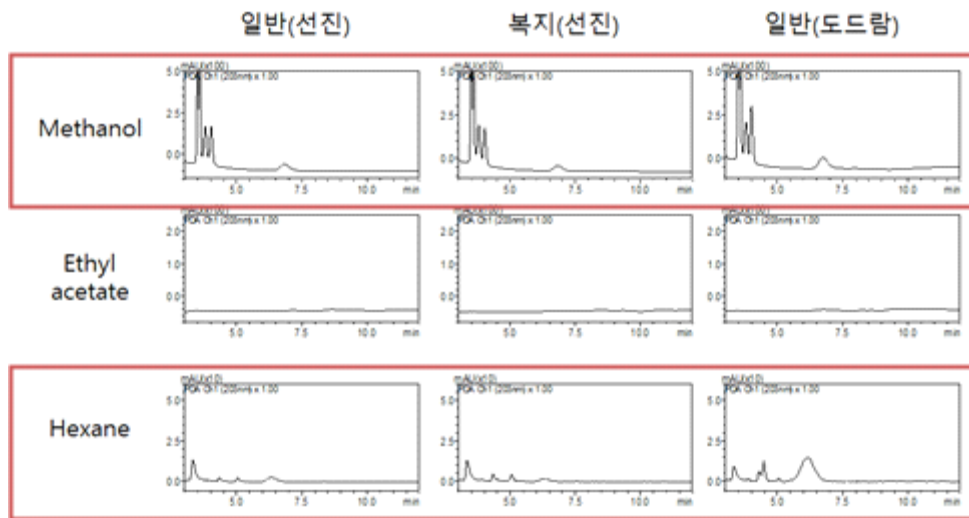


[그림 2-4-24] 농장별 SDE 추출 GC/MS 결과 관능기별 비교

(다) 비휘발성 유기성분 분석결과(soxhlet법)

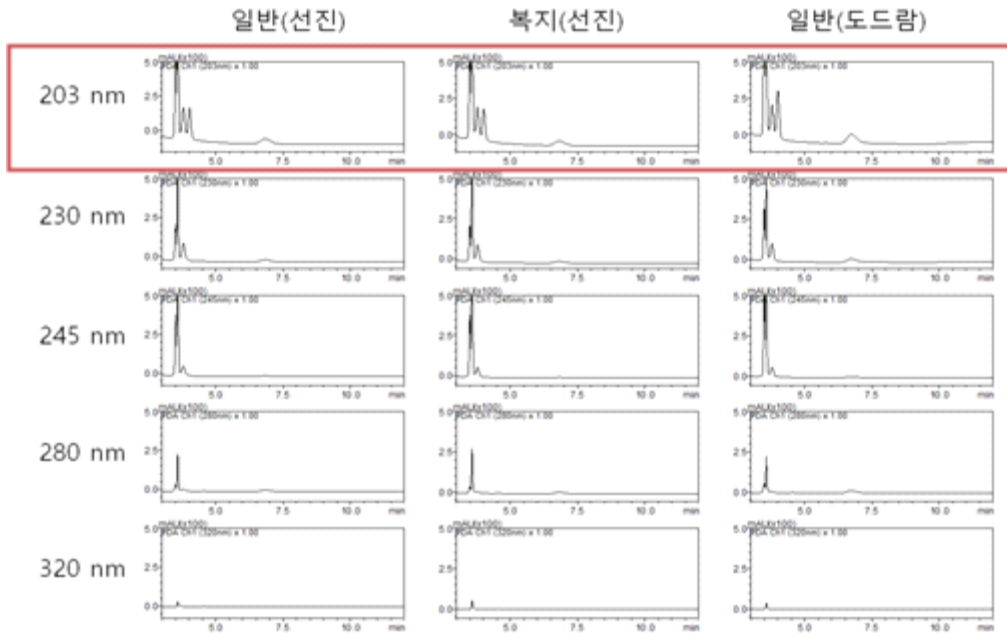
① Soxhlet 추출방법을 이용한 지표성분 탐색

- Soxhlet법으로 methanol, ethyl acetate 및 hexane의 순차적 추출을 하였으며, HPLC-PDA로 분석한 결과, ethyl acetate를 제외한 methanol과 hexane 용매에서 peak이 확인되었음
- HPLC분석을 위한 시험용액은 methanol을 최적의 용매로 선정함(그림 2-4-25)



[그림 2-4-25] 일반농장과 동물복지농장 돼지의 용매별 순차적 추출 결과

- 파장에 따른 비교를 위해 methanol과 hexane 추출물을 203, 230, 245, 280 및 320 nm에서 관찰한 결과, 203 nm에서 다수의 peak가 관찰되어 결과 data에 이용하였음(그림 2-4-26~27)
- HPLC screening test를 통하여 일반농장과 동물복지 농장의 peak 간 분리도가 어려워 추수 peak간 분리도를 높이고 특정 peak를 발견하기 위한 추가 분석이 필요



[그림 2-4-26] 일반농장과 동물복지농장 돼지 MeOH 추출물의 파장별 chromatogram 비교

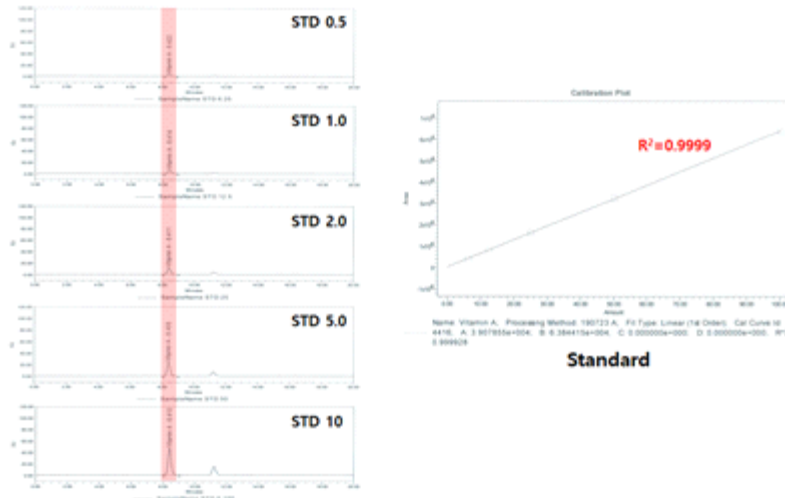


[그림 2-4-27] 일반농장과 동물복지농장 돼지 hexane 추출물의 파장별 chromatogram 비교

(라) 비휘발성 유기성분 분석결과(Vitamin)

① Vitamin A 분석 결과

- 균질화 된 시료 10 g을 HPLC-FLD로 분석을 한 결과를 Table 4-12.에 나타내었고, vitamin A는 8.390 min에서 확인이 가능하였으며, 시료의 peak의 area를 활용하여 정량 하였음
- Vitamin A의 standard solution은 0.5, 1, 2, 5 및 10 으로 제조하여 표준검량선을 작성하여 이용하였으며, 0.9999 이상의 우수한 직선성을 확인하였음(그림 2-4-28)
- Vitamin A를 분석하여 비교하였을 때 일반(선진) 2.759±0.520 $\mu\text{g RE}/100\text{g}$, 복지(선진) 2.439±0.386 $\mu\text{g RE}/100\text{g}$, 일반(도드람) 1.794±0.289 $\mu\text{g RE}/100\text{g}$ 의 함량을 보임
- 농장별로 비교한 결과 약간의 함량 차이가 있으나 vitamin A를 이용한 진위판별을 힘들 것으로 사료됨



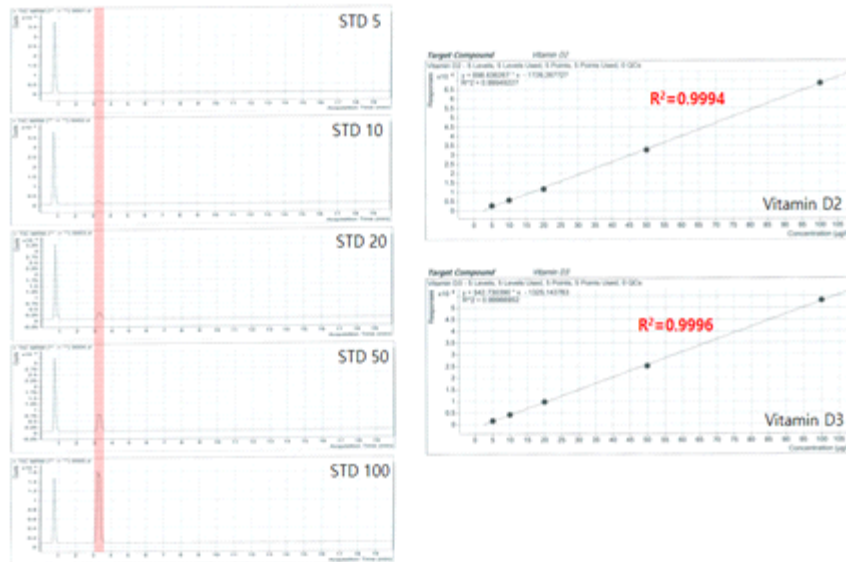
[그림 2-4-28] Vitamin A의 standard curve

[표 2-4-17] 일반농장과 동물복지형 농장의 Vitamin A 분석 결과 unit : $\mu\text{g RE}/100\text{g}$

No.	일반(도드람)	일반(선진)	복지(선진)
1	1.62	3.27	2.79
2	1.46	2.29	2.95
3	1.64	2.27	2.48
4	1.60	3.18	1.79
5	2.21	2.47	2.27
6	1.90	3.46	2.56
7	2.13	2.37	2.23
평균±편차	1.794±0.289	2.759±0.520	2.439±0.386

② Vitamin D 분석 결과

- 균질화 된 시료 0.5 g을 HPLC-FLD로 분석을 한 결과를 Table 4-13.에 나타내었고, vitamin D2는 3.23 min, vitamin D3는 3.36 min에서 peak 확인되었으며, 시료의 peak의 area를 활용하여 정량하였음
- Vitamin D의 standard solution은 5, 10, 20, 50 및 100 ppb로 제조하여 표준검량선을 작성하여 이용하였으며, 0.999 이상의 우수한 직선성을 확인하였음(그림 2-4-29)
- Vitamin D 분석한 결과 모두 검량선 한계 미만으로 ND로 나타내었음



[그림 2-4-29] Vitamin D의 standard curve

[표 2-4-18] 일반농장과 동물복지형 농장의 Vitamin D 분석 결과

unit : $\mu\text{g}/100\text{g}$

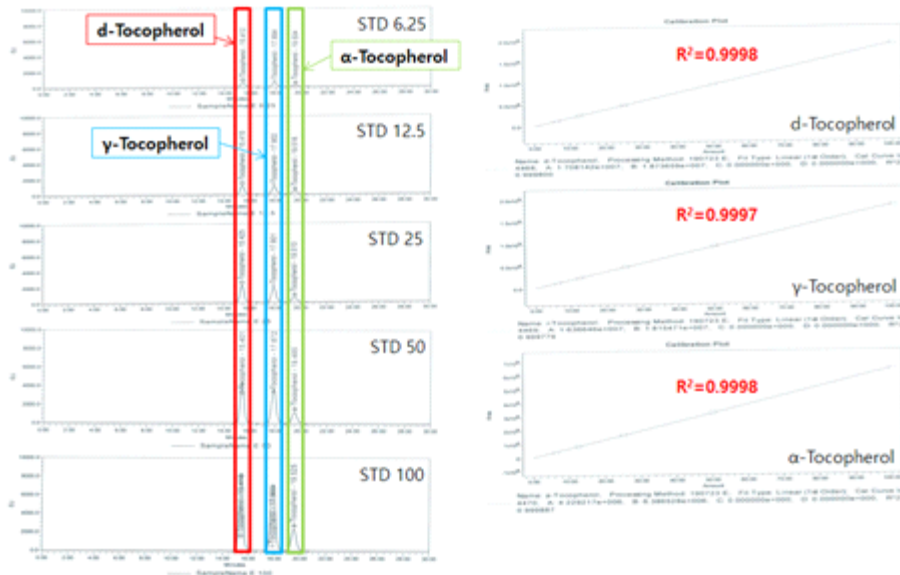
No.	일반(도드람)	일반(선진)	복지(선진)
1	ND ¹⁾	ND	ND
2	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND
7	ND	ND	ND

평균±편차	-	-	-

¹⁾ ND : Not Detected

③ Vitamin E 분석 결과

- 균질화 된 시료 10 g을 HPLC-FLD로 분석을 한 결과를 Table 4-14.에 나타내었고, vitamin E의 δ-Tocopherol은 15.35 min, γ-Tocopherol은 17.83 min 및 α-Tocopherol은 19.42 min에 확인이 가능하였으며, 시료의 peak의 area를 활용하여 정량하였음
- Vitamin E의 standard solution은 6.25, 12.5, 25, 50 및 100 ppb로 제조하여 표준검량선을 작성하여 이용하였으며, 0.999 이상의 우수한 직선성을 확인하였음(그림 2-4-30)
- Vitamin E를 분석하여 비교하였을 때 일반(선진) 0.017±0.014 mg α-TE/100g, 복지(선진) 0.029±0.028 mg α-TE/100g, 일반(도드람) 0.048±0.038 mg α-TE/100g의 함량을 보임
- 각각 시료별로 비교한 결과 vitamin E를 이용한 진위판별을 힘들 것으로 사료됨



[그림 2-4-30] Vitamin E의 standard curve

[표 2-4-19] 일반농장과 동물복지형 농장의 Vitamin E 분석 결과 unit : mg α-TE/100g

No.	일반(도드람)	일반(선진)	복지(선진)
1	0.003	0.001	0.001
2	0.022	0.021	0.019
3	0.056	0.01	0.061
4	0.033	0.01	0.007
5	0.07	0.006	0.014
6	0.118	0.04	0.073
7	0.031	0.029	0.029
평균±편차	0.048±0.038	0.017±0.014	0.029±0.028

3. 3차년도 연구 결과

가. 연구개발 목표

- 유도결합플라스마 질량분석기(ICP-MS), 유도결합플라스마 분광분석기(ICP-OES), 가스 크로마토그래피(GC), 가스 크로마토그래피 질량분석기(GC-MS) 및 액체 크로마토그래피(LC) 등의 기기를 활용하여 시료의 무기성분, 휘발성 유기성분 및 비휘발성 유기성분 등의 이화학적 분석을 하고자 하였다.
- 무기성분 분석
 - ICP-MS 및 ICP-OES를 이용한 미량 및 다량 무기성분 분석을 통해 각 사양환경에 따른 축산물을 구분할 수 있는 지표 성분을 탐색하였다.
 - 지표물질 확립을 위해서 무기원소 data를 이용한 통계적인 방법으로 실제 적용가능성을 검토하였다.
- 휘발성 유기성분 분석
 - 육질의 일반적인 분석인 콜레스테롤 함량 분석을 통한 특이적인 패턴을 검토하였다.
 - 많은 종의 휘발성 유기성분 분석이 가능한 SDE 추출 및 GC-MS 분석을 통해 시료의 data 확보 및 특이적인 향기패턴을 검토하였다.
 - 확보된 data를 이용한 일반농장과 동물복지 농장의 사양환경에 따른 지표성분을 확인하였다.
- 비휘발성 유기성분 분석
 - 극성도에 따른 soxhlet 추출을 통해 screening된 data를 검토하였다.
 - 다수 시료의 비휘발성 유기성분 data 확보 및 사양환경에 따른 육계시료의 특이적인 peak를 탐색하였다.
 - 일반 또는 동물복지 농장 시료에서 확인된 peak의 정밀한 분석을 통해 특이적인 지표물질 가능성을 규명하였다.
- 통계처리
 - 분석된 data를 활용한 통계분석으로 동물복지형 육계와의 판별여부를 확인하였다.
 - ANOVA(Analysis of Variance) 및 LDA(Linear Discriminant Analysis) 통계를 이용한 무기성분 비교하였다.

나. 연구결과

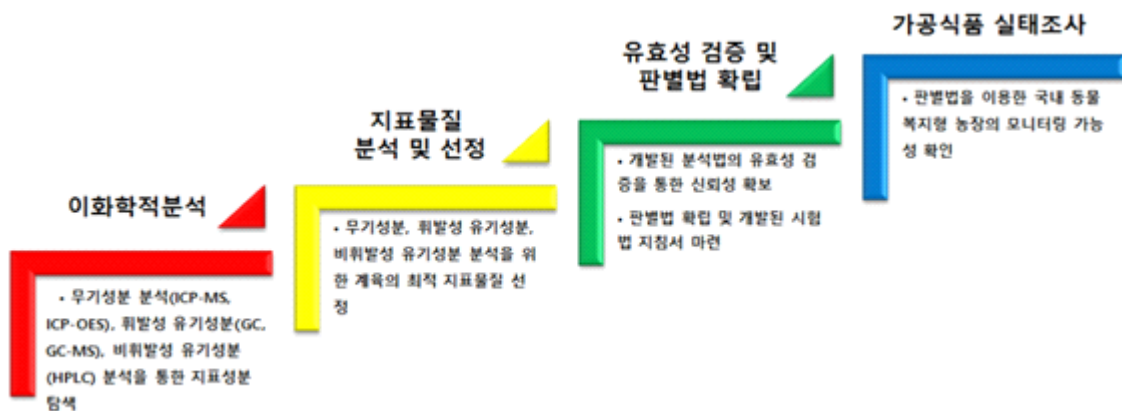
(1) 연구 내용 및 추진체계

(가) 연구 내용

- 일반농장과 동물복지형 농장의 생산 축산물에서 판별할 수 있는 지표성분 규명 및 판별 기준을 마련하였다.
- 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS), 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES)를 통한 무기성분 분석 및 통계처리를 진행하였다.
- 가스 크로마토그래피(GC), 가스 크로마토그래피 질량분석기(GC-MS)를 이용한 휘발성 유기성분을 분석하였다.
- 액체 크로마토그래피(LC)를 이용한 비휘발성 유기성분을 분석하였다.
- 다양한 분석기기를 사용하여 결과를 도출 후 지표성분을 규명하고 이를 통한 판별 가능성이 높은 최적의 분석법을 수립하였다.
- 지표성분 분석법의 유효성 검증을 통하여 신뢰성을 확보하였다.

(나) 연구 추진체계

- 본 연구팀이 다수의 이화학적 분석법을 개발한 바 있기 때문에 일련의 과정에 대해 전문성 높게 접근할 수 있다.
- 해당 식품원료에 대한 무기성분, 휘발성 유기성분 및 비휘발성 유기성분 등 전반적인 이화학적 분석을 진행함으로써 지표성분을 확립하고 비용절감, 간편성 및 판별력 부분에서 최적의 분석법을 개발하는데 용이할 것이다.



[그림 2-4-31] 연구 추진체계

(2) 연구방법

- 일반농장과 동물복지형 농장의 이화학적 분석을 통해 특이적인 지표성분을 찾고, 최종적으로 최적의 판별법을 개발하기 위한 연구를 실시하였다.

(가) 시료 현황

- 육계는 일반농장 4곳과 동물복지형 농장 4곳에서 사육되어 도축된 살코기의 다리살을 18년도와 19년도 2월에 각 10건씩, 가슴살을 농장별로 각 10건씩 총 120건을 제공받았다 (표 2-4-20).
- 시료는 PE 재질의 보관용기에 담아 분석 전까지 -20℃조건의 냉동고(MICOM CFD-0622, Samsung, Korea)에서 보관하였다.

[표 2-4-20] 3차년도 대상 시료 정보

샘플링 시기	일반	복지
18년도	10*	10*
19년도 2월	10	10
19년도 10월	10	10
19년도 12월	10*	10*
20년도 10월	15	15
합계	60	60

* : 가슴육, 다리육 각각 sampling

(나) 무기성분 분석

① 분석 대상 무기성분

- 미량원소 : Li, V, Cr, Mn, Co, Cu, Ga, Se, Rb, Sr 및 Ba
- 독성미량원소 : Pb, As 및 Cd
- 다량원소 : Ca, K, Mg, Na, P, S 및 Zn

② 시험용액 및 표준용액 제조

㉞ 시험용액 제조

- 무기원소 분석을 위한 시료분해는 습식분해법 중 microwave법을 통하여 분해하였다.
- Teflon vessel에 균질화된 시료 0.5 g을 취하고 30% H₂O₂ (purity 30%, Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd, Korea) 1 mL와 70% HNO₃ (purity 70%, Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd, Korea) 7 mL를 첨가하여 top wave microwave system (Analytik jena, Jena, Germany)의 온도 프로그램의 1000 W 조건 하에 80℃로 5분간 승온한 후, 50℃로 5분간 온도를 낮추고 다시 190℃까지 15분간 승온시켜 20분 동안 유지한 다음 0 W에서 20분간 냉각시켜 분해를 완료하였으며, 30 g으로 정용하여 무기성분 분석을 위한 시험용액으로 사용하였다. 최종 분해액은 0.45 μm syringe filter를 이용하여 필터링한 후 측정하였다.

㉔ 표준용액 제조

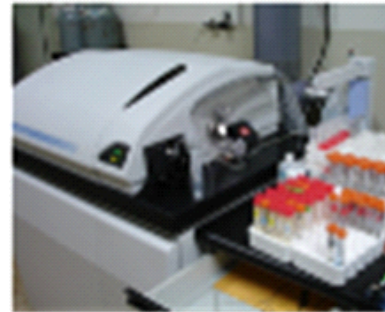
- 원소를 분석하기 위한 표준용액은 ICP용 Multi-Element Calibration Standard (PerkinElmer, USA) 10 mg/kg을 구입하여 사용하였으며, 최종 시료 농도와 동일한 농도인 70% HNO₃를 16.3% HNO₃로 희석하였고, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 및 5.5 mg/kg인 working solution을 제조하여 multi stock solution 10 mg/kg 시료 분해액과 동일한 HNO₃ 농도의 용액으로 희석하여 사용하였다.
- 다량 무기원소와 미량 무기원소를 측정할 수 있는 농도의 범위로 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 7.5 및 10.0 μg/kg인 working solution을 제조하여 사용하였다.

③ 무기성분 분석을 위한 기기조건 및 방법

- 미량 무기원소 분석은 Table 4-2.의 조건으로 극미량 원소 분석에 따른 시료를 주로 분석하는 유도결합플라즈마 질량분석기(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer, ICP-MS) 중 Elan DRC II (Perkinelmer, Norwalk, USA) 모델을 사용하여 측정하였다.
- 다량 무기원소 분석은 Table 4-3.의 조건으로 주로 고농도 함량의 시료를 분석하는 유도결합플라즈마 분광분석기(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer, ICP-OES)인 Optima 5300DV (Perkinelmer, Norwalk, USA)를 사용하여 측정하였다.
- 시료를 3회씩 분석하여 재현성과 평균값을 측정하였으며, 분석 과정 중 시료 10개 측정 후 동일한 농도의 표준용액을 분석하여 기기의 안정성을 확인하였다. 함량이 매우 낮은 원소를 분석하기 위해서 임의의 시료 10개를 선정하여 daily performance 표준용액을 만들어 일정한 감도를 확인한 후 분석하여 기기의 안정성을 확인하였다.

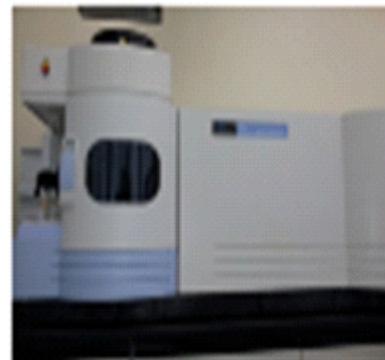
[표 2-4-21] 무기분석을 위한 ICP-MS의 분석 기기조건

Descriptions	Conditions
RF generator	Free-running type, 40 MHz
RF Power	1400 (W)
Coolant gas flow rate	17.0 L · min ⁻¹
Auxiliary gas flow rate	2.00 L · min ⁻¹
Nebulizer gas flow rate	1.05 mL · min ⁻¹
Sample uptake flow	1.00 mL · min ⁻¹
Nebulizer	Concentric type
Spray chamber	Cychronic type
Torch	Demountable
Interface cone	Platinum
Quadrupole chamber	1×10 ⁻⁶ torr
Dwell time	600 ms
Analyte mass	As (75)



[표 2-4-22] 무기분석을 위한 ICP-OES의 분석 기기조건

Descriptions	Conditions
RF generator	27.12 MHz
RF power	1.4 kW
Nebulizer	SeaSpray
Spray chamber	Cyclonic
Argon gas flow	
Plasma	16 L/min
Auxiliary	1.5 L/min
Nebulizer	0.94 L/min
Read delay	30 sec
Rinse	30 sec
Replicates	3



④ 분석결과의 통계처리

⊕ ANOVA (Analysis of Variance, ANOVA)

- ANOVA(Analysis of Variance) 분석은 집단 간의 평균차가 유의한지를 통계적으로 검증하며, 각 집단의 분산을 기반으로 유의성을 검증하는 방법이다.

- 실험군 간 평균의 차이는 one-way ANOVA로 유의성이 있는 경우 사후 분석 중 하나인 ducan의 다중범위검정(Ducan's multiple range test)으로 사후 검정하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 차이를 검증하였다.
- 모든 통계 분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science) version 12.0 프로그램 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다.

㉔ LDA (Linear Discriminant Analysis, LDA)

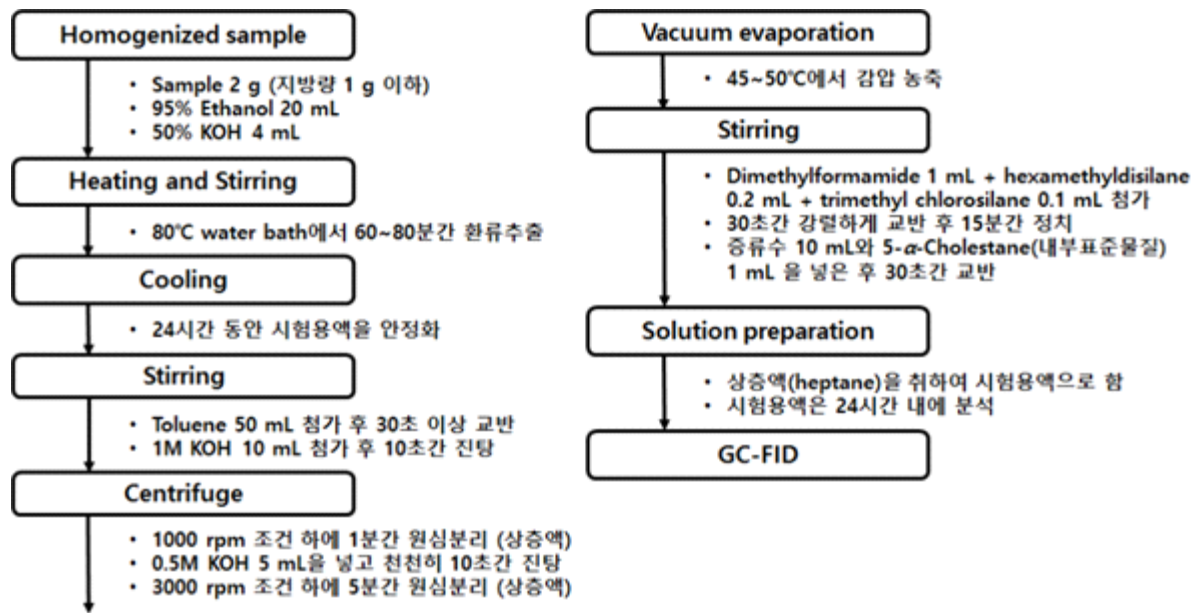
- LDA 분석은 클래스 간 분산(between-class scatter)과 클래스내 분산(within-class scatter)의 비율을 최대화 하는 방식으로 특정 벡터의 차원을 축소시켜 시료 대상 간의 차이를 확인하는 통계적 기법이다.
- 한 클래스 간 분산을 좁게 하거나 여러 클래스 간 분산을 크게 적용하여 그 비율의 패턴을 축소한 뒤, 그래프로 도식화하여 각각의 클래스를 구분하는 통계로 즉, 시료 각각의 분석 항목과 분석 결과를 패턴화하여 군집별 도식이 가능한 방법이다.

(다) 휘발성 유기성분 분석

① 시료의 전처리

㉔ 콜레스테롤 분석법

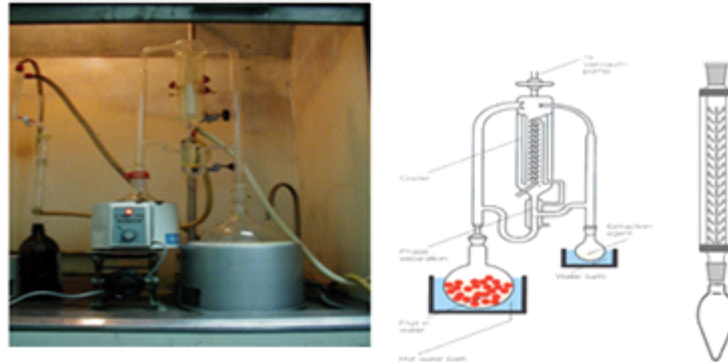
- 균질화 된 시료 2 g을 정밀히 취하고 95% ethanol 20 mL와 50% KOH 4 mL을 가한 후 80°C water bath에서 60~80분간 환류추출 과정을 거쳤다. 실온에서 냉각하여 24시간 동안 시험용액을 안정화하였으며, 시험용액에 toluene 50 mL을 가한 후 30초간 교반하고 1 M KOH 10 mL을 넣고 10초간 진탕하여 정치하였다. Centrifuge를 사용하여 1000 rpm에서 1분간 원심분리 후 상층액을 취하였다. 상층액에 0.5 M KOH 5 mL을 넣고 10초간 진탕하여 정치하고 3000 rpm에서 5분간 원심분리 후 상층액 toluene 층을 10 mL 둥근 플라스크에 취하고 45~50°C에서 감압 농축하여 증발 건조하였다.
- 시험관의 잔류물을 dimethylformamide 1 mL에 녹여 hexamethyldisilane 0.2 mL, trimethyl chlorosilane 0.1 mL을 가해 강렬하게 30초간 교반 후 15분간 정치하고 증류수 10 mL와 내부표준용액(5- α -cholestane) 1 mL을 넣어 30초간 교반 후 상층의 헵탄 층을 취하여 최종 시험용액으로 하여 24시간 이내에 분석하였다(그림 2-4-32).



[그림 2-4-32] 콜레스테롤 전처리 방법 모식도

㉔ 연속수증기 증류추출법(Simultaneous Steam Distillation and Extraction, SDE)

- 휘발성 향기성분의 추출은 Schulz 등의 방법에 따라 개량된 연속수증기 증류추출장치(Wire spiral packed double distilling)를 이용하였다(그림 2-4-33).
- 연속수증기 증류추출법은 휘발성 유기성분 추출방법으로 균질화된 시료 30 g과 Milli Q Water 1 L를 혼합하여 pH 7.0으로 조정 후 이를 휘발성 향기성분의 추출 시료로 사용하였다. 증류수는 18.2 MΩ 수준으로 순수재증류장치(Millipore Co., Massachusetts, USA)에서 얻은 Milli Q water를 사용하였고 정량을 알기 위한 내부표준 물질은 n-butyl benzene 100 ppm 농도로 1 mL를 사용하였다.
- 시료 추출에 사용된 diethyl ether, n-pentane 등의 유기용매는 Fisher Scientific(U.S.A)에서 HPLC grade로 구입 후 wire spiral packed double 증류장치(Normshliff Geratebau, Germany)로 재증류한 것을 사용하였고, 추출용매는 spiral로 충전된 double distilling apparatus로 증류시킨 n-pentane : diethyl ether 혼합용매(1:1, v/v) 100 mL를 사용하여 상압 하에서 3시간 동안 추출하였으며, 추출 후 상압 하에 무수황산나트륨(Na₂SO₄)을 이용하여 수분을 제거하였다.
- 유기용매 분획분은 vigreux column(Normschliff geratebau, Wertheim, Germany)을 사용하여 일정량까지 농축시킨 뒤, N₂ gas로 0.5 mL까지 농축시켜 이를 휘발성 유기성분 분석을 위한 시험용액으로 사용하였다.



[그림 2-4-33] 연속수증기 증류추출법에 의한 휘발성 유기성분 추출

② 최적의 휘발성 유기성분 분석 조건 수립

㉞ 콜레스테롤 분석 조건(GC-FID)

- 불꽃이온화검출기(Flame Ionization Detector, FID)가 장착된 GC(QP-2010, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하였으며 Column은 HP-5(0.25 mm I.D. × 60 m L., 0.25 μm, Phenomenex, USA)를 사용하였다.
- column의 온도 조건은 190℃에서 2분간 머무른 후 20℃/min 속도로 230℃까지 승온시켜 3분간 유지하였고, 40℃/min의 속도로 255℃까지 상승시킨 다음 25분간 유지하였다. 이동상으로 He을 사용하여 분당 2.0 mL/min으로 흘려주었으며, injector 온도는 250℃, 시료 주입량은 1.0 μL로 설정하여 분석하였다(표 2-4-23).

[표 2-4-23] 휘발성 유기성분 분석을 위한 GC-FID 분석조건

Model	GC-FID(QP2010, Shimadzu, Japan)		
Dectector	FID(Flame Ionization Detector)		
Column	HP-5(0.25 mm I.D. × 60 m L., 0.25 μm, Phenomenex, USA)		
Carrier gas	He		
Flow rate	2.0 mL/min		
Injector temp.	250℃		
Injection volume	1.0 μL		
	Rate (℃/min)	Temperature (℃)	Hold time (min)
Temp.	0	190	2
program	20	230	3
	40	255	25



㉔ 휘발성 유기성분 분석 조건(GC-MS)

- Column ZB-5MS (0.25 mm I.D. × 60 m L., 0.25 μm, Phenomenex, USA)가 장착된 GC-MS(QP-2010, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하였고, column의 온도 조건은 3분간 40℃에서 머무른 후 200℃까지 2℃/min 속도로 승온시켜 5분간 유지하였고, 250℃까지 10℃/min의 속도로 상승시킨 다음 10분간 유지하였다.
- Injector 온도는 250℃, 시료 주입량은 1.0 μL 및 split ratio는 20:1로 설정하여 분석하였고, 이동상으로는 He를 사용하였으며, 분당 0.8 mL/min으로 흘려주었다. MS 분석을 위한 시료의 이온화는 EI(Electron Impact Ionization) 방법을 이용하였으며 ionization voltage를 70 eV를 사용하였고 Mass spectrum scan 모드로 분자량의 범위는 40-400 m/z로 설정하였다(표 2-4-24).

[표 2-4-24] 휘발성 유기성분 분석을 위한 GC-MS 분석조건

Model	GC/MS-QP2010, Shimadzu, Japan		
MS type	Quadrupole type		
Column	ZB-5MS (0.25 mm I.D. × 60 m L., 0.25 μm, Phenomenex, USA)		
Carrier gas	He		
Flow rate	0.8 mL/min		
Injector temp.	250℃		
Split ratio	20:1		
Ion Source	EI (Electron Impact), 70 eV		
Mass range	40-400 m/z		
injection volume	1.0 μL		
	Rate (℃/min)	Temperature (℃)	Hold time (min)
Temp.	0	40	3
program	2	200	10
	10	250	10



③ 휘발성 유기성분의 정성 및 정량 방법

㉕ 휘발성 유기성분의 정성 방법

- 최적의 분리 효율을 갖는 column과 온도 program을 설정한 후 GC/MS의 Total Ionization Chromatogram (TIC)에 의해 분리된 각 peak들은 mass spectral data book의 spectrum과 일치, mass spectrum library (NIST 14, FFNSC 2, WILEY 7), GC/MS 분석에 의한 retention index와 문헌상의 retention index 간의 일치 및 본 연구실에서 축적한 표준물질의 분석 데이터를 비교하여 확인하였다.

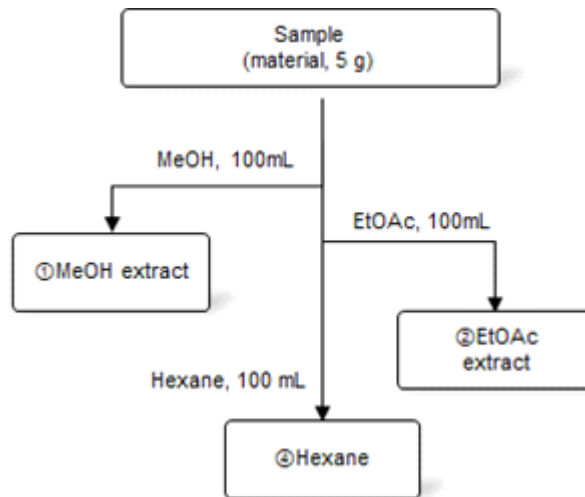
㉔ 휘발성 유기성분 정량 방법

- 정량을 알기 위한 내부표준 물질은 n-butyl benzene 100 ppm 농도로 1 mL를 사용하였고, 추출과정에서 첨가한 내부표준물질 n-butyl benzene은 정량분석을 위하여 분석 후 동정된 휘발성 유기성분과의 peak area 값으로 시료에 함유된 성분들을 상대적으로 정량하였다.

(라) 비휘발성 유기성분 분석(Soxxhlet법)

① Soxhlet 추출법을 이용한 유기성분 분석

- HPLC를 이용한 극성도별 용매에 따른 비휘발성 유기성분 분석을 위하여 soxxhlet 추출을 진행하였다. Tumble filter에 균질화된 시료 5 g을 담은 후 soxxhlet 장치를 이용하여 극성도에 따라 methanol, ethyl acetate 및 hexane을 추출용매로 각각 100 mL를 사용하였으며, 순차적으로 8시간씩 추출하였고, filter paper(Whatman no. 41)로 추출된 용액을 여과하여 rotary evaporator를 이용해 용매를 제거한 뒤 추출용매와 동일한 용매로 10 mL를 취하여 녹여준 후 syringe filter(0.45 μ m, nylon, whatman, USA)로 여과하여 시험용액으로 사용하였다(그림 2-4-34).



[그림 2-4-34] Soxhlet법을 이용한 순차적 추출물 제조 방법

② 액체크로마토그래프의 분석조건

㉕ Hexane 추출물을 이용한 HPLC 분석(분석법 1)

- Hexane 추출물은 일반적으로 극성 column을 이용하나, distilled water 대신 ethanol을 사용하여 비극성 컬럼인 Capcell pak C18(4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 μ m, Osaka soda, Japan)으로 분석하였다. 이동상은 80% acetonitrile을 이용한 isocratic 용리조건으

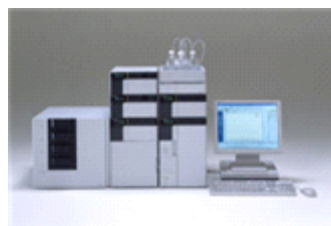
로, 이를 제외한 나머지는 조건은 methanol 추출물 분석법과 동일하게 진행하였다(표 22-4-25.).

㉔ Methanol, ethyl acetate 추출물을 이용한 HPLC 분석(분석법 2)

- HPLC는 LC-20A Prominence(Shimadzu, Japan)모델을 이용하였으며 column은 Capcell pak C18(4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 μm, Osaka soda, Japan)을 사용하였다.
- 용매조건은 기울기 용리 조건을 사용하였으며, 이동상으로는 water(A용매), acetonitrile(B용매)을 사용하였으며, 유속 1.0 mL/min, 컬럼온도 40℃, 시료 주입량 10 μL로 설정하여 분석하였고, detector는 diode array(DAD)를 사용하였으며, 분석 후 각 시료별 chromatogram을 비교하였다.
- B용매를 기준으로 0.0 ~ 0.1분간 5%로 유지하고, 0.1 ~ 10.0분간 10.2%, 10.0 ~ 13.0분까지 11%로 상승시킨 후 13.0 ~ 13.1분까지 90% 비율로 설정한 다음 2분간 10%로 유지시켜 다음 분석을 위하여 기기를 안정화를 시켜주었다. 사용한 검출기 및 파장은 모든 분석이 완료된 후 지표물질에 따라서 최적의 분석파장에 따라 DAD 또는 UV 검출기를 사용하였다.

[표 2-4-25] HPLC 분석기기 조건

HPLC	20A - HPLC system, Shimadzu, Kyoto, Japan
Column	Capcell pak C ₁₈ , (4.6 mm i.d. × 250 mm L., 5.0 μm, Osaka soda, Japan)
Column temp.	40℃
Detection	Diode array
Injection vol.	10 μL
Flow rate	1.0 mL/min
분석법 1 (Isocratic)	80% acetonitrile in ethanol
분석법 2 (Gradient)	(A) Water (B) Acetonitrile 5%(0.0-0.01 min) - 5 to 10.2%(0.01-10.0 min) - 10.2 to 11%(10.0-13.0 min) - 11 to 90%(13.0-13.1 min) - 90 to 10%(13.1-15.10 min)



(3) 연구결과

□ 무기성분, 휘발성 유기성분, 비휘발성 유기성분으로 나누어 분석한 결과를 일반농장과 동물복지 농장을 구분하여 제시하였다.

(가) 무기원소 분석 결과

① ICP-MS를 이용한 무기원소 분석을 통한 지표물질 탐색

- 본 연구에서는 ICP-MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer)를 이용하여 미량원소인 Li, V, Cr, Mn, Co, Cu, Ga, Se, Rb, Sr 및 Ba와 독성미량원소인 Pb, As 및 Cd 총 14개 원소를 분석하였다(Table 4-7.).
- Sr는 농장 간의 차이를 확인할 수 있었으나, Li, V, Cr, Mn, Co, Cu, Ga, Se, Rb, Ba, Cd, Pb 및 As의 경우 유의적인 차이는 나타나지 않았다.
- Li의 경우 일반농장 0.018 ± 0.004 mg/kg, 복지농장 0.02 ± 0.01 mg/kg으로 확인되었으며, V의 농장별 함량은 일반농장 0.007 ± 0.003 mg/kg, 복지농장 0.008 ± 0.005 mg/kg으로 농장 간의 차이는 확인되지 않았다. Cr은 일반농장 0.06 ± 0.011 mg/kg, 복지농장 0.05 ± 0.02 mg/kg으로 확인되었으며 유의적인 차이는 나타나지 않았다.
- Mn의 경우 일반농장 0.12 ± 0.09 mg/kg, 복지농장 0.13 ± 0.08 mg/kg의 함량으로 확인되었고, Co는 일반농장 0.001 ± 0.001 mg/kg, 복지농장 0.002 ± 0.001 mg/kg으로 확인되었다.
- Cu의 분석결과 일반농장 0.20 ± 0.13 mg/kg, 복지농장 0.21 ± 0.14 mg/kg으로 확인되었고, 농장 간의 차이는 나타나지 않았으며, Ga의 경우 농장별 함량은 일반농장 0.01 ± 0.01 mg/kg, 복지농장 0.02 ± 0.01 mg/kg으로 확인되었다.
- Se, Rb 및 Ba의 경우 각각의 함량은 일반농장에서 0.03 ± 0.02 mg/kg, 4.95 ± 3.77 mg/kg, 0.04 ± 0.04 mg/kg 복지농장에서 0.04 ± 0.01 mg/kg, 4.74 ± 2.94 mg/kg, 0.05 ± 0.05 mg/kg로 확인되었으며 농장 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다.
- Sr의 분석결과 일반농장 0.39 ± 0.12 mg/kg, 복지농장 0.67 ± 0.31 mg/kg으로 확인되었으며, 농장 간의 차이를 나타내었으며, 독성미량원소의 경우 모든 시료가 Cd 0.05 ppm 이하, Pb 0.1 ppm 이하로 식품의약품안전처의 기준규격을 넘지 않는 것을 확인하였다.

② ICP-OES를 이용한 무기원소 분석을 통한 지표물질 탐색

- ICP-OES(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer)를 이용하여 본 연구에서는 다량원소인 Ca, K, Mg, Na, P, S 및 Zn 총 7종을 분석하였다(표 2-4-26).

- 무기성분 분석 결과 Na의 경우 일반농장과 복지농장 간의 차이를 확인할 수 있었으나 Ca, K, Mg 및 Zn의 경우 일반농장과 복지농장의 유의적인 차이는 나타나지 않았다.
- K는 다량원소 중 가장 높은 함량을 보였으며, 일반농장 $4,289.08 \pm 347.22 \text{ mg/kg}$, 복지농장 $4,547.10 \pm 633.64 \text{ mg/kg}$ 으로 확인되었다.
- 많은 함량을 차지한 P와 S의 경우 각각의 함량은 일반농장에서 $2,464.06 \pm 397.47 \text{ mg/kg}$, $2,399.32 \pm 302.21 \text{ mg/kg}$, 복지농장에서 $2,549.02 \pm 357.70 \text{ mg/kg}$, $2,523.55 \pm 279.74 \text{ mg/kg}$ 으로 유의적인 차이는 없었다.
- Na의 함량은 일반농장 $454.41 \pm 123.50 \text{ mg/kg}$, 복지농장 $392.45 \pm 116.59 \text{ mg/kg}$ 으로 확인되었으며, 농장 간의 차이를 나타내었다.
- Ca와 Mg는 각각 일반농장에서 $68.43 \pm 16.94 \text{ mg/kg}$, $271.32 \pm 20.36 \text{ mg/kg}$, 복지농장의 경우 $64.95 \pm 15.31 \text{ mg/kg}$, $284.90 \pm 23.15 \text{ mg/kg}$ 로 확인되었으며 농장 간의 차이는 나타나지 않았다.
- Zn의 농장별 분석결과 일반농장 $3.23 \pm 1.83 \text{ mg/kg}$, 복지농장 $2.98 \pm 1.63 \text{ mg/kg}$ 으로 확인되었다.

③ LDA 통계를 활용한 무기원소

- 분석시료의 미량, 다량 무기원소 함량 분석 결과를 이용하여 LDA 통계로 분석한 결과, 일반농장과 복지농장의 판별률은 약 92.00%로 나타났으며, 특정 무기원소에서 특이적인 함량의 차이를 보이지 않았으나, 일반농장과 복지농장의 무기성분의 통계를 활용하는 판별은 가능성이 있을 것으로 사료된다.

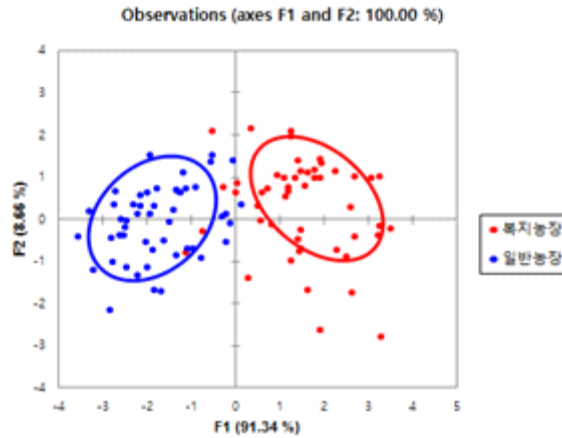
[표 2-4-26] 일반농장과 동물복지형 농장의 무기성분 분석 결과

Unit : mg/kg

원소	일반농장	복지농장
다량원소(mg/kg)		
Ca	68.43 ^{a1,2)} ±16.94	64.95 ^a ±15.31
K	4,289.08 ^a ±347.22	4,547.10 ^a ±633.64
Mg	271.32 ^a ±20.36	284.90 ^a ±23.15
Na	454.41 ^a ±123.50	392.45 ^b ±116.59
P	2,464.06 ^a ±397.47	2,549.02 ^b ±357.70
S	2,399.32 ^a ±302.21	2,523.55 ^b ±279.74
Zn	3.23 ^a ±1.83	2.98 ^a ±1.63
미량원소(mg/kg)		
Li	0.018 ^a ±0.004	0.02 ^a ±0.01
V	0.007 ^a ±0.003	0.008 ^a ±0.005
Cr	0.06 ^a ±0.11	0.05 ^a ±0.02
Mn	0.12 ^b ±0.09	0.13 ^b ±0.08
Co	0.001 ^a ±0.001	0.002 ^a ±0.001
Cu	0.20 ^a ±0.13	0.21 ^a ±0.14
Ga	0.01 ^a ±0.01	0.02 ^a ±0.01
Se	0.03 ^a ±0.02	0.04 ^a ±0.01
Rb	4.95 ^b ±3.77	4.74 ^b ±12.94
Sr	0.39 ^a ±0.12	0.67 ^b ±0.31
Ba	0.04 ^a ±0.04	0.05 ^a ±0.05
독성미량원소(mg/kg)		
Pb	0.02 ^b ±0.02	0.02 ^b ±0.01
As	0.005 ^b ±0.003	0.003 ^b ±0.003
Cd	0.0002 ^a ±0.0004	0.0003 ^a ±0.0002

¹⁾ Value are mean ± standard deviations

²⁾ The superscripts (a-b) in a column represent significantly different (p < 0.05) figures by duncan's multiple range test

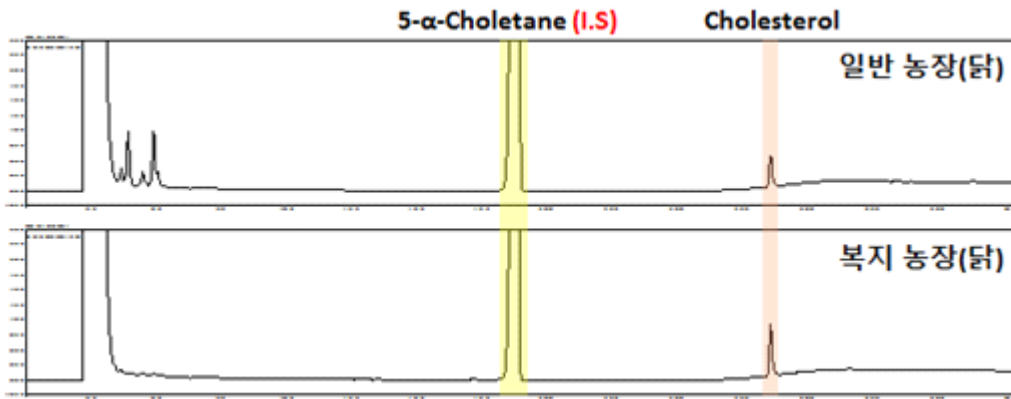


[그림 2-4-35] 미량, 다량 무기원소의 LDA 통계 결과 판별률(92.00%)

(나) 휘발성 유기성분 분석결과

① 콜레스테롤 분석결과

- GC-FID 분석결과 5- α -cholestane(내부표준물질)과 cholesterol은 각각 RT 18.91, 28.52에 확인되었다(그림 2-4-36). Cholesterol 평균 함량은 일반농장 52.87 \pm 1.01 mg/100g이었으며, 복지농장은 53.47 \pm 1.97 mg/100g으로 확인되었으며, 최종적으로 cholesterol 함량 비교 시, 일반농장과 복지농장의 유의적인 차이는 없었다.



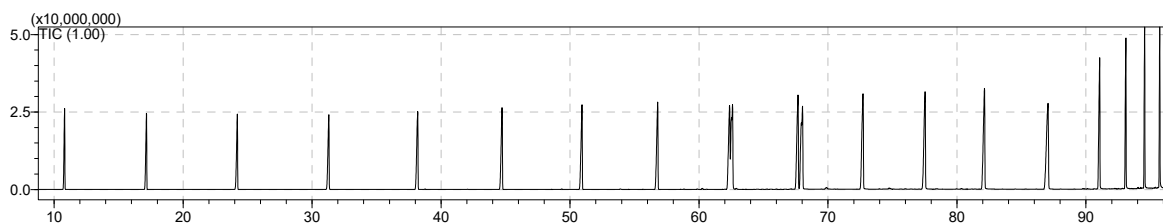
[그림 2-4-36] Cholesterol 분석 결과

② 휘발성 유기성분 분석결과

㉞ 머무름 지수(retention index, RI) 수립

- 머무름 지수(retention index, RI)를 수립하기 위하여 n-alkane 혼합 표준물질(C8 ~ C20)을 휘발성 유기성분 분석과 동일한 최적 조건으로 설정하여 GC-MS(GC/MS-QP2010, shimadzu, japan)로 분석하였다(그림 2-4-37).

- n-Alkane 표준물질의 머무름 시간(retention time, RT)을 분석한 후 계산식을 이용하여 분석된 각 성분의 머무름 시간에 대비한 머무름 지수(retention index, RI)를 수립하여 동정한 성분에 대한 신뢰성을 검증하였다.

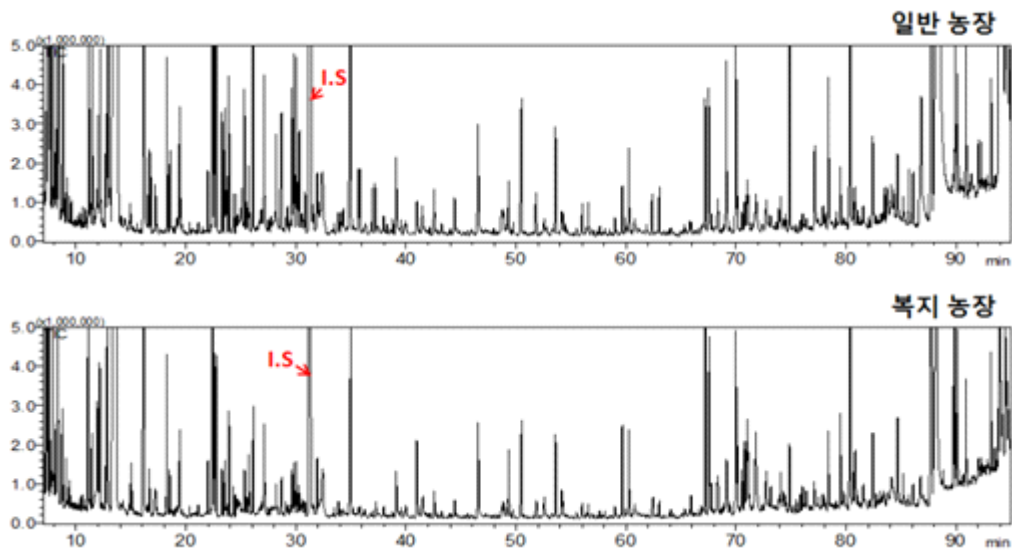


[그림 2-4-37] n-Alkane의 머무름지수(RI)

㊤ SDE(Simultaneous Steam Distillation and Extraction)법을 이용한 휘발성 유기성분 분석결과

- 균질화한 시료 30 g을 SDE법으로 추출하여 분석한 결과를 [표 2-4-27]에 나타내었고, International standard는 n-butylbenzene를 사용하였으며 정량분석에 이용하였다.
- 일반농장에서 추출된 휘발성 유기성분은 총 58종으로 117.21 mg/kg으로 확인되었고, hydrocarbon류가 6종(5.43 mg/kg), alcohol류가 17종(13.87 mg/kg), aldehyde류가 18종(75.78 mg/kg), ester류가 3종(4.45 mg/kg) 및 ketone류가 12종(10.69 mg/kg)로 확인되었다(그림 2-4-39).
- 복지농장에서 추출된 확인된 휘발성 유기성분은 총 49종으로 93.914 mg/kg으로 확인되었고, hydrocarbon류가 3종(3.32 mg/kg), alcohol류가 12종(14.86 mg/kg), aldehyde류가 17종(46.55 mg/kg), ester류가 6종(10.56 mg/kg), ether류가 2종(3.23 mg/kg), ketone류가 7종(7.55 mg/kg) 및 기타화합물류가 2종(7.84 mg/kg)으로 확인되었다.
- 관능기별로 분류하였을 때, alcohol류의 경우 일반농장에서 17종, 복지농장에서 12종으로 동정되었으며 일반농장에서 다량의 화합물이 확인되었다.
- 일반농장 분석결과 hexadecanal, n-hexanal 및 nonanal이 각각 23.17%, 11.48% 및 7.04%의 높은 함량을 나타내었고, 일반농장에서만 확인된 성분으로 2-hexanol과 5,6-dimethyldecane이 있으나 각각의 함량이 1.01 mg/kg, 0.34 mg/kg 미량으로 확인되어 지표성분 선정에는 어려움이 있다.
- 복지농장 분석결과 주요 유기성분으로 hexadecanal, 2-hydroperoxypentane 및 n-hexanal이 각각 17.96%, 7.42% 및 7.26%의 높은 함량으로 확인되었고, 9-oxononanoic acid ethyl ester는 복지농장에서만 동정되었으나 미량으로 확인되어 지표성분 선정에는 어려움이 있다.

- 모든 시료에서 함량이 높게 나온 n-hexanal 및 hexadecanal은 복지농장 시료보다 일반 농장 시료에서 더 많은 함량으로 확인되었으며, 이 화합물들은 지방산화가 발생되어 생성된 휘발성 이취성분으로 알려져 있다.



[그림 2-4-38] 농장별 SDE 추출 chromatogram 비교

[표 2-4-27] 농장별 SDE 추출 GC/MS 분석 결과 비교

No.	RI ¹⁾	Compoundname	MW ²⁾	MF ³⁾	일반농장		복지농장	
					mg/kg	Area%	mg/kg	Area%
1	729	(Z)-1,2-Dimethylcyclopentane	98	C ₇ H ₁₄	0.52	0.44	-	-
2	738	2,5-Dimethyltetrahydrofuran	100	C ₆ H ₁₂ O	1.90	1.62	1.01	1.07
3	777	2,3-Dimethyltetrahydrofuran	128	C ₉ H ₂₀		-		1.50
4	778	3-Methylheptane	114	C ₈ H ₁₈	2.94	2.51	1.41	-
5	782	Acetoacetone	100	C ₅ H ₈ O ₂	0.29	0.24	-	-
6	786	3-Hexanone	100	C ₆ H ₁₂ O	1.41	1.20	-	-
7	790	2-Hexanone	100	C ₆ H ₁₂ O	2.04	1.74	1.88	2.00
8	797	3-Hexanol	102	C ₆ H ₁₄ O	1.20	1.02	0.58	0.62
9	800	n-Hexanal	100	C ₆ H ₁₂ O	13.46	11.48	6.82	7.26
10	802	2-Hexanol	102	C ₆ H ₁₄ O	1.10	0.94	-	-
11	831	2-Ethyl-1-butanol	102	C ₆ H ₁₄ O	0.41	0.35	-	-
12	850	2-Hydroperoxy pentane	104	C ₅ H ₁₂ O ₂	-	-	6.97	7.42
13	857	3-Methylhexanal	114	C ₇ H ₁₄ O	0.90	0.77	0.67	0.71
14	859	4-Methyloctane	128	C ₉ H ₂₀	0.80	0.68	0.34	0.36
15	865	1-Hexanol	102	C ₆ H ₁₄ O	0.67	0.57	0.49	0.52
16	882	3-Heptanone	114	C ₇ H ₁₄ O	1.90	1.62	2.13	2.27
17	885	2-Heptanone	114	C ₇ H ₁₄ O	0.97	0.83	0.72	0.77
18	899	Heptanal	114	C ₇ H ₁₄ O	1.38	1.18	1.16	1.24
19	953	(E)-2-Heptenal	112	C ₇ H ₁₂ O	1.58	1.35	0.89	0.94
20	958	4-Methylnonane	142	C ₇ H ₂₂	-	-	1.58	1.68
21	966	1-Heptanol	116	C ₇ H ₁₆ O	0.53	0.45	0.38	0.40
22	968	4-Octanone	128	C ₇ H ₁₆ O	0.31	0.27	-	-
23	976	1-Octen-3-ol	128	C ₈ H ₁₆ O	2.11	1.80	0.82	0.87
24	982	3-Octanone	128	C ₈ H ₁₆ O	0.93	0.79	0.95	1.01
25	987	2-Pentylfuran	138	C ₉ H ₁₄ O	5.10	4.35	2.22	2.37
26	1000	Octanal	128	C ₈ H ₁₆ O	2.38	2.03	1.78	1.90
27	1008	(E,E)-2,4-Heptadienal	110	C ₇ H ₁₀ O	0.29	0.25	-	-
28	1025	2-Ethylhexanol	130	C ₈ H ₁₈ O	0.26	0.22	0.30	0.32

No.	RI ¹⁾	Compoundname	MW ²⁾	MF ³⁾	일반농장		복지농장	
					mg/kg	Area%	mg/kg	Area%
29	1028	3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	124	C ₉ H ₁₆	0.47	0.40	-	-
I.S ⁴⁾	1054	<i>n</i> -Butylbenzene			-	-	-	-
30	1058	4-Methyldecane	156	C ₁₁ H ₂₄	0.35	0.30	-	-
31	1062	Acetophenone	120	C ₈ H ₈ O	0.94	0.80	1.02	1.09
32	1064	2-(<i>E</i>)-Octenol	128	C ₈ H ₁₆ O	0.65	0.55	-	-
33	1087	2-Nonanone	142	C ₉ H ₁₈ O	0.50	0.42	0.33	0.35
34	1091	5,6-Dimethyldecane	170	C ₁₂ H ₂₆	0.34	0.29	-	-
35	1102	Nonanal	142	C ₉ H ₁₈ O	8.25	7.04	4.81	5.13
36	1153	Tetrahydrolavandulyl	158	C ₁₀ H ₂₂ O	0.24	0.21	-	-
37	1157	(<i>E</i>)-2-Nonenal	140	C ₉ H ₁₆ O	1.44	1.23	0.98	1.04
38	1182	Butoxyethoxyethanol	162	C ₈ H ₁₈ O ₃	0.76	0.65	1.73	1.84
39	1188	2-Decanone	156	C ₁₀ H ₂₀ O	0.77	0.66	-	-
40	1190	Methylsalicylate	152	C ₈ H ₈ O ₃	-	-	0.35	0.37
41	1203	Decanal	156	C ₁₀ H ₂₀ O	0.75	0.64	0.51	0.54
42	1259	(<i>E</i>)-2-Decenal	154	C ₁₀ H ₁₈ O	2.25	1.92	2.05	2.18
43	1315	(<i>E,E</i>)-2,4-Decadienal	152	C ₁₀ H ₁₆ O	2.81	2.40	2.07	2.20
44	1336	Glycerinediacetate	176	C ₇ H ₁₂ O ₅	-	-	0.47	0.50
45	1406	Dodecanal	184	C ₁₂ H ₂₄ O	0.47	0.40	-	-
46	1472	Dodecanol	186	C ₁₂ H ₂₆ O	0.40	0.34	0.45	0.48
47	1499	9-Oxononanoicacidethylester	200	C ₁₁ H ₂₀ O ₃	-	-	0.38	0.40
48	1508	Tridecanal	198	C ₁₃ H ₂₆ O	0.68	0.58	0.31	0.33
49	1577	8-Caryolanol	222	C ₁₅ H ₂₆ O	2.22	1.89	4.62	4.92
50	1583	Ethylphthalate	222	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	3.49	2.98	-	-
51	1584	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediodiisobutyrate	286	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	-	-	5.06	5.38
52	1587	Ledol	222	C ₁₅ H ₂₆ O	0.26	0.22	0.63	0.67
53	1609	Tetradecanal	212	C ₁₄ H ₂₈ O	2.81	2.39	0.87	0.92
54	1611	HumuleneepoxideII	220	C ₁₅ H ₂₄ O	-	-	0.87	0.93
55	1627	Epicubenol	222	C ₁₅ H ₂₆ O	0.46	0.40	1.39	1.48
56	1638	Caryophylla-4(12),8(13)-dien-5b-ol	220	C ₁₅ H ₂₄ O	0.52	0.45	1.45	1.54

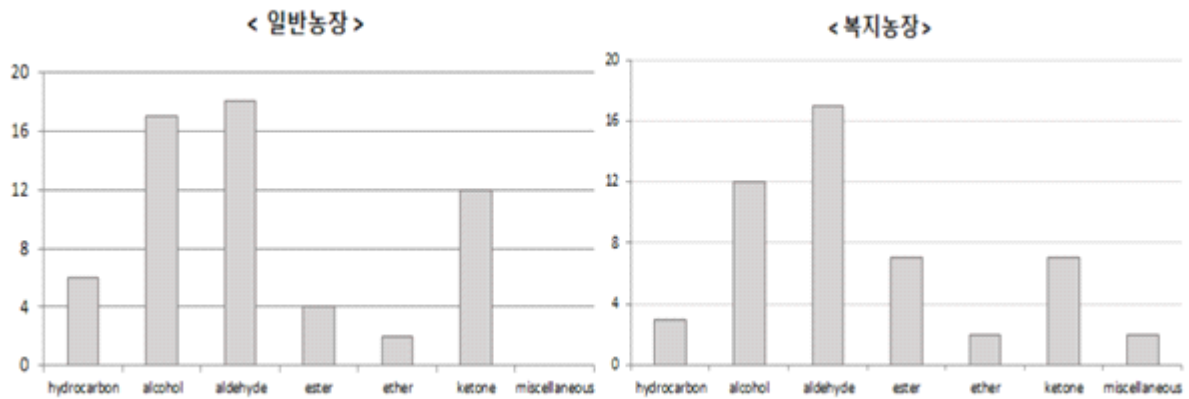
No.	RI ¹⁾	Compoundname	MW ²⁾	MF ³⁾	일반농장		복지농장	
					mg/kg	Area%	mg/kg	Area%
57	1643	T-Muurolol	222	C ₁₅ H ₂₆ O	0.95	0.81	2.02	2.15
58	1679	(E)-2-Tetradecenal	210	C ₁₄ H ₂₆ O	-	-	0.49	0.52
59	1692	2-Pentadecanone	226	C ₁₅ H ₃₀ O	0.32	0.27	-	-
60	1709	1-Pentadecanal	226	C ₁₅ H ₃₀ O	2.87	2.45	1.18	1.26
61	1785	(9Z)-Hexadecenal	238	C ₁₆ H ₃₀ O	0.25	0.21	-	-
62	1809	Hexadecanal	240	C ₁₆ H ₃₂ O	27.16	23.17	16.87	17.96
63	1815	Isopropylmyristate	270	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0.55	0.47	0.65	0.69
64	1833	Phytone	268	C ₁₈ H ₃₆ O	0.31	0.27	0.52	0.55
65	1876	Hexadecanol	242	C ₁₆ H ₃₄ O	1.13	0.96	-	-
66	1991	Ethylpalmitate	284	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	0.41	0.35	3.66	3.89
67	1993	Olealdehyde	266	C ₁₈ H ₃₄ O	-	-	2.81	2.99
68	2021	Octadecanal	268	C ₁₈ H ₃₆ O	6.07	5.18	2.30	2.45
Total					117.21	100.00	93.91	100.00

¹⁾ RI = Retention index

²⁾ MF = Molecular formular

³⁾ MW = Molecular weight

⁴⁾ IS = Internal standard

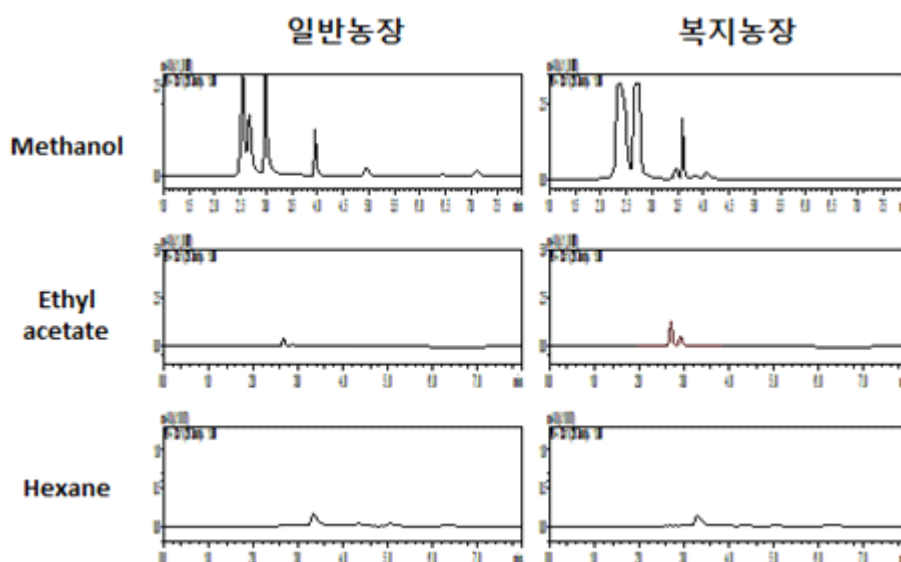


[그림 2-4-39] 농장별 SDE 추출 GC/MS 결과 관능기별 비교

(다) 비휘발성 유기성분 분석결과(soxhlet법)

① Soxhlet 추출방법을 이용한 지표성분 탐색

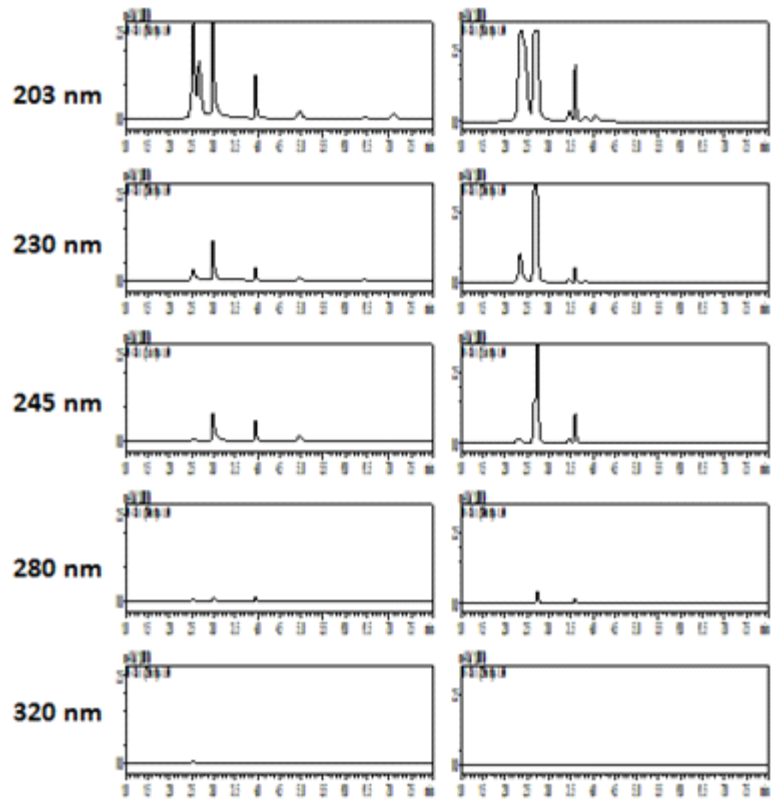
- Soxhlet법으로 methanol, ethyl acetate 및 hexane의 순차적 추출을 하였으며, HPLC-PDA로 분석한 결과, methanol 용매에서 다수의 peak이 확인되었으며, ethyl acetate, hexane에서는 특정한 peak를 확인할 수 없었다.
- HPLC 분석을 위한 시험용액은 methanol을 최적의 용매로 선정하였다(그림 2-4-40).



[그림 2-4-40] 일반농장과 동물복지농장 돼지의 용매별 순차적 추출 결과

- 파장에 따른 비교를 위해 methanol 추출물을 203, 230, 245, 280 및 320 nm에서 관찰한 결과, 203 nm에서 다수의 peak가 관찰되어 결과 data에 이용하였다.(그림 2-4-41)
- 일반농장과 복지농장의 비휘발성 유기성분 분석결과 각각의 특정 peak가 확인되지 않았으며, 지표성분 선정에 어려움이 있을 것으로 사료된다.

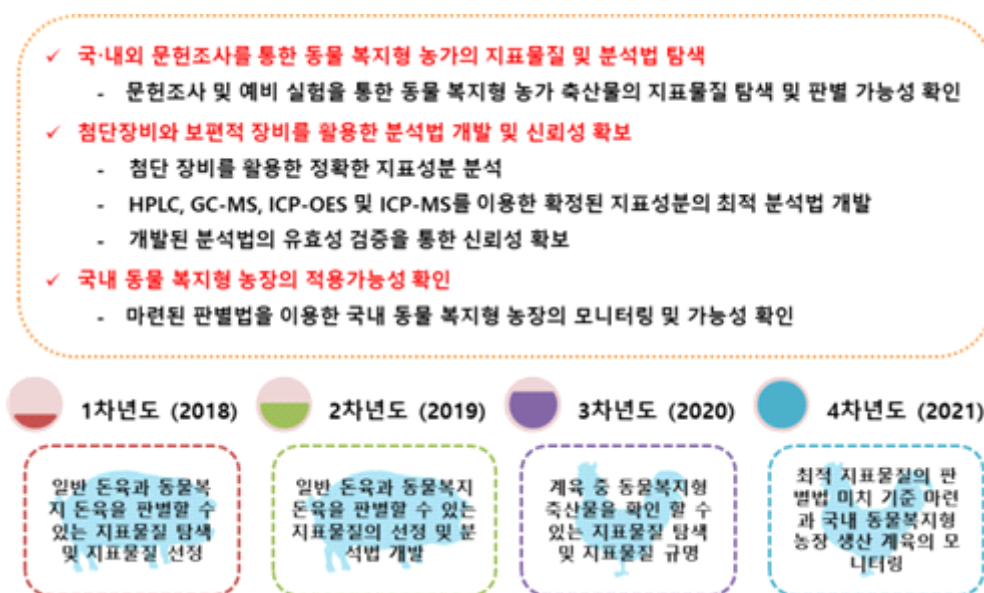
Methanol



[그림 2-4-41] 일반농장과 동물복지농장 돼지 MeOH 추출물의 파장별 chromatogram 비교

4. 4차년도 연구 결과

- 일반농장과 동물복지형 농장의 생산 축산물에서 판별할 수 있는 지표성분 규명 및 판별 기준 마련
- 유도결합플라즈마 질량분석기(ICP-MS), 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES)를 통한 무기성분 분석 및 통계처리 진행
- 가스크로마토그래피(GC/MS)를 이용한 휘발성 유기성분 분석
- 액체크로마토그래피(LC), 액체크로마토그래피-질량분석기(LC-MS)를 이용한 비휘발성 유기성분 분석
- 다양한 분석기기를 사용하여 결과를 얻은 후 지표성분을 규명하고 이를 통한 판별 가능성이 높은 최적의 분석법을 수립
- 지표성분 분석법의 유효성 검증을 통한 신뢰성 확보
- 차년도 별 분석대상 나누어 분석에 실행



[그림 2-4-42] 연구과제 수행 목표

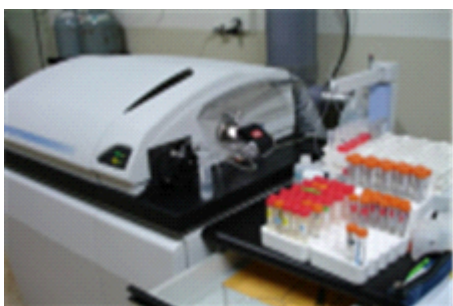
- 본 연구팀의 다수의 이화학적 분석법을 개발한 바 있기 때문에 일련의 과정에 대해 전문도 높게 접근할 수 있음
- 해당 식품원료에 대한 무기원소, 비휘발성 유기성분, 휘발성 유기성분 등 전반적인 이화학적 분석을 진행함으로써 지표성분을 확립하고 판별력, 간편성 및 비용절감 부분에서 최적의 분석법을 개발하는데 용이할 것임



[그림 2-4-43] 연구개발 진행 모식도

- 진위 판별에 많이 사용되는 분석 장비인 가스크로마토그래피 질량분석기(GC-MS), 액체 크로마토그래피(LC), 액체 크로마토그래피-질량분석기(LC-MS), 유도결합플라즈마 질량 분석기(ICP-MS) 및 유도결합플라즈마 분광분석기(ICP-OES) 등의 기기를 활용하여 시료의 휘발성 유기성분, 비휘발성 유기성분, 무기성분 등의 화학적 분석을 하고자 함
- 분석대상 시료 : 일반농장과 동물 복지형 농장에서 생산된 축산물의 판별을 위하여 분석 대상 시료(돼지고기와 닭고기)를 단백질, 지방 및 뼈로 나누어 각 실험의 시료로 이용하고자 함

가. 무기성분 분석: ICP-MS 및 ICP-OES를 이용한 미량 및 다량 무기성분 분석을 통한 지표 성분 확인



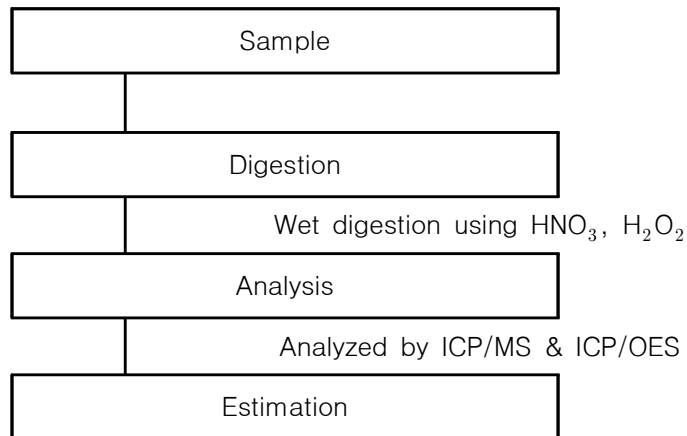
ICP-MS (PerkinElmer ELAN DRC II)



ICP-OES (PerkinElmer Optima 5300 DV)

[그림 2-4-44] ICP-MS 및 ICP-OES 분석기기

- 분석방법 : 시료 (0.5 g)을 Teflon Vessel에 취한 후, 70% HNO₃ 7 mL, 30% H₂O₂ 1 mL를 첨가하여 top wave microwave system (Analytik jena, Jena, Germany)으로 산분해 전처리한 후 ICP-MS 또는 ICP-OES를 통하여 미량 및 다량 무기성분 분석

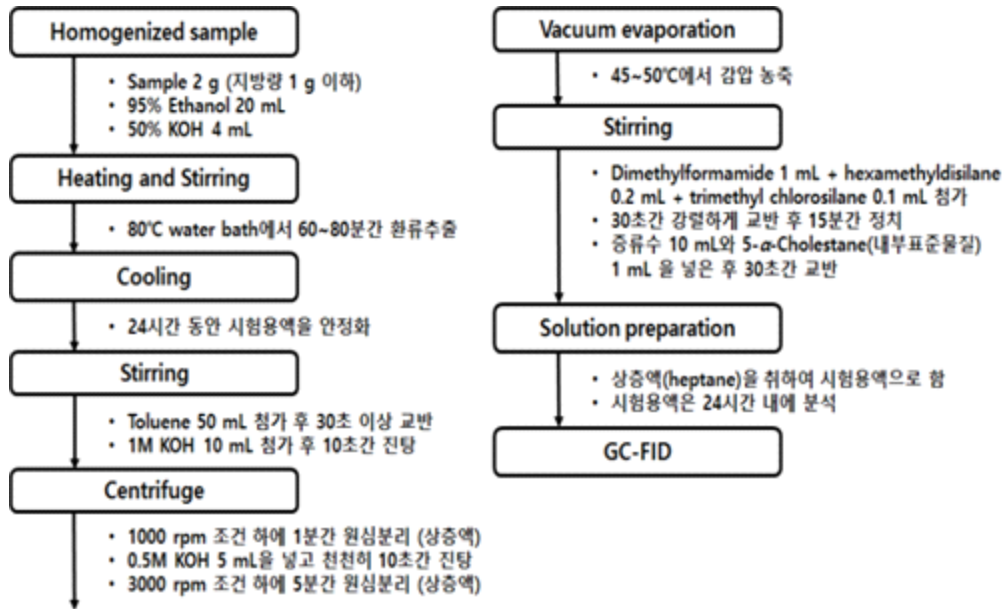


[그림 2-4-45] ICP-MS 및 ICP-OES의 분석방법 모식도

나. 휘발성 유기성분 분석

- 콜레스테롤 분석을 통하여 일반농장과 동물복지 농장의 차이를 확인
- GC-MS를 이용한 휘발성 유기성분 분석을 통한 지표 성분 확인
- 휘발성 유기성분 분석을 통하여 일반농장과 동물복지 농장에서 생산된 축산물의 판별을 가능토록 연구
- 추출방법에 따른 향기 관련 물질의 수율 및 특성 비교
- 휘발성 향기 성분을 추출하기 위하여 다음과 같은 추출방법으로 향기 성분을 추출하여 수율 및 각 방법의 특성을 비교함

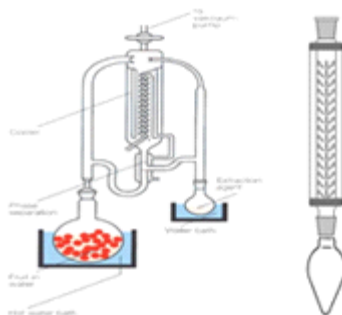
(1) 콜레스테롤 분석 방법



[그림 2-4-46] 콜레스테롤 전처리 방법 모식도

(2) 휘발성 유기성분 추출방법

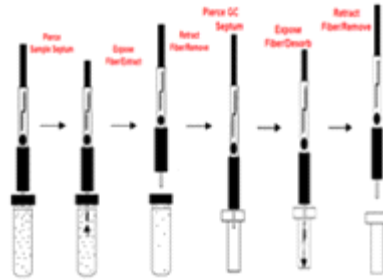
- 연속수증기 증류추출법(SDE, simultaneous steam distillation and extraction) : 시료 추출을 위하여 분쇄 시료와 Milli Q water 1 L를 혼합하여 blender로 1분간 분쇄한 후 1 N NaOH 용액을 첨가하여 pH 6.5로 조정하고 이를 휘발성 향기 성분의 추출용 시료로 사용함. 휘발성 향기 성분의 추출은 개량된 연속수증기 증류추출장치(SDE)에서 추출용 시료에 spiral로 충전된 double distilling apparatus로 재증류한 n-pentane:diethyl ether 혼합용매(1:1, v/v) 100 mL를 사용하여 상압 하에서 3시간 동안 추출



[그림 2-4-47] 휘발성 유기성분 추출장치(SDE)

- SPME 분석방법은 fiber에 polydimethyl siloxane을 입힌 고정상을 사용하여 수용액상의 headspace 부분에서 시료와 fiber사이에 분배에 의해 휘발성 유기화합물을 흡착하고 유기

화합물이 흡착된 fiber를 gas chromatography(GC)의 injector에 주입하여 열 탈착시키는 방법으로 각각의 시료를 취하여 $80 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지한 후 SPME를 수직으로 세운 다음 30분 동안 시료 내의 휘발성 성분을 fiber에 흡착시킨 후 흡착된 향기 성분을 GC-MS injector에서 탈착시켜 분석



[그림 2-4-48] SPME를 이용한 휘발성 유기성분 추출

(3) GC/MS의 최적의 기기분석 조건 수립

- GC/MS에 의해 total ionization chromatogram(TIC)에 분리된 각 peak의 성분분석은 mass spectrum library(FNNSC2, NIST 62, WILEY 139)와 mass spectral data book의 spectrum과의 일치 및 GC-FID 분석에 의한 retention index와 문헌상의 retention index와의 일치 및 본 연구실에서 축적한 표준물질의 분석 데이터를 비교하여 확인함

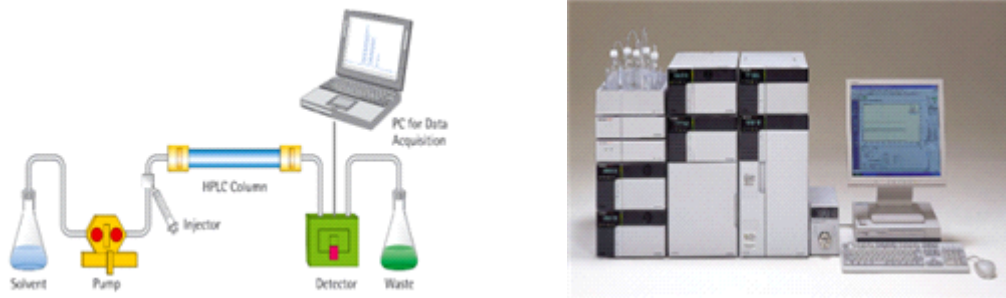
다. 비휘발성유기성분

- UV-VIS/spectrophotometer를 이용한 유기성분 분석을 통한 지표성분 확인
- 시료 분자가 어느 파장의 빛을 흡수하며, 그 흡광도(Abs)는 얼마나 되는지 측정하는 기기 장치로 측정하고자 하는 분자 구조의 작용기가 발색단과 조색단을 가져야하며 극성도별 용매를 이용한 추출물을 이용하여 UV-VIS/spectrophotometer로 screening 후 지표성분 확인
- HPLC 및 LC-MS/MS를 이용한 유기성분 분석을 통한 지표성분 확인
- 육류에 대표적으로 존재하는 vitamin A, D, E분석을 통하여 일반농장과 동물복지 농장의 차이를 확인
- 산화적 스트레스로 인하여 생기는 MDA성분에 대하여 접근

(1) 비휘발성유기성분 스크리닝 분석

- 용매추출(soxhlet 추출, 환류추출 및 초음파추출 등)방법 중 회수율이 높은 추출법을 이용하여 정성·정량분석에 사용하고자 함

- 액체크로마토그래피법(LC)의 종류로는 액체-액체 크로마토그래피법, 이온-교환 크로마토그래피법 등 다양한 종류가 있으며, 본 연구에서는 HPLC 및 LC-MS/MS 등을 이용하고자 함
- 가능한 전처리방법이 간단하고 분석시간이 짧으며 범용적 사용이 가능한 조건 수립



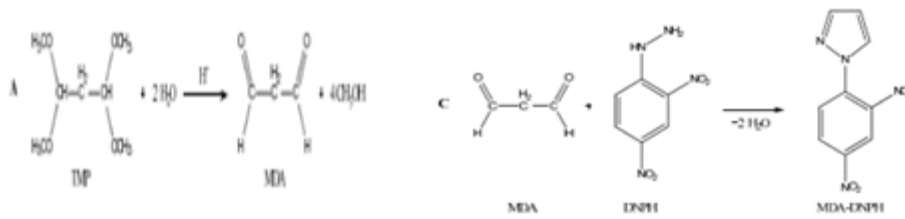
[그림 2-4-49] HPLC 원리 및 기기

(2) Vitamin 분석(A,D,E)

- 국가표준식품성분표에 따르면 돼지고기에 100g당 8~80IU의 비타민D가 함유되고 알려짐
- 돼지고기 및 닭고기에 미량으로 확인되는 비타민의 함량 차이를 비교하고자함

(3) MDA(malondialdehyde) 분석

- Malondialdehyde(MDA)는 산화하는 동안 생성되는 2차 지질산물이며, 스트레스 지표 및 산화의 유무 확인으로 사용되고 있음
- 지방의 산화 초기생성물인 hydroperoxides의 최종 생성물은 MDA, 4-hydroxynonenal이며, 지질 1차 산화 생성물은 산화에 지속적으로 노출될시 알데히드, 케톤, 에폭사이드, 하이드록시 화합물등을 포함한 2차 산화 생성물을 생성할 수 있어 이에 동물복지 농장과 일반농장에서 사육된 육계 및 돈육의 판별 시 분석에 적용하고자함
- MDA를 분석하기 위하여 산성의 pH와 고온에서 TBA를 반응시켜 MAD-TBA를 분석하며, 생 시료에서 MDA확인 여부는 2,4-dinitrophenylhydrazine(DNPH) 유도체 시약을 사용하여 분석의 정확도를 높힘



[그림 2-4-50] MDA 유도체화 반응

라. 동물복지 축산물의 지표물질 선정

- 동물 복지 축산물에 대한 지표물질을 선정하는 데 있어 크게 두 가지 기준을 정하였으며, 다음과 같음. 첫째 동물 복지 축산물의 성분 중 일반 축산물에 비교해 높은 함량으로 분석되는 물질, 둘째 동물 복지 축산물이 함유한 고유의 독창적인 물질로 이 분류들을 기초로 하여 선행되었던 연구 문헌을 검색해 보고 지표물질을 정리하여 선정
- 본 연구에서는 선행된 문헌 조사를 바탕으로 각 식품원료에 대한 지표물질의 자료를 수집, 검토하여 지표물질을 선정 후 이를 바탕으로 일반농장과 동물복지 농장에서 생산된 축산물을 구별할 수 있는 판별법을 개발하고자 함

마. 연구수행 결과

(1) 연구방법

- 일반농장과 동물복지형 농장의 이화학적 분석을 통해 특이적인 지표성분을 찾고, 최종적으로 최적의 판별법을 개발하기 위한 연구를 실시

(가) 시료 현황

- 육계는 일반농장 4곳과 동물복지형 농장 4곳에서 사육되어 도축된 살코기의 다리살을 18년도와 19년도 2월에 각 10건씩, 가슴살을 농장별로 각 10건씩 총 160건을 제공받음(표 2-4-28)
- 제공받은 시료이외에 추가로 분석시료를 구매하여 추가 분석등을 진행하였음
- 시료는 PE 재질의 보관용기에 담아 분석 전까지 -20℃조건인 냉동고(MICOM CFD-0622, Samsung, Korea)에서 보관함

[표 2-4-28] 시료 정보

샘플링 시기	일반	복지
18년도	10*	10*
19년도 2월	10	10
19년도 10월	10	10
19년도 12월	10*	10*
20년도 10월	15	15
21년도	20	20
합계	80	80

* : 가슴육, 다리육 각각 sampling

(나) 무기성분 분석

① 분석 대상 무기성분

- 미량원소 : Li, V, Cr, Mn, Co, Cu, Ga, Se, Rb, Sr 및 Ba
- 독성미량원소 : Pb, As 및 Cd
- 다량원소 : Ca, K, Mg, Na, P, S 및 Zn

② 시험용액 및 표준용액 제조

㉠ 시험용액 제조

- 무기원소 분석을 위한 시료분해는 습식분해법 중 microwave법을 통하여 분해함
- Teflon vessel에 균질화된 시료 0.5 g을 취하고 30% H₂O₂ (purity 30%, Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd, Korea) 1 mL와 70% HNO₃ (purity 70%, Dong Woo Fine Chem. Co. Ltd, Korea) 7 mL를 첨가하여 top wave microwave system (Analytik jena, Jena, Germany)의 온도 프로그램의 1000 W 조건 하에 80℃로 5분간 승온한 후, 50℃로 5분간 온도를 낮추고 다시 190℃까지 15분간 승온시켜 20분 동안 유지한 다음 0 W에서 20분간 냉각시켜 분해를 완료하였으며, 30 g으로 정용하여 무기성분 분석을 위한 시험용액으로 사용함. 최종 분해액은 0.45 μm syringe filter를 이용하여 필터링한 후 측정하였음

㉡ 표준용액 제조

- 원소를 분석하기 위한 표준용액은 ICP용 Multi-Element Calibration Standard (PerkinElmer, USA) 10 mg/kg을 구입하여 사용하였으며, 최종 시료 농도와 동일한 농도인 70% HNO₃를 16.3% HNO₃로 희석하였고, 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 및 5.5 mg/kg인 working solution을 제조하여 multi stock solution 10 mg/kg 시료 분해액과

동일한 HNO₃ 농도의 용액으로 희석하여 사용하였음

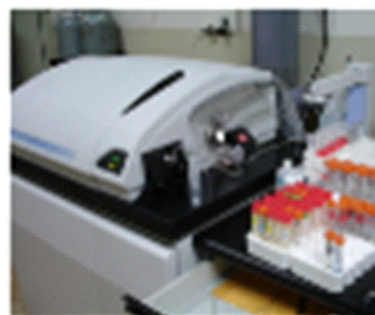
- 다량 무기원소와 미량 무기원소를 측정할 수 있는 농도의 범위로 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 7.5 및 10.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 인 working solution을 제조하여 사용하였음

③ 무기성분 분석을 위한 기기조건 및 방법

- 미량 무기원소 분석은 [표 2-4-29]의 조건으로 극미량 원소 분석에 따른 시료를 주로 분석하는 유도결합플라즈마 질량분석기(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer, ICP-MS) 중 Elan DRC II (Perkinelmer, Norwalk, USA) 모델을 사용하여 측정하였음
- 다량 무기원소 분석은 [표 2-4-30]의 조건으로 주로 고농도 함량의 시료를 분석하는 유도결합플라즈마 분광분석기(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer, ICP-OES)인 Optima 5300DV (Perkinelmer, Norwalk, USA)를 사용하여 측정하였음
- 시료를 3회씩 분석하여 재현성과 평균값을 측정하였으며, 분석 과정 중 시료 10개 측정 후 동일한 농도의 표준용액을 분석하여 기기의 안정성을 확인하였다. 함량이 매우 낮은 원소를 분석하기 위해서 임의의 시료 10개를 선정하여 daily performance 표준용액을 만들어 일정한 감도를 확인한 후 분석하여 기기의 안정성을 확인하였음

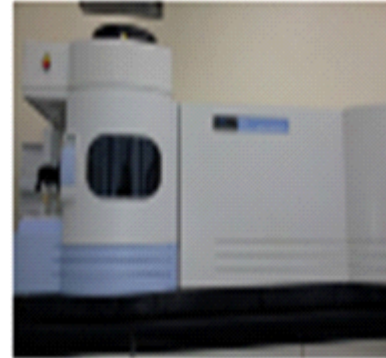
[표 2-4-29] 무기분석을 위한 ICP-MS의 분석 기기조건

Descriptions	Conditions
RF generator	Free-running type, 40 MHz
RF Power	1400 (W)
Coolant gas flow rate	17.0 L · min ⁻¹
Auxiliary gas flow rate	2.00 L · min ⁻¹
Nebulizer gas flow rate	1.05 mL · min ⁻¹
Sample uptake flow	1.00 mL · min ⁻¹
Nebulizer	Concentric type
Spray chamber	Cychronic type
Torch	Demountable
Interface cone	Platinum
Quadrupole chamber	1×10 ⁻⁶ torr
Dwell time	600 ms
Analyte mass	As (75)



[표 2-4-30] 무기분석을 위한 ICP-OES의 분석 기기조건

Descriptions	Conditions
RF generator	27.12 MHz
RF power	1.4 kW
Nebulizer	SeaSpray
Spray chamber	Cyclonic
Argon gas flow	
Plasma	16 L/min
Auxiliary	1.5 L/min
Nebulizer	0.94 L/min
Read delay	30 sec
Rinse	30 sec
Replicates	3



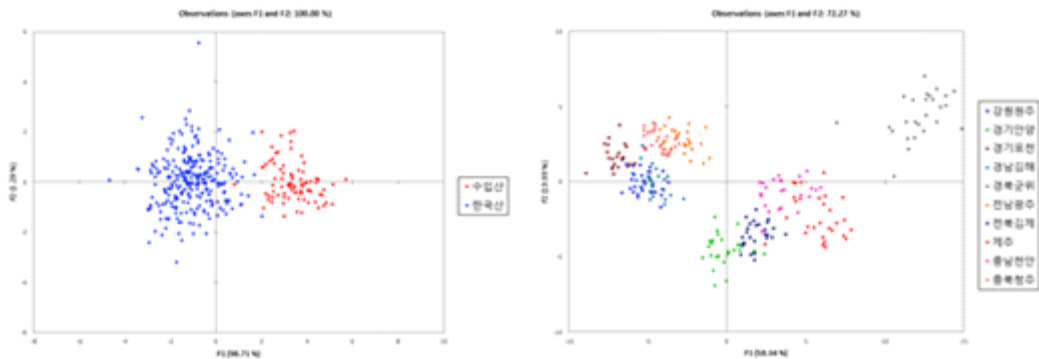
④ 분석결과의 통계처리

㉞ ANOVA (Analysis of Variance, ANOVA)

- ANOVA(Analysis of Variance) 분석은 집단 간의 평균차가 유의한지를 통계적으로 검증하며, 각 집단의 분산을 기반으로 유의성을 검증하는 방법임
- 실험군 간 평균의 차이는 one-way ANOVA로 유의성이 있는 경우 사후 분석 중 하나인 duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 사후 검정하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 차이를 검증하였음
- 모든 통계 분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science) version 12.0 프로그램 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였음

㉟ LDA (Linear Discriminant Analysis, LDA)

- LDA 분석은 클래스 간 분산(between-class scatter)과 클래스내 분산(within-class scatter)의 비율을 최대화 하는 방식으로 특정 벡터의 차원을 축소시켜 시료 대상 간의 차이를 확인하는 통계적 기법임
- 한 클래스 간 분산을 줄게 하거나 여러 클래스 간 분산을 크게 적용하여 그 비율의 패턴을 축소한 뒤, 그래프로 도식화하여 각각의 클래스를 구분하는 통계로 즉, 시료 각각의 분석 항목과 분석 결과를 패턴화하여 군집별 도식이 가능한 방법임



[그림 2-4-51] LDA를 이용한 통계활용

(다) 휘발성 유기성분 분석

① 시료의 전처리

㉠ 콜레스테롤 분석법

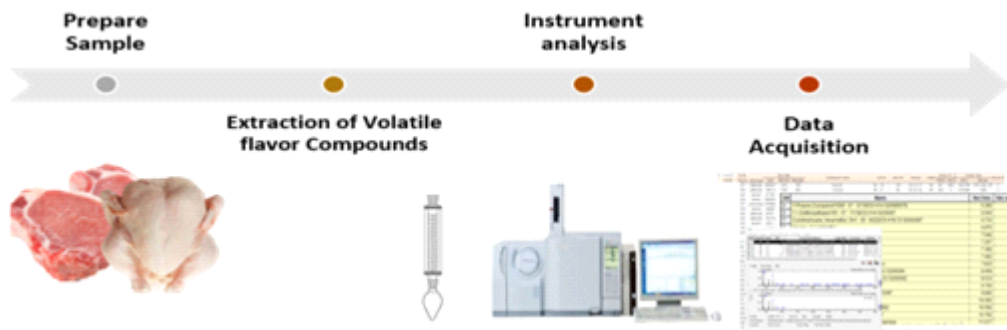
- 균질화 된 시료 2 g을 정밀히 취하고 95% ethanol 20 mL와 50% KOH 4 mL을 가한 후 80°C water bath에서 60~80분간 환류추출 과정을 거쳤음. 실온에서 냉각하여 24시간 동안 시험용액을 안정화하였으며, 시험용액에 toluene 50 mL을 가한 후 30초간 교반하고 1 M KOH 10 mL을 넣고 10초간 진탕하여 정치하였으며, Centrifuge를 사용하여 1000 rpm에서 1분간 원심분리 후 상층액을 취하였음
- 상층액에 0.5 M KOH 5 mL을 넣고 10초간 진탕하여 정치하고 3000 rpm에서 5분간 원심분리 후 상층액 toluene 층을 10 mL 둥근 플라스크에 취하고 45~50°C에서 감압 농축하여 증발 건조하였음
- 시험관의 잔류물을 dimethylformamide 1 mL에 녹여 hexamethyldisilane 0.2 mL, trimethyl chlorosilane 0.1 mL을 가해 강렬하게 30초간 교반 후 15분간 정치하고 증류수 10 mL와 내부표준용액(5- α -cholestane) 1 mL을 넣어 30초간 교반 후 상층의 헵탄 층을 취하여 최종 시험용액으로 하여 24시간 이내에 분석하였음

㉡ 연속수증기 증류추출법(Simultaneous Steam Distillation and Extraction, SDE)

- 휘발성 향기성분의 추출은 Schulz 등의 방법에 따라 개량된 연속수증기 증류추출장치(Wire spiral packed double distilling)를 이용하였음(그림 2-4-52).
- 연속수증기 증류추출법은 휘발성 유기성분 추출방법으로 균질화된 시료 30 g과 Milli Q Water 1 L를 혼합하여 pH 7.0으로 조정 후 이를 휘발성 향기성분의 추출 시료로 사용하였음. 증류수는 18.2 M Ω 수준으로 순수재증류장치(Millipore Co., Massachusetts, USA)에서 얻은 Milli Q water를 사용하였고 정량을 알기 위한 내부표준 물질은 n-butyl

benzene 100 ppm 농도로 1 mL를 사용하였음

- 시료 추출에 사용된 diethyl ether, n-pentane 등의 유기용매는 Fisher Scientific(U.S.A)에서 HPLC grade로 구입 후 wire spiral packed double 증류장치(Normshliff Geratebau, Germany)로 재증류한 것을 사용하였고, 추출용매는 spiral로 충전된 double distilling apparatus로 증류시킨 n-pentane : diethyl ether 혼합용매(1:1, v/v) 100 mL를 사용하여 상압 하에서 3시간 동안 추출하였으며, 추출 후 상압 하에 무수황산나트륨(Na_2SO_4)을 이용하여 수분을 제거하였음
- 유기용매 분획분은 vigreux column(Normschliff geratebau, Wertheim, Germany)을 사용하여 일정량까지 농축시킨 뒤, N_2 gas로 0.5 mL까지 농축시켜 이를 휘발성 유기성분 분석을 위한 시험용액으로 사용하였음



[그림 2-4-52] 연속수증기 증류추출법에 의한 휘발성 유기성분 추출

② 최적의 휘발성 유기성분 분석 조건 수립

㉞ 콜레스테롤 분석 조건(GC-FID)

- 불꽃이온화검출기(Flame Ionization Detector, FID)가 장착된 GC(QP-2010, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하였으며 Column은 HP-5(0.25 mm I.D. × 60 m L., 0.25 μm , Phenomenex, USA)를 사용하였음
- column의 온도 조건은 190 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2분간 머무른 후 20 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 속도로 230 $^{\circ}\text{C}$ 까지 승온시켜 3분간 유지하였고, 40 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 속도로 255 $^{\circ}\text{C}$ 까지 상승시킨 다음 25분간 유지하였음. 이동상으로 He를 사용하여 분당 2.0 mL/min으로 흘려주었으며, injector 온도는 250 $^{\circ}\text{C}$, 시료 주입량은 1.0 μL 로 설정하여 분석하였음(표 2-4-31).

[표 2-4-31] 휘발성 유기성분 분석을 위한 GC-FID 분석조건

Model	GC-FID(QP2010, Shimadzu, Japan)		
Dectector	FID(Flame Ionization Detector)		
Column	HP-5(0.25 mm I.D. × 60 m L., 0.25 μm, Phenomenex, USA)		
Carrier gas	He		
Flow rate	2.0 mL/min		
Injector temp.	250℃		
Injection volume	1.0 μL		
	Rate (℃/min)	Temperature (℃)	Hold time (min)
Temp.	0	190	2
program	20	230	3
	40	255	25



㉔ 휘발성 유기성분 분석 조건(GC-MS)

- Column ZB-5MS (0.25 mm I.D. × 60 m L., 0.25 μm, Phenomenex, USA)가 장착된 GC-MS(QP-2010, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하였고, column의 온도 조건은 3분간 40℃에서 머무른 후 200℃까지 2℃/min 속도로 승온시켜 5분간 유지하였고, 250℃까지 10℃/min의 속도로 상승시킨 다음 10분간 유지하였음
- Injector 온도는 250℃, 시료 주입량은 1.0 μL 및 split ratio는 20:1로 설정하여 분석하였고, 이동상으로는 He를 사용하였으며, 분당 0.8 mL/min으로 흘려주었음. MS 분석을 위한 시료의 이온화는 EI(Electron Impact Ionization) 방법을 이용하였으며 ionization voltage를 70 eV을 사용하였고 Mass spectrum scan 모드로 분자량의 범위는 40-400 m/z로 설정하였음(표 2-4-32)

[표 2-4-32] 휘발성 유기성분 분석을 위한 GC-MS 분석조건

Model	GC/MS-QP2010, Shimadzu, Japan		
MS type	Quadrupole type		
Column	ZB-5MS (0.25 mm I.D. × 60 m L., 0.25 μm, Phenomenex, USA)		
Carrier gas	He		
Flow rate	0.8 mL/min		
Injector temp.	250°C		
Split ratio	20:1		
Ion Source	EI (Electron Impact), 70 eV		
Mass range	40-400 m/z		
i n j e c t i o n v o l u m e	1.0 μL		
	Rate (°C/min)	Temperature (°C)	Hold time (min)
Temp.	0	40	3
program	2	200	10
	10	250	10



③ 휘발성 유기성분의 정성 및 정량 방법

㉠ 휘발성 유기성분의 정성 방법

- 최적의 분리 효율을 갖는 column과 온도 program을 설정한 후 GC/MS의 Total Ionization Chromatogram (TIC)에 의해 분리된 각 peak들은 mass spectral data book의 spectrum과 일치, mass spectrum library (NIST 14, FFNSC 2, WILEY 7), GC/MS 분석에 의한 retention index와 문헌상의 retention index 간의 일치 및 본 연구실에서 축적한 표준물질의 분석 데이터를 비교하여 확인하였음

㉡ 휘발성 유기성분 정량 방법

- 정량을 알기 위한 내부표준 물질은 n-butyl benzene 100 ppm 농도로 1 mL를 사용하였고, 추출과정에서 첨가한 내부표준물질 n-butyl benzene은 정량분석을 위하여 분석 후 동정된 휘발성 유기성분과의 peak area 값으로 시료에 함유된 성분들을 상대적으로 정량하였음

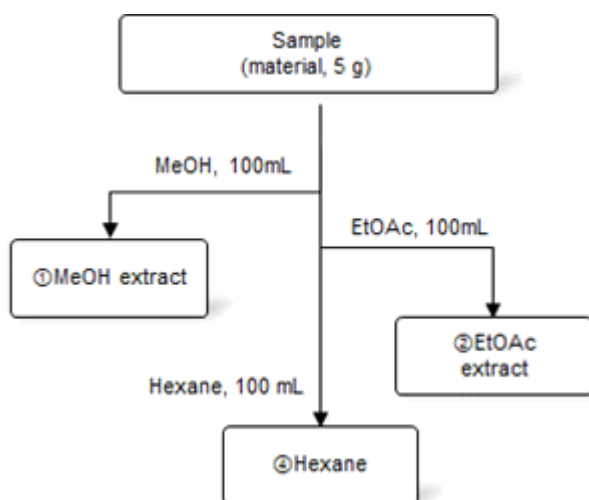
(라) 비휘발성 유기성분 분석

① 비휘발성유기성분 스크리닝 분석

㉠ 시료 전처리

- HPLC를 이용한 극성도별 용매에 따른 비휘발성 유기성분 분석을 위하여 soxhlet 추출을

진행하였다. Timble filter에 균질화된 시료 5 g을 담은 후 soxhlet 장치를 이용하여 극성도에 따라 methanol, ethyl acetate 및 hexane을 추출용매로 각각 100 mL를 사용하였으며, 순차적으로 8시간씩 추출하였고, filter paper(Whatman no. 41)로 추출된 용액을 여과하여 rotary evaporator를 이용해 용매를 제거한 뒤 추출용매와 동일한 용매로 10 mL를 취하여 녹여준 후 syringe filter(0.45 μ m, nylon, whatman, USA)로 여과하여 시험용액으로 사용하였음(그림 2-4-53).



[그림 2-4-53] Soxhlet법을 이용한 순차적 추출물 제조 방법

㉔ 액체크로마토그래프의 분석조건

□ Hexane 추출물을 이용한 HPLC 분석(분석법 1)

- Hexane 추출물은 일반적으로 극성 column을 이용하나, distilled water 대신 ethanol을 사용하여 비극성 컬럼인 Capcell pak C18(4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 μ m, Osaka soda, Japan)으로 분석하였음. 이동상은 80% acetonitrile을 이용한 isocratic 용리조건으로, 이를 제외한 나머지는 조건은 methanol 추출물 분석법과 동일하게 진행하였음(표 2-4-33).

□ Methanol, ethyl acetate 추출물을 이용한 HPLC 분석(분석법 2)

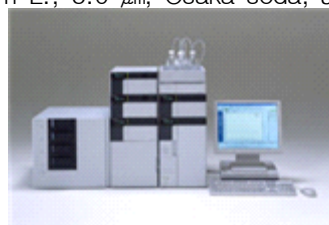
- HPLC는 LC-20A Prominence(Shimadzu, Japan)모델을 이용하였으며 column은 Capcell pak C18(4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 μ m, Osaka soda, Japan)을 사용하였음
- 용매조건은 기울기 용리 조건을 사용하였으며, 이동상으로는 water(A용매), acetonitrile(B용매)을 사용하였으며, 유속 1.0 mL/min, 컬럼온도 40°C, 시료 주입량 10 μ L

로 설정하여 분석하였고, detector는 diode array(DAD)를 사용하였으며, 분석 후 각 시료 별 chromatogram을 비교하였음

- B용매를 기준으로 0.0 ~ 0.1분간 5%로 유지하고, 0.1 ~ 10.0분간 10.2%, 10.0 ~ 13.0분까지 11%로 상승시킨 후 13.0 ~ 13.1분까지 90% 비율로 설정한 다음 2분간 10%로 유지시켜 다음 분석을 위하여 기기를 안정화를 시켜주었음. 사용한 검출기 및 과장은 모든 분석이 완료된 후 지표물질에 따라서 최적의 분석과장에 따라 DAD 또는 UV 검출기를 사용하였음

[표 2-4-33] HPLC 분석기기 조건

HPLC	20A - HPLC system, Shimadzu, Kyoto, Japan
Column	Capcell pak C ₁₈ , (4.6 mm i.d. × 250 mm L., 5.0 μm, Osaka soda, Japan)
Column temp.	40°C
Detection	Diode array
Injection vol.	10 μL
Flow rate	1.0 mL/min
분석법 1 (Isocratic)	80% acetonitrile in ethanol
분석법 2 (Gradient)	(A) Water (B) Acetonitrile 5%(0.0-0.01 min) - 5 to 10.2%(0.01-10.0 min) - 10.2 to 11%(10.0-13.0 min) - 11 to 90%(13.0-13.1 min) - 90 to 10%(13.1-15.10 min)

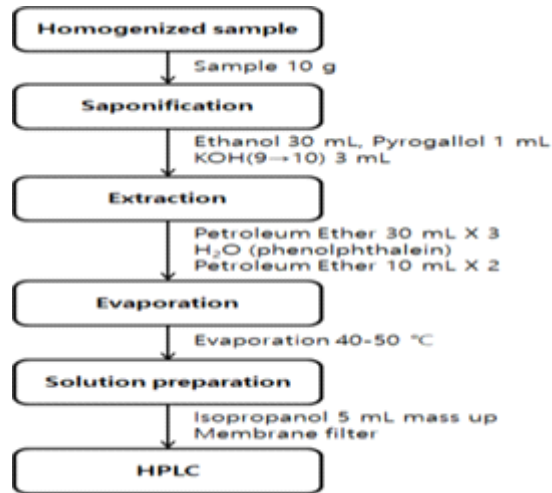


② Vitamin 분석

㉞ Vitamin A 분석

- Vitamin A는 식품공전에 제시되어있는 방법으로 진행함
- 균질화된 시료 10 g과 ethanol 30 mL, 10% pyrogallol 1 mL 및 KOH(9→10) 3 mL을 첨가하여 30분간 비누화 과정을 진행하였으며, 비누화 과정 후 petroleum ether 30 mL로 3회, H₂O(phenolphthalein 시약이 정색이 되지 않을 때까지)로 2회, 다시 petroleum ether 10 mL로 2회의 수세과정을 거친 다음 petroleum ether 추출액을 모두 합하여 40-50°C에서 감압증발건조를 하고 남은 잔류물을 isopropanol 5 mL로 녹여준 뒤 syringe filter(0.45 μm, nylon, whatman, USA)로 여과하여 시험용액으로 사용하였음(그림 2-4-54)
- HPLC는 LC-20A Prominence(Shimadzu, Japan) 모델을 이용하였으며, column은 Capcell pak C₁₈(4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 μm)을 사용하였음

- 이동상은 water와 ethanol을 사용한 gradient 방법을 이용하였으며, 유속 0.5 mL/min, 시료 주입량 20 uL로 설정하여 분석하였고, detector는 FLD detector(Fluorescence Deterctor)로 검출함(표 2-4-34)
- 표준용액의 retention time을 비교하여 vitamin A 성분을 동정하였으며, 동정된 vitamin A 성분은 검량선을 만들어 각 시료용액의 peak area로 환산하여 정량함



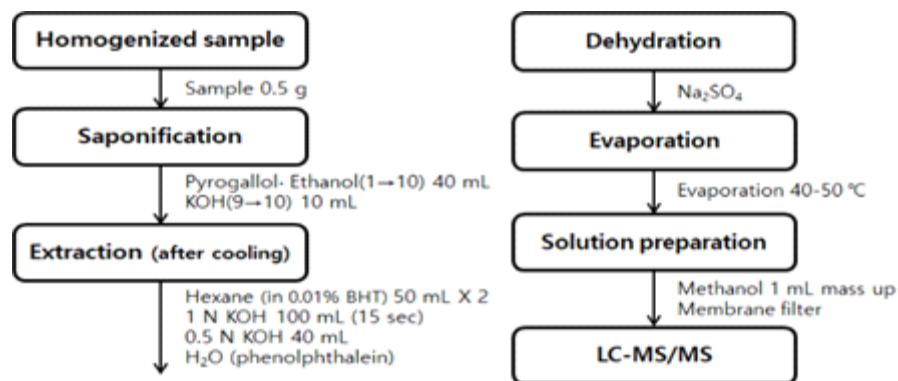
[그림 2-4-54] Vitamin A 전처리 방법 모식도

[표 2-4-34] Vitamin A 분석을 위한 HPLC 기기 조건

HPLC	LC-20A (Shimadzu, Japan)																														
Detector	FLD detector(Fluorescence Deterctor) (Shimadzu, Japan)																														
Column	Xterra RP18 (4.6 mm x 250 mm, 5 μ m)																														
Injection volume	20 μ L																														
Wavelength	excitation 340 nm – emission 460 nm – Mobile phase A : H ₂ O – Mobile phase B : Ethanol																														
	※ Flow condition																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Time (min)</th> <th rowspan="2">Flow rate (mL/min)</th> <th colspan="2">Mobile Phase</th> </tr> <tr> <th>% A</th> <th>% B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.0</td> <td>0.8</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>12.40</td> <td>0.8</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>12.50</td> <td>0.8</td> <td>5</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>17.00</td> <td>0.8</td> <td>5</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td>17.10</td> <td>0.8</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>25.00</td> <td>0.8</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>	Time (min)	Flow rate (mL/min)	Mobile Phase		% A	% B	0.0	0.8	60	40	12.40	0.8	60	40	12.50	0.8	5	95	17.00	0.8	5	95	17.10	0.8	60	40	25.00	0.8	60	40
Time (min)	Flow rate (mL/min)			Mobile Phase																											
		% A	% B																												
0.0	0.8	60	40																												
12.40	0.8	60	40																												
12.50	0.8	5	95																												
17.00	0.8	5	95																												
17.10	0.8	60	40																												
25.00	0.8	60	40																												
Mobile program (Gradient)																															

㉔ Vitamin D 분석

- Vitamin D는 식품공전에 게시되어있는 방법으로 진행함
- 균질화된 시료 0.5 g와 pyrogallol·ethanol(1→10) 40 mL로 약하게 진탕하고 KOH(9→10) 10 mL을 첨가하여 60분간 가열하면서 비누화를 진행하였으며, 즉시 찬물로 냉각하여 0.01% BHT를 함유하는 hexane 50 mL을 가하여 10분간 강하게 진탕 후, hexane 층의 수세 작업과 무수황산나트륨을 이용하여 탈수한 뒤, 이를 40°C 이하에서 감압농축을 하고 남은 잔류물을 methanol 1 mL로 녹여주고, syringe filter(0.45 μm, nylon, whatman, USA)로 여과하여 시험용액으로 사용하였음(그림 2-4-55)
- LC-MS/MS는 Agilent Technologies의 1290 Infinity series와 6430 Triple Quad MS를 사용하였으며, column은 Capcell pak C18(4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 um, Shiseido, Japan)을 사용하였음
- 이동상은 5 mM ammonium acetate : methanol(5 : 95)을 사용한 isocratic 방법을 이용하였음
- 유속 0.7 mL/min, 시료 주입량 20 uL으로 설정하였고, 최적의 검출을 위하여 4,000 V의 capillary voltage, 300°C의 gas temperature, 6 L/min의 gas flow와 vitamin D2 및 vitamin D3의 precursor ion, product ion, fragmentor, collision energy 등을 같이 설정하였음(표 2-4-35~36)



[그림 2-4-55] Vitamin D 전처리 방법 모식도

[표 2-4-35] Vitamin D 분석을 위한 LC/MS/MS 기기 조건

LC conditions	Column	Capcell pak C ₁₈ (4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 um, Shiseido, Japan)
	Mobile phase	5 mM Amonium Acetate : MeOH (5 : 95)
	Flow rate	0.7 mL/min
	Injection volume	20 µL
	Column temperature	40°C
MS/MS conditions	Ionization mode	ESI (positive)
	Capillary voltage	4,000 V
	Gas temperature	300°C
	Gas flow	6 L/min
	Gas type	N ₂

[표 2-4-36] Vitamin D 분석을 위한 MS 조건

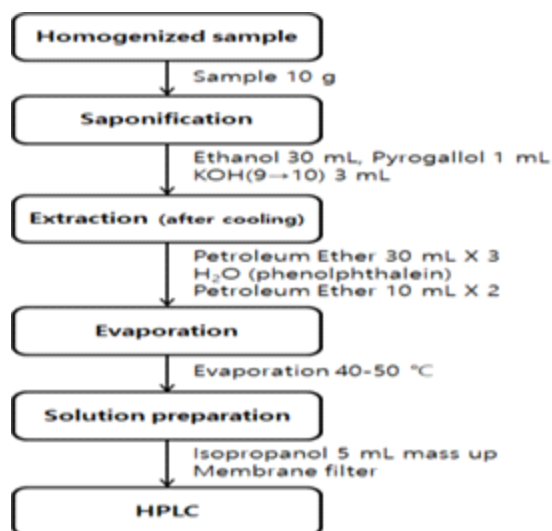
Compound	Precursor ion(m/z)	Product ion(m/z)	Fragmentor(V)	Collision energy(eV)
Vitamin D ₂	397.5	107	50	25
		105.3		30
Vitamin D ₃	385.7	13301	43	30
		104.9		25

㊦ Vitamin E 분석

- Vitamin E는 식품공전에 게시되어있는 방법으로 진행함
- 균질화된 시료 10 g과 ethanol 30 mL, 10% pyrogallol 1 mL 및 KOH(9→10) 3 mL을 첨가하여 30분간 비누화 과정을 진행하였고, 끝난 즉시 냉각한 후 petroleum ether 30 mL로 3회, H₂O(phenolphthalein 시약이 정색이 되지 않을 때까지)로 2회 및 petroleum ether 10 mL로 2회의 수세과정을 거친 다음 petroleum ether 추출액을 모두 합하여 40-50°C에서 감압증발건조를 하였으며, 남은 잔류물을 hexane 5 mL로 녹여준 뒤 syringe filter(0.45 µm, nylon, whatman, USA)로 여과하여 시험용액으로 사용하였음(그림 2-4-56)
- HPLC는 LC-20A Prominence(Shimadzu, Japan)모델을 이용하였으며 column은 Capcell pak CN UG (4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 um)을 사용하였음
- 이동상은 water와 ethanol을 사용한 gradient 방법을 이용하였으며, 유속 0.5 mL/min, 시료 주입량 10 µL으로 설정하여 분석하였고, detector는 FLD detector(Fluorescence

Deterctor)로 검출함(표 2-4-37)

- 표준용액의 retention time을 비교하여 vitamin E 성분을 동정하였으며, 동정된 vitamin E 성분은 검량선을 만들어 각 시료용액의 peak area로 환산하여 정량함



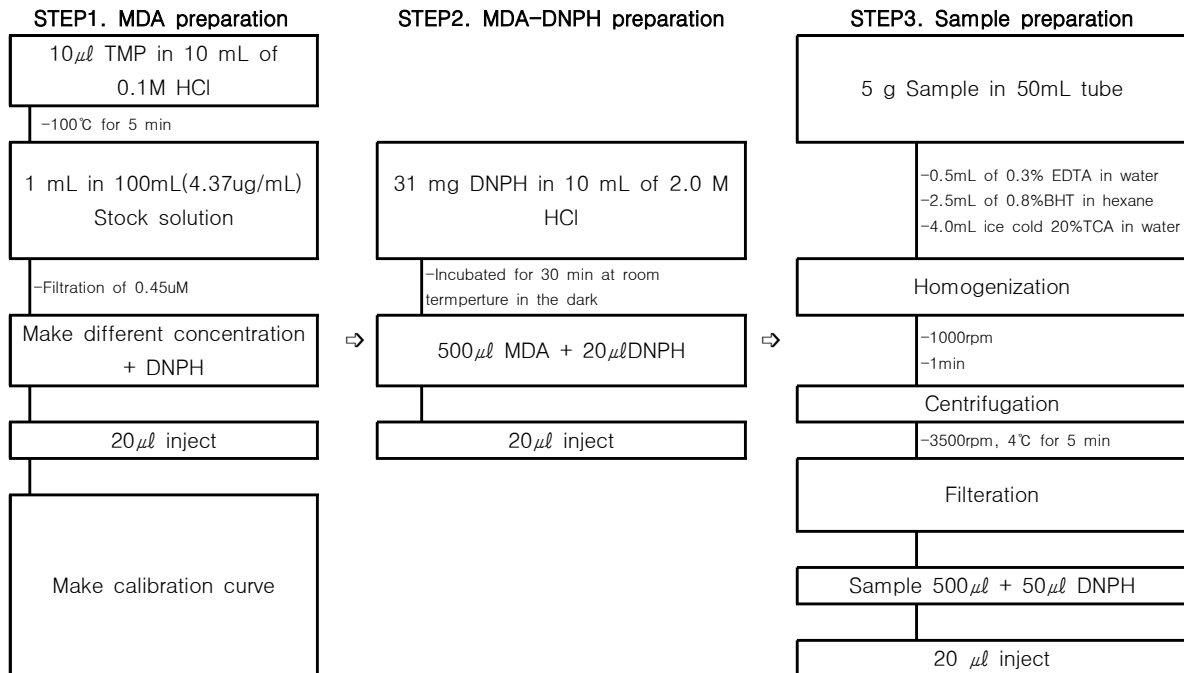
[그림 2-4-56] Vitamin E 전처리 방법 모식도

[표 2-4-37] Vitamin E 분석을 위한 HPLC 기기 조건

HPLC	LC-20A (Shimadzu, Japan)		
Detector	FLD detector(Fluorescence Deterctor) (Shimadzu, Japan)		
Column	Xterra RP18 (4.6 mm x 250 mm, 5 μ m)		
Injection volume	10 μ L		
Wavelength	excitation 298 nm – emission 325 nm		
	– Mobile phase A : Hexane		
	– Mobile phase B : Isopropanol		
	※ Flow condition		
Mobile program (Gradient)	Time (min)	Flow rate (mL/min)	Mobile Phase
			% A % B
	0.0	0.8	40 60
	12.40	0.8	40 60
	12.50	0.8	98 2
	17.00	0.8	98 2
17.10	0.8	40 60	
25.00	0.8	40 60	

③ MDA 분석

- MDA standard 제조를 위해 10 μ l bisdiethyl acetal(TMP)를 100 $^{\circ}$ C 5분 동안 10mL 0.1M HCl에 녹여준 후, stock solution 제조 후 이를 이용하여 농도별로 제조함
- 유도체화 반응을 시켜주기 위하여 31mg DNPH를 10mL 2.0M HCl에 녹여준 후 제조한 500 μ l MDA와 20 μ l씩 첨가해줌
- 시료 5g을 50mL tube에 취하여 0.5mL 0.3% EDTA, 2.5mL 0.8%BHT, 4.0mL 20% TCA를 넣어섞어준 후, 균질화 시켜 원심분리 시켜준 후 filtration 후 500 μ l와 50 μ l DNPH를 첨가해준뒤 최종 20 μ l를 분석함(그림 2-4-57)



[그림 2-4-57] MDA 분석을 위한 전처리 준비과정

- HPLC는 LC-20A Prominence(Shimadzu, Japan)모델을 이용하였으며 column은 Capcell pak C18 (4.6 mm I.D. × 250 mm L., 5.0 μ m)을 사용하였음
- 이동상은 0.2% glacial acetic acid and (61:39,v/v) acetonitrile을 사용한 isocratic 방법을 이용하였으며, 유속 1.0 mL/min, 시료 주입량 20 μ L으로 설정하여 분석하였고, detector는 DAD(diode array detector)로 검출함(표 2-4-38)

[표 2-4-38] MDA분석을 위한 HPLC 기기조건

HPLC	LC-20A (Shimadzu, Japan)
Detector	diode array detector (Shimadzu, Japan)
Column	C18 (4.6 mm x 250 mm, 5 μ m)
Injection volume	20 μ L
Wavelength	307nm
Oven temp.	25 $^{\circ}$ C
flow rate	1.0 mL/min
Mobile phase (isocratic)	0.2% glacial acetic acid and (61:39,v/v) acetonitrile

(3) 연구결과

- 무기성분, 휘발성 유기성분, 비휘발성 유기성분으로 나누어 분석한 결과를 일반농장과 동물복지 농장을 구분하여 제시함

① 무기원소 분석 결과

㉠ ICP-MS를 이용한 무기원소 분석을 통한 지표물질 탐색

- 본 연구에서는 ICP-MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer)를 이용하여 미량원소인 Li, V, Cr, Mn, Co, Cu, Ga, Se, Rb, Sr 및 Ba와 독성미량원소인 Pb, As 및 Cd 총 14개 원소를 분석함(표 2-4-39)
- Sr는 농장 간의 차이를 확인할 수 있었으나, Li, V, Cr, Mn, Co, Cu, Ga, Se, Rb, Ba, Cd, Pb 및 As의 경우 유의적인 차이는 나타나지 않았음
- Li의 경우 일반농장 0.018 \pm 0.004 mg/kg, 복지농장 0.02 \pm 0.01 mg/kg으로 확인되었으며, V의 농장별 함량은 일반농장 0.007 \pm 0.003 mg/kg, 복지농장 0.008 \pm 0.005 mg/kg으로 농장 간의 차이는 확인되지 않았음. Cr은 일반농장 0.06 \pm 0.011 mg/kg, 복지농장 0.05 \pm 0.02 mg/kg으로 확인되었으며 유의적인 차이는 나타나지 않았음
- Mn의 경우 일반농장 0.12 \pm 0.09 mg/kg, 복지농장 0.13 \pm 0.08 mg/kg의 함량으로 확인되었고, Co는 일반농장 0.001 \pm 0.001 mg/kg, 복지농장 0.002 \pm 0.001 mg/kg으로 확인되었음
- Cu의 분석결과 일반농장 0.20 \pm 0.13 mg/kg, 복지농장 0.21 \pm 0.14 mg/kg으로 확인되었고, 농장 간의 차이는 나타나지 않았으며, Ga의 경우 농장별 함량은 일반농장 0.01 \pm 0.01 mg/kg, 복지농장 0.02 \pm 0.01 mg/kg으로 확인되었음
- Se, Rb 및 Ba의 경우 각각의 함량은 일반농장에서 0.03 \pm 0.02 mg/kg, 4.95 \pm 3.77 mg/kg,

0.04±0.04 mg/kg 복지농장에서 0.04±0.01 mg/kg, 4.74±2.94 mg/kg, 0.05±0.05 mg/kg로 확인되었으며 농장 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았음

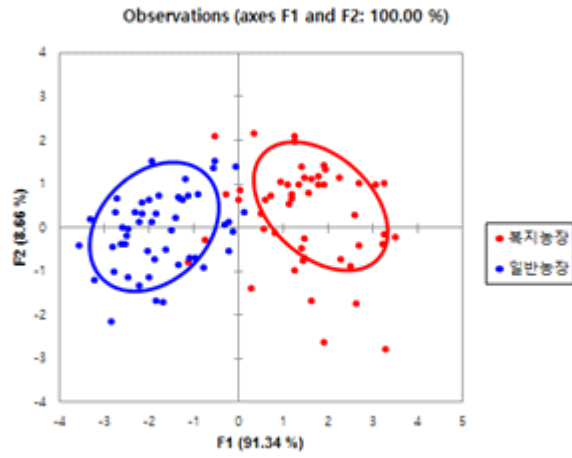
- Sr의 분석결과 일반농장 0.39±0.12 mg/kg, 복지농장 0.67±0.31 mg/kg으로 확인되었으며, 농장 간의 차이를 나타내었으며, 독성미량원소의 경우 모든 시료가 Cd 0.05 ppm 이하, Pb 0.1 ppm 이하로 식품의약품안전처의 기준규격을 넘지 않는 것을 확인하였음

㉔ ICP-OES를 이용한 무기원소 분석을 통한 지표물질 탐색

- ICP-OES(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer)를 이용하여 본 연구에서는 다량원소인 Ca, K, Mg, Na, P, S 및 Zn 총 7종을 분석하였음(표 2-4-39).
- 무기성분 분석 결과 Na의 경우 일반농장과 복지농장 간의 차이를 확인할 수 있었으나 Ca, K, Mg 및 Zn의 경우 일반농장과 복지농장의 유의적인 차이는 나타나지 않았음
- K는 다량원소 중 가장 높은 함량을 보였으며, 일반농장 4,289.08±347.22mg/kg, 복지농장 4,547.10±633.64 mg/kg으로 확인되었음
- 많은 함량을 차지한 P와 S의 경우 각각의 함량은 일반농장에서 2,464.06±397.47 mg/kg, 2,399.32±302.21 mg/kg, 복지농장에서 2,549.02±357.70 mg/kg, 2,523.55±279.74 mg/kg으로 유의적인 차이는 없었음
- Na의 함량은 일반농장 454.41±123.50 mg/kg, 복지농장 392.45±116.59 mg/kg 으로 확인되었으며, 농장 간의 차이를 나타내었음
- Ca와 Mg는 각각 일반농장에서 68.43±16.94 mg/kg, 271.32±20.36 mg/kg, 복지농장의 경우 64.95±15.31 mg/kg, 284.90±23.15 mg/kg로 확인되었으며 농장 간의 차이는 나타나지 않았음
- Zn의 농장별 분석결과 일반농장 3.23±1.83 mg/kg, 복지농장 2.98±1.63 mg/kg으로 확인되었음

㉕ LDA 통계를 활용한 무기원소

- 분석시료의 미량, 다량 무기원소 함량 분석 결과를 이용하여 LDA 통계로 분석한 결과, 일반농장과 복지농장의 판별률은 약 92.00%로 나타났으며, 특정 무기원소에서 특이적인 함량의 차이를 보이지 않았으나, 일반농장과 복지농장의 무기성분의 통계를 활용하는 판별은 가능성이 있을 것으로 사료됨(그림 2-4-58)



판별률(92.00%)

[그림 2-4-58] 미량, 다량 무기원소의 LDA 통계 결과

[표 2-4-39] 일반농장과 동물복지형 농장의 무기성분 분석 결과

Unit : mg/kg

원소	일반농장	복지농장
다량원소(mg/kg)		
Ca	68.43 ^{a1,2)} ±16.94	64.95 ^a ±15.31
K	4,289.08 ^a ±347.22	4,547.10 ^a ±633.64
Mg	271.32 ^a ±20.36	284.90 ^a ±23.15
Na	454.41 ^a ±123.50	392.45 ^b ±116.59
P	2,464.06 ^a ±397.47	2,549.02 ^b ±357.70
S	2,399.32 ^a ±302.21	2,523.55 ^b ±279.74
Zn	3.23 ^a ±1.83	2.98 ^a ±1.63
미량원소(mg/kg)		
Li	0.018 ^a ±0.004	0.02 ^a ±0.01
V	0.007 ^a ±0.003	0.008 ^a ±0.005
Cr	0.06 ^a ±0.11	0.05 ^a ±0.02
Mn	0.12 ^b ±0.09	0.13 ^b ±0.08
Co	0.001 ^a ±0.001	0.002 ^a ±0.001
Cu	0.20 ^a ±0.13	0.21 ^a ±0.14
Ga	0.01 ^a ±0.01	0.02 ^a ±0.01
Se	0.03 ^a ±0.02	0.04 ^a ±0.01
Rb	4.95 ^b ±3.77	4.74 ^b ±12.94
Sr	0.39 ^a ±0.12	0.67 ^b ±0.31
Ba	0.04 ^a ±0.04	0.05 ^a ±0.05
독성미량원소(mg/kg)		
Pb	0.02 ^b ±0.02	0.02 ^b ±0.01
As	0.005 ^b ±0.003	0.003 ^b ±0.003
Cd	0.0002 ^a ±0.0004	0.0003 ^a ±0.0002

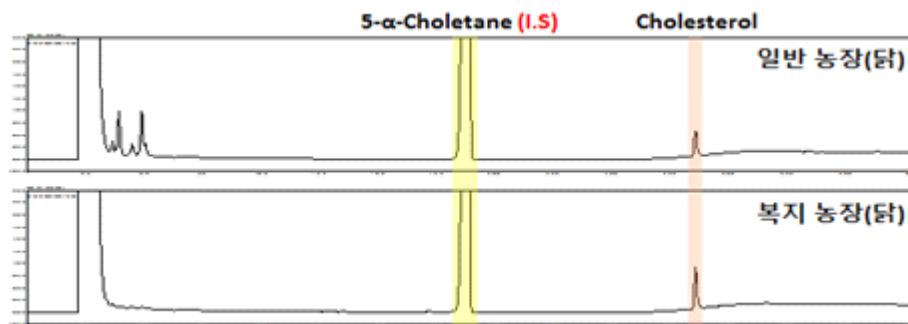
1) Value are mean ± standard deviations

2) The superscripts (a-b) in a column represent significantly different (p < 0.05) figures by duncan's multiple range test

② 휘발성 유기성분 분석결과

㉞ 콜레스테롤 분석결과

- GC-FID 분석결과 5- α -cholestane(내부표준물질)과 cholesterol은 각각 RT 18.91, 28.52에 확인되었음(그림 2-4-59). Cholesterol 평균 함량은 일반농장 52.87 \pm 1.01 mg/100g이었으며, 복지농장은 53.47 \pm 1.97 mg/100g으로 확인되었으며, 최종적으로 cholesterol 함량 비교시, 일반농장과 복지농장의 유의적인 차이는 없었음

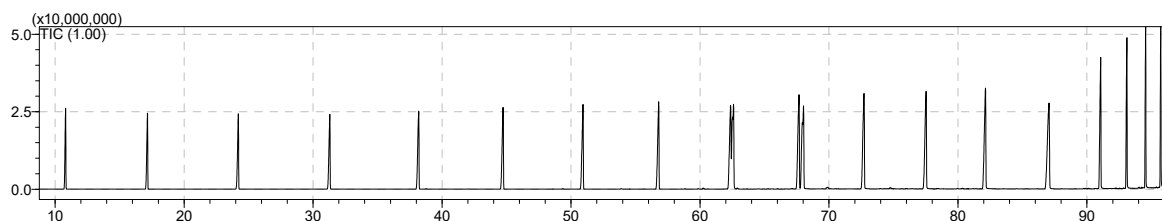


[그림 2-4-59] Cholesterol 분석 결과

㉟ 휘발성 유기성분 분석결과

□ 머무름 지수(retention index, RI) 수립

- 머무름 지수(retention index, RI)를 수립하기 위하여 n-alkane 혼합 표준물질(C8 ~ C20)을 휘발성 유기성분 분석과 동일한 최적 조건으로 설정하여 GC-MS (GC/MS-QP2010, shimadzu, japan)로 분석하였음(그림 2-4-60)
- n-Alkane 표준물질의 머무름 시간(retention time, RT)을 분석한 후 계산식을 이용하여 분석된 각 성분의 머무름 시간에 대비한 머무름 지수(retention index, RI)를 수립하여 동정한 성분에 대한 신뢰성을 검증하였음



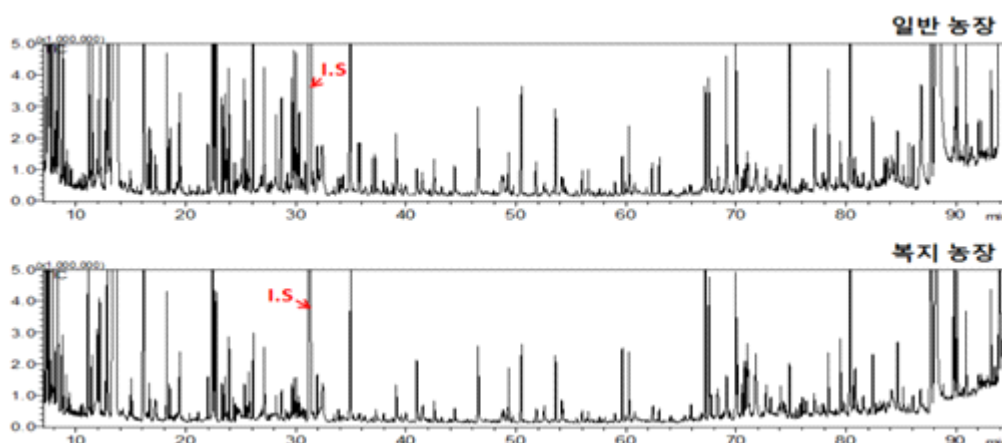
[그림 2-4-60] n-Alkane의 머무름지수(RI)

□ SDE(Simultaneous Steam Distillation and Extraction)법을 이용한 휘발성 유기성분 분석결과

- 균질화한 시료 30 g을 SDE법으로 추출하여 분석한 결과를 [표 2-4-40]에 나타내었고,

International standard는 n-butylbenzene를 사용하였으며 정량분석에 이용하였음

- 일반농장에서 추출된 휘발성 유기성분은 총 58종으로 117.21 mg/kg으로 확인되었고, hydrocarbon류가 6종(5.43 mg/kg), alcohol류가 17종(13.87 mg/kg), aldehyde류가 18종(75.78 mg/kg), ester류가 3종(4.45 mg/kg) 및 ketone류가 12종(10.69 mg/kg)로 확인되었음(그림 2-4-61).
- 복지농장에서 추출된 확인된 휘발성 유기성분은 총 49종으로 93.914 mg/kg으로 확인되었고, hydrocarbon류가 3종(3.32 mg/kg), alcohol류가 12종(14.86 mg/kg), aldehyde류가 17종(46.55 mg/kg), ester류가 6종(10.56 mg/kg), ether류가 2종(3.23 mg/kg), ketone류가 7종(7.55 mg/kg) 및 기타화합물류가 2종(7.84 mg/kg)으로 확인되었음
- 관능기별로 분류하였을 때, alcohol류의 경우 일반농장에서 17종, 복지농장에서 12종으로 동정되었으며 일반농장에서 다량의 화합물이 확인되었음
- 일반농장 분석결과 hexadecanal, n-hexanal 및 nonanal이 각각 23.17%, 11.48% 및 7.04%의 높은 함량을 나타내었고, 일반농장에서만 확인된 성분으로 2-hexanol과 5,6-dimethyldecane이 있으나 각각의 함량이 1.01 mg/kg, 0.34 mg/kg 미량으로 확인되어 지표성분 선정에는 어려움이 있음
- 복지농장 분석결과 주요 유기성분으로 hexadecanal, 2-hydroperoxypentane 및 n-hexanal이 각각 17.96%, 7.42% 및 7.26%의 높은 함량으로 확인되었고, 9-oxononanoic acid ethyl ester는 복지농장에서만 동정되었으나 미량으로 확인되어 지표성분 선정에는 어려움이 있음
- 모든 시료에서 함량이 높게 나온 n-hexanal 및 hexadecanal은 복지농장 시료보다 일반농장 시료에서 더 많은 함량으로 확인되었으며, 이 화합물들은 지방산화가 발생되어 생성된 휘발성 이취성분으로 알려져 있음



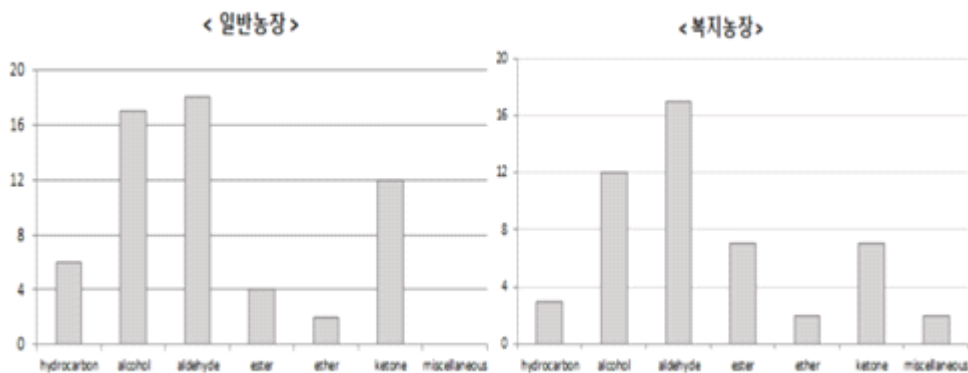
[그림 2-4-61] 농장별 SDE 추출 chromatogram 비교

[표 2-4-40] 농장별 SDE 추출 GC/MS 분석 결과 비교

No.	RI ¹⁾	Compoundname	MW ²⁾	MF ³⁾	일반농장		복지농장	
					mg/kg	Area%	mg/kg	Area%
1	729	(Z)-1,2-Dimethylcyclopentane	98	C ₇ H ₁₄	0.52	0.44	-	-
2	738	2,5-Dimethyltetrahydrofuran	100	C ₆ H ₁₂ O	1.90	1.62	1.01	1.07
3	777	2,3-Dimethyltetrahydrofuran	128	C ₉ H ₂₀		-		1.50
4	778	3-Methylheptane	114	C ₈ H ₁₈	2.94	2.51	1.41	-
5	782	Acetoacetone	100	C ₅ H ₈ O ₂	0.29	0.24	-	-
6	786	3-Hexanone	100	C ₆ H ₁₂ O	1.41	1.20	-	-
7	790	2-Hexanone	100	C ₆ H ₁₂ O	2.04	1.74	1.88	2.00
8	797	3-Hexanol	102	C ₆ H ₁₄ O	1.20	1.02	0.58	0.62
9	800	n-Hexanal	100	C ₆ H ₁₂ O	13.46	11.48	6.82	7.26
10	802	2-Hexanol	102	C ₆ H ₁₄ O	1.10	0.94	-	-
11	831	2-Ethyl-1-butanol	102	C ₆ H ₁₄ O	0.41	0.35	-	-
12	850	2-Hydroperoxy-pentane	104	C ₅ H ₁₂ O ₂	-	-	6.97	7.42
13	857	3-Methylhexanal	114	C ₇ H ₁₄ O	0.90	0.77	0.67	0.71
14	859	4-Methyloctane	128	C ₉ H ₂₀	0.80	0.68	0.34	0.36
15	865	1-Hexanol	102	C ₆ H ₁₄ O	0.67	0.57	0.49	0.52
16	882	3-Heptanone	114	C ₇ H ₁₄ O	1.90	1.62	2.13	2.27
17	885	2-Heptanone	114	C ₇ H ₁₄ O	0.97	0.83	0.72	0.77
18	899	Heptanal	114	C ₇ H ₁₄ O	1.38	1.18	1.16	1.24
19	953	(E)-2-Heptenal	112	C ₇ H ₁₂ O	1.58	1.35	0.89	0.94
20	958	4-Methylnonane	142	C ₇ H ₂₂	-	-	1.58	1.68
21	966	1-Heptanol	116	C ₇ H ₁₆ O	0.53	0.45	0.38	0.40
22	968	4-Octanone	128	C ₇ H ₁₆ O	0.31	0.27	-	-
23	976	1-Octen-3-ol	128	C ₈ H ₁₆ O	2.11	1.80	0.82	0.87
24	982	3-Octanone	128	C ₈ H ₁₆ O	0.93	0.79	0.95	1.01
25	987	2-Pentylfuran	138	C ₉ H ₁₄ O	5.10	4.35	2.22	2.37
26	1000	Octanal	128	C ₈ H ₁₆ O	2.38	2.03	1.78	1.90
27	1008	(E,E)-2,4-Heptadienal	110	C ₇ H ₁₀ O	0.29	0.25	-	-
28	1025	2-Ethylhexanol	130	C ₈ H ₁₈ O	0.26	0.22	0.30	0.32
29	1028	3-Ethyl-2-methyl-1,3-hexadiene	124	C ₉ H ₁₆	0.47	0.40	-	-
I.S ⁴⁾	1054	n-Butylbenzene			-	-	-	-
30	1058	4-Methyldecane	156	C ₁₁ H ₂₄	0.35	0.30	-	-
31	1062	Acetophenone	120	C ₈ H ₈ O	0.94	0.80	1.02	1.09
32	1064	2-(E)-Octenol	128	C ₈ H ₁₆ O	0.65	0.55	-	-
33	1087	2-Nonanone	142	C ₉ H ₁₈ O	0.50	0.42	0.33	0.35
34	1091	5,6-Dimethyldecane	170	C ₁₂ H ₂₆	0.34	0.29	-	-
35	1102	Nonanal	142	C ₉ H ₁₈ O	8.25	7.04	4.81	5.13
36	1153	Tetrahydrolavandulyl	158	C ₁₀ H ₂₂ O	0.24	0.21	-	-
37	1157	(E)-2-Nonenal	140	C ₉ H ₁₆ O	1.44	1.23	0.98	1.04
38	1182	Butoxyethoxyethanol	162	C ₈ H ₁₈ O ₃	0.76	0.65	1.73	1.84
39	1188	2-Decanone	156	C ₁₀ H ₂₀ O	0.77	0.66	-	-
40	1190	Methylsalicylate	152	C ₈ H ₈ O ₃	-	-	0.35	0.37
41	1203	Decanal	156	C ₁₀ H ₂₀ O	0.75	0.64	0.51	0.54

No.	RI ¹⁾	Compoundname	MW ²⁾	MF ³⁾	일반농장		복지농장	
					mg/kg	Area%	mg/kg	Area%
42	1259	(E)-2-Decenal	154	C ₁₀ H ₁₈ O	2.25	1.92	2.05	2.18
43	1315	(E,E)-2,4-Decadienal	152	C ₁₀ H ₁₆ O	2.81	2.40	2.07	2.20
44	1336	Glycerinediacetate	176	C ₇ H ₁₂ O ₅	-	-	0.47	0.50
45	1406	Dodecanal	184	C ₁₂ H ₂₄ O	0.47	0.40	-	-
46	1472	Dodecanol	186	C ₁₂ H ₂₆ O	0.40	0.34	0.45	0.48
47	1499	9-Oxononanoicacidethylester	200	C ₁₁ H ₂₀ O ₃	-	-	0.38	0.40
48	1508	Tridecanal	198	C ₁₃ H ₂₆ O	0.68	0.58	0.31	0.33
49	1577	8-Caryolanol	222	C ₁₅ H ₂₆ O	2.22	1.89	4.62	4.92
50	1583	Ethylphthalate	222	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	3.49	2.98	-	-
51	1584	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentaned iodiisobutyrate	286	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	-	-	5.06	5.38
52	1587	Ledol	222	C ₁₅ H ₂₆ O	0.26	0.22	0.63	0.67
53	1609	Tetradecanal	212	C ₁₄ H ₂₈ O	2.81	2.39	0.87	0.92
54	1611	Humuleneepoxidell	220	C ₁₅ H ₂₄ O	-	-	0.87	0.93
55	1627	Epicubenol	222	C ₁₅ H ₂₆ O	0.46	0.40	1.39	1.48
56	1638	Caryophylla-4(12),8(13)-dien -5b-ol	220	C ₁₅ H ₂₄ O	0.52	0.45	1.45	1.54
57	1643	T-Muurolol	222	C ₁₅ H ₂₆ O	0.95	0.81	2.02	2.15
58	1679	(E)-2-Tetradecenal	210	C ₁₄ H ₂₆ O	-	-	0.49	0.52
59	1692	2-Pentadecanone	226	C ₁₅ H ₃₀ O	0.32	0.27	-	-
60	1709	1-Pentadecanal	226	C ₁₅ H ₃₀ O	2.87	2.45	1.18	1.26
61	1785	(9Z)-Hexadecenal	238	C ₁₆ H ₃₀ O	0.25	0.21	-	-
62	1809	Hexadecanal	240	C ₁₆ H ₃₂ O	27.16	23.17	16.87	17.96
63	1815	Isopropylmyristate	270	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	0.55	0.47	0.65	0.69
64	1833	Phytone	268	C ₁₈ H ₃₆ O	0.31	0.27	0.52	0.55
65	1876	Hexadecanol	242	C ₁₆ H ₃₄ O	1.13	0.96	-	-
66	1991	Ethylpalmitate	284	C ₈ H ₃₆ O ₂	0.41	0.35	3.66	3.89
67	1993	Olealdehyde	266	C ₁₈ H ₃₄ O	-	-	2.81	2.99
68	2021	Octadecanal	268	C ₁₈ H ₃₆ O	6.07	5.18	2.30	2.45
Total					117.21	100.00	93.91	100.00

- 1) RI = Retention index
2) MF = Molecular formular
3) MW = Molecular weight
4) IS = Internal standard

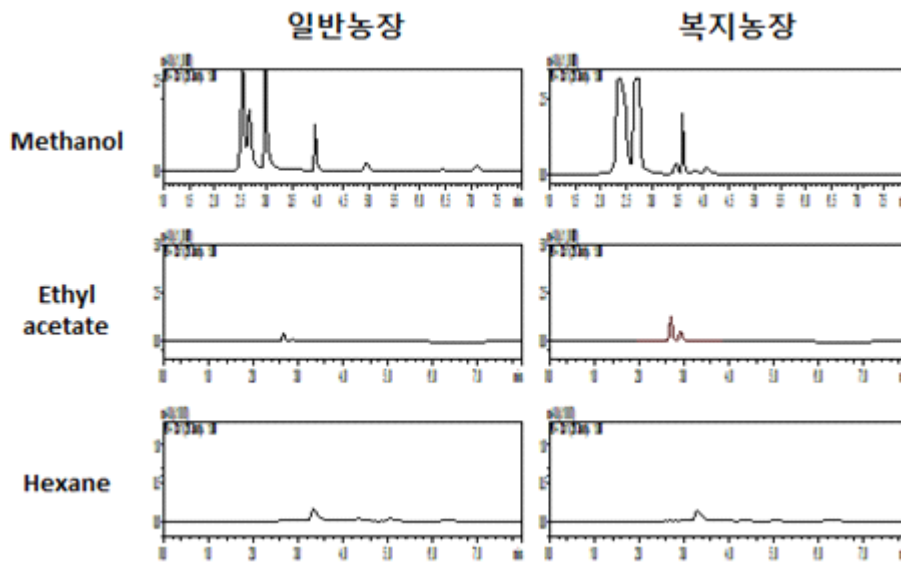


[그림 2-4-62] 농장별 SDE 추출 GC/MS 결과 관능기별 비교

③ 비휘발성 유기성분 분석결과(soxhlet법)

㉞ Soxhlet 추출방법을 이용한 지표성분 탐색

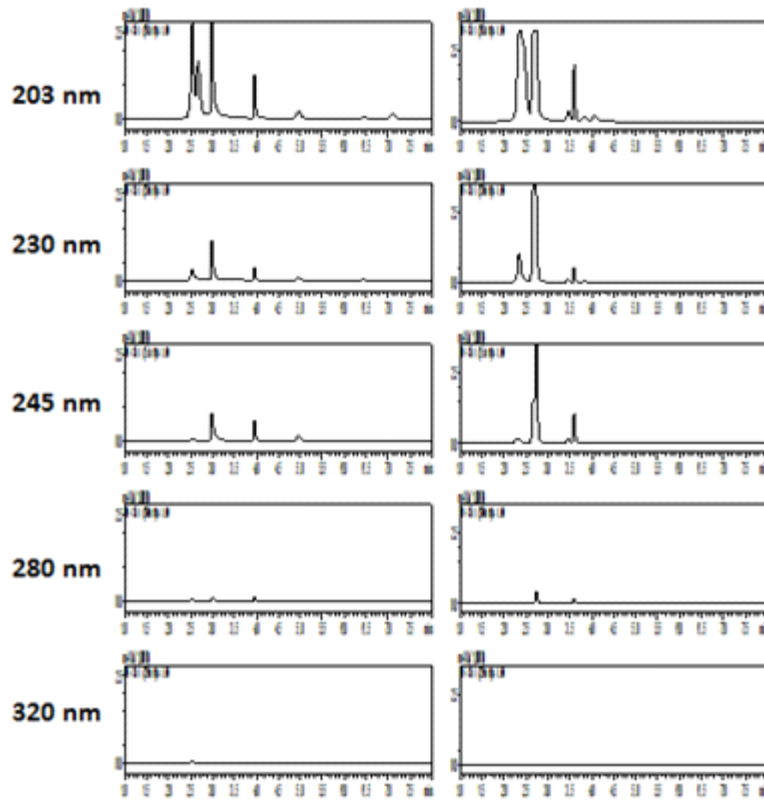
- Soxhlet법으로 methanol, ethyl acetate 및 hexane의 순차적 추출을 하였으며, HPLC-PDA로 분석한 결과, methanol 용매에서 다수의 peak이 확인되었으며, ethyl acetate, hexane에서는 특정한 peak를 확인할 수 없었음
- HPLC 분석을 위한 시험용액은 methanol을 최적의 용매로 선정하였음(그림 2-4-62).



[그림 2-4-62] 일반농장과 동물복지농장 돼지의 용매별 순차적 추출 결과

- 파장에 따른 비교를 위해 methanol 추출물을 203, 230, 245, 280 및 320 nm에서 관찰한 결과, 203 nm에서 다수의 peak가 관찰되어 결과 data에 이용하였음(그림 2-4-63)
- 일반농장과 복지농장의 비휘발성 유기성분 분석결과 각각의 특정 peak가 확인되지 않았으며, 지표성분 선정에 어려움이 있을 것으로 사료됨

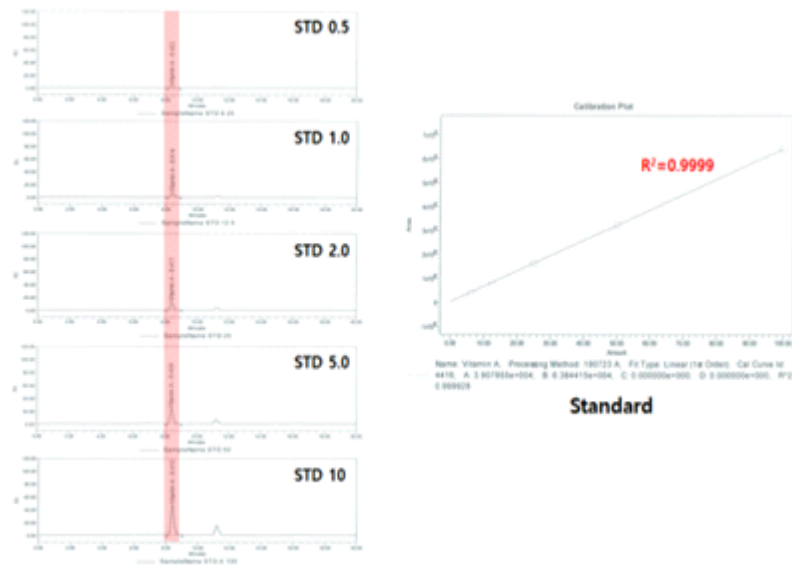
Methanol



[그림 2-4-63] 일반농장과 동물복지농장 돼지 MeOH 추출물의 파장별 chromatogram 비교

④ Vitamin A 분석 결과

- 균질화 된 시료 10 g을 HPLC-FLD로 분석을 한 결과를 [표 2-4-41]에 나타내었고, vitamin A는 8.390 min에서 확인이 가능하였으며, 시료의 peak의 area를 활용하여 정량하였음
- Vitamin A의 standard solution은 0.5, 1, 2, 5 및 10 으로 제조하여 표준검량선을 작성하여 이용하였으며, 0.9999 이상의 우수한 직선성을 확인하였음(그림 2-4-64)
- Vitamin A를 분석하여 비교하였을 때 일반(선진) $2.759 \pm 0.520 \mu\text{g RE}/100\text{g}$, 복지(선진) $2.439 \pm 0.386 \mu\text{g RE}/100\text{g}$, 일반(도드람) $1.794 \pm 0.289 \mu\text{g RE}/100\text{g}$ 의 함량을 보임
- 농장별로 비교한 결과 약간의 함량 차이가 있으나 vitamin A를 이용한 진위판별을 힘들 것으로 사료됨



[그림 2-4-64] Vitamin A의 standard curve

[표 2-4-41] 일반농장과 동물복지형 농장의 Vitamin A 분석 결과

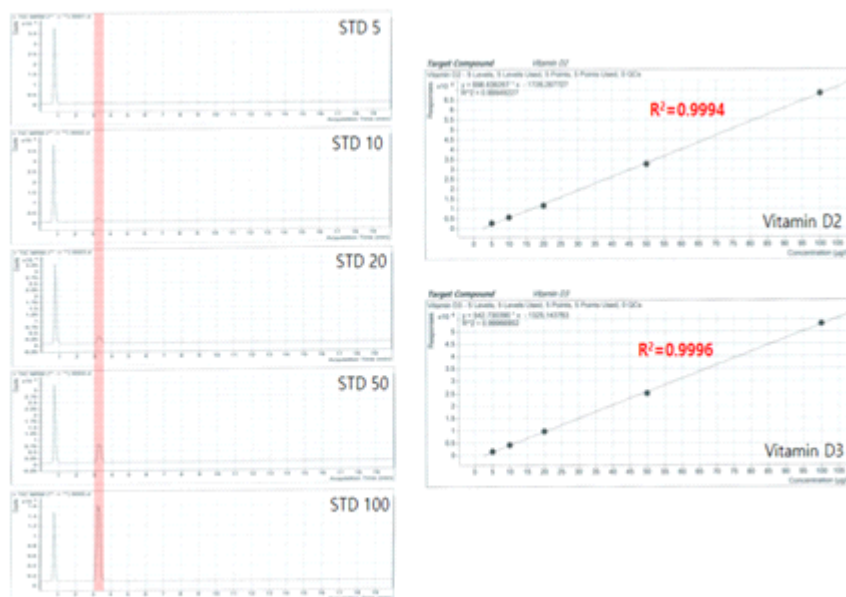
unit : μg RE/100g

No.	일반(도드람)	일반(선진)	복지(선진)
1	1.62	3.27	2.79
2	1.46	2.29	2.95
3	1.64	2.27	2.48
4	1.60	3.18	1.79
5	2.21	2.47	2.27
6	1.90	3.46	2.56
7	2.13	2.37	2.23
평균±편차	1.794±0.289	2.759±0.520	2.439±0.386

⑤ Vitamin D 분석 결과

- 균질화 된 시료 0.5 g을 HPLC-FLD로 분석을 한 결과를 [표 2-4-42]에 나타내었고, vitamin D2는 3.23 min, vitamin D3는 3.36 min에서 peak 확인되었으며, 시료의 peak의 area를 활용하여 정량하였음
- Vitamin D의 standard solution은 5, 10, 20, 50 및 100 ppb로 제조하여 표준검량선을 작성하여 이용하였으며, 0.999 이상의 우수한 직선성을 확인하였음(그림 2-4-65)

○ Vitamin D 분석한 결과 모두 검량선 한계 미만으로 ND로 나타내었음



[그림 2-4-65] Vitamin D의 standard curve

[표 2-4-42] 일반농장과 동물복지형 농장의 Vitamin D 분석 결과 unit : µg/100g

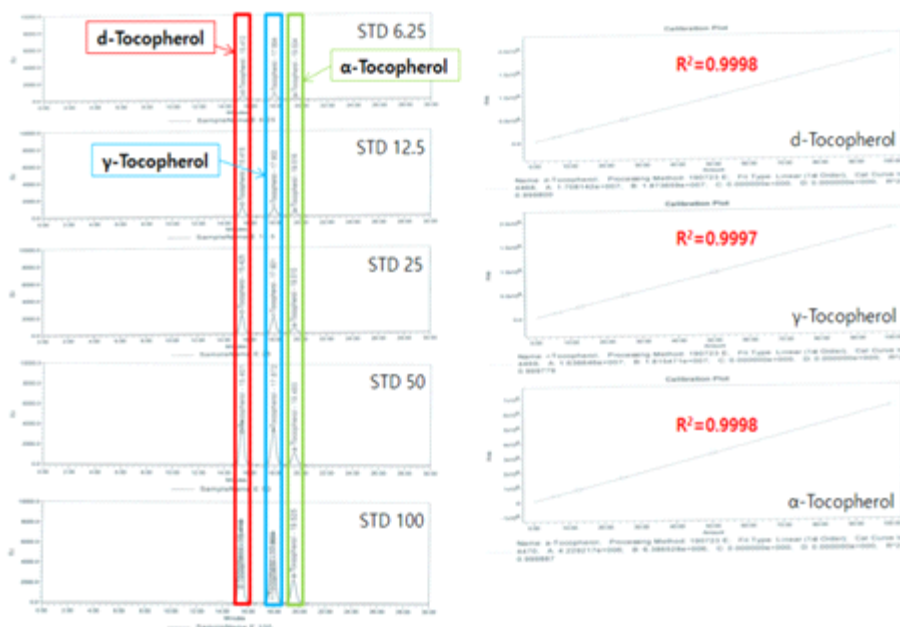
No.	일반(도드람)	일반(선진)	복지(선진)
1	ND ¹⁾	ND	ND
2	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND
7	ND	ND	ND
평균±편차	-	-	-

¹⁾ ND : Not Detected

⑥ Vitamin E 분석 결과

○ 균질화 된 시료 10 g을 HPLC-FLD로 분석을 한 결과를 [표 2-4-43]에 나타내었고, vitamin E의 δ-Tocopherol은 15.35 min, γ-Tocopherol은 17.83 min 및 α-Tocopherol은 19.42 min에 확인이 가능하였으며, 시료의 peak의 area를 활용하여 정량하였음

- Vitamin E의 standard solution은 6.25, 12.5, 25, 50 및 100 ppb로 제조하여 표준검량선을 작성하여 이용하였으며, 0.999 이상의 우수한 직선성을 확인하였음(그림 2-4-66)
- Vitamin E를 분석하여 비교하였을 때 일반(선진) 0.017±0.014 mg α-TE/100g, 복지(선진) 0.029±0.028 mg α-TE/100g, 일반(도드람) 0.048±0.038 mg α-TE/100g의 함량을 보임
- 각각 시료별로 비교한 결과 vitamin E를 이용한 진위판별을 힘들 것으로 사료됨



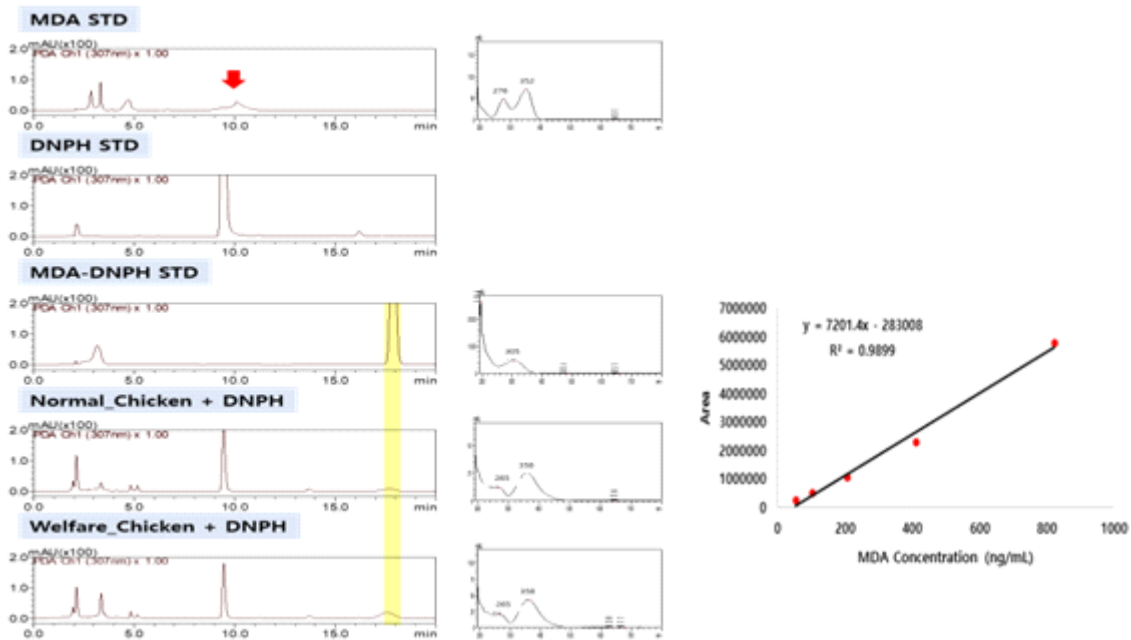
[그림 2-4-66] Vitamin E의 standard curve

[표 2-4-43] 일반농장과 동물복지형 농장의 Vitamin E 분석 결과 unit : mg α-TE/100g

No.	일반(도드람)	일반(선진)	복지(선진)
1	0.003	0.001	0.001
2	0.022	0.021	0.019
3	0.056	0.01	0.061
4	0.033	0.01	0.007
5	0.07	0.006	0.014
6	0.118	0.04	0.073
7	0.031	0.029	0.029
평균±편차	0.048±0.038	0.017±0.014	0.029±0.028

⑦ MDA 분석 결과

- 균질화된 시료 5g을 이용하여 전처리 후 유도체화하여 HPLC로 분석한 결과를 [그림 2-4-67]에 나타내었음
- 농도별 MDA stand curve를 제조하여 분석의 우수한 직선성을 확인하였음
- MDA분석결과를 비교하였을 때 일반농장과 복지농장의 각 시료별로 분석한 결과 동일하게 MDA가 확인되었으며, 또한 이에 대한 함량차이가 미미한 것으로 확인되 진위판별의 어려움이 있을것으로 판단됨



[그림 2-4-67] MDA 분석 결과 및 STD curve

나. 연구수행 결론 및 고찰

- 동물복지 농장과 일반농장의 계육을 비교하고자 다양한 이화학적 실험 및 보편적으로 활용할수 있는 기기분석을 통하여 개발을 진행하였음
- 다량 및 미량 무기성분 분석 후 LDA 통계 기법을 활용하여 동물복지 농장과 일반농장의 판별하고자함
 - 무기원소 함량 분석결과 동물복지농장과 일반농장의 Na함량은 392.45 ± 116.59 , 454.41 ± 123.50 으로 확인되었으며, Li함량은 0.02 ± 0.01 , 0.018 ± 0.004 으로 확인되었으며, 이외에 다른 성분들은 유사한 함량을 보였음
 - 무기성분 분석결과를 유사한 함량차이를 확인하였으나, 이를 LDA통계를 이용한 결과 동물복지농장과 일반농장의 판별률은 약 92.00%으로 확인할 수 있었음. 이에 무기성분 분석데이터를 활용하여 통계적 방법을 통하여 판별이 가능할것으로 판단됨

- GC-FID 및 GC-MS 기기를 이용하여 콜레스테롤 분석, 휘발성 유기성분 분석을 진행하였음
 - 콜레스테롤 분석결과 동물복지농장은 53.47 ± 1.97 mg/100g, 일반농장은 52.87 ± 1.01 mg/100g으로 두 농장간의 유의적인 차이는 없음을 확인하였음
 - GC-MS를 이용하여 휘발성 유기성분 분석결과 동물복지농장에서 총 49종과 일반농장 총 58종의 성분을 확인하였으며, 이를 관능기별로 분류하였을 시 alcohol류의 경우 일반농장에서 17종, 복지농장에서 12종으로 산화적 스트레스로 인하여 alcohol 대사산물이 일반농장에서 비교적 높음을 확인할 수 있었음
 - 또한, 동물복지 농장보다 일반농장에서 다소은 함량으로 확인된 n-hexanal 및 hexadecanal은 지방산화가 발생되어 생성되는 휘발성분으로 알려져 있음
- HPLC를 이용하여 비휘발성 유기성분 분석, vitamin, malondialdehyde(MDA)분석을 진행하였음
 - 용매의 극성도별 methanol, ethyl acetate 및 hexane 순으로 soxhlet 추출을 순차적으로 진행하여 극성도별 확인되는 선택가능성 있는 화합물의 동정 및 분리 가능성을 확인하고자 하였으나, 특정 peak가 확인되지 않았음
 - Vitamin 분석으로는 지용성 비타민에 해당되는 vitamin A,D,E를 분석하였으며, vitamin A 결과 복지농장 2.439 ± 0.386 , 일반농장 1.794 ± 0.289 , 2.759 ± 0.520 으로 확인되었으며, vitamin D의 경우 모두 미검출되었으며, vitamin E의 경우 동물복지농장 0.029 ± 0.028 , 일반농장 0.048 ± 0.038 , 0.017 ± 0.014 로 확인되었음. 이는 농장별 사육 시 사료등에 기인되는 것으로 판단되며 큰 유의미한 차이를 확인하지 못함
 - 단백질의 산화적 스트레스 산물로 알려진 malondialdehyde(MDA)분석을 통하여 동물복지 농장과 일반농장의 차이를 비교하였으나, 미미한 차이를 보였을 뿐, 지표성분으로 보기 어려울것으로 판단됨

제 5 절 일반농장과 동물복지 농장의 축종별 스트레스 지표 비교 연구

1. 1차년도 연구결과

가. 공시축 및 실험방법

□ 공시축

- 본 연구에 이용된 공시축은 일반농장에서 사육된 돼지 20두와 동물복지 농장에서 사육된 돼지 20두로, 도축 시 혈액을 채취하여 3,000rpm에서 10분간 원심 분리한 후 상등액(혈청)을 호르몬 분석에 이용하였으며, 도축 후 등심 부위를 채취하여 진공 포장하여 실험실로 이동하였다. 근육 샘플은 근육 내 Glycogen 함량과 Lactic acid 함량을 분석하기 위해 액체질소로 분쇄 후 -80℃에 분석 전까지 보관하였다.



□ 실험 방법

(1) 혈액 내 호르몬 분석

(가) LC-MS/MS를 이용한 혈액 내 Dopamine, Serotonin, Cortisol, Epinephrine 및 Norepinephrine 분석

- 채취한 혈액을 원심분리 (3,000rpm, 4℃, 10min)한 후 상등액(혈장) 100ul에 MeOH 900ul를 첨가하여 잘 섞고, -20℃에서 1시간 보관 후 다시 원심분리하여 상등액을 분주하여 vial에 넣고 LC-MS/MS에 injection하여 분석. 각각의 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였고, Dopamine, Serotonin 및 Cortisol은 Waters Xevo TQ-S, Epinephrine 및 Norepinephrine은 Agilent 6410B로 분석하였으며, 분석 조건은 [표 2-5-1]과 같다.

[표 2-5-1] 호르몬 분석 조건

Consist	Conditions			
Mobile phase	A : 0.1% FA in DW B : 0.1% FA in MeOH		A : 0.1% FA in DW B : 0.1% FA in MeOH	
Column	Synergi Hydro-RP 4um, 150 x 2mm		Synergi Hydro-RP 4um, 150 x 2mm	
Flow rate	0.2mL/min,		0.2mL/min,	
Injection volume	5ul		3ul	
MRM	ESI positive		ESI positive	
Gradient program	Time	B%	Time	B%
	0.0	0%	0.0	0%
	1.0	0%	1.0	0%
	4.0	100%	10.0	100%
	4.5	100%	11.0	100%
	5.0	0%	14.0	0%
10.0	0%	20.0	0%	
LC-MS/MS				
	Waters Xevo TQ-S		Agilent 6410B	

(2) 혈액 내 생화학 인자 분석

(가) 전혈 내 pH, glucose, lactate, hematocrit, hemoglobin과 osmolality 분석

- 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Stat Profile CRT (NOVA Biomedical Corp, Waltham, MA, USA)로 pH, glucose, lactate, osmolality, hematocrit, hemoglobin의 항목을 측정. Osmolality는 다음과 같은 수식(the formula; $[1.86Na^{++}(Glucose/18) + (BUN/2.8)+9]$)으로 계산하였다.



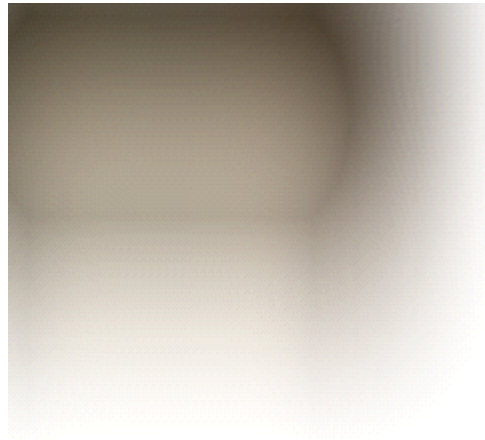
[그림 2-5-1] Nova Stat Profile CRT (NOVA Biomedical Corp, USA)

(나) 혈장 내 biometabolite 분석

- Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)으로 total protein(T-PRO), albumin(ALB), triglyceride(TG), total cholesterol(T-CHO), high density lipoprotein(HDL), low density lipoprotein(LDL), creatinine (CRE), blood urea nitrogen(BUN), uric acid(UA)의 항목을 측정하였다.

(다) 혈장 내 에너지대사 관련 효소 분석

- Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)으로 total magnesium concentration (tMg²⁺), alanine aminotransferase(ALT), aspartate amino- transferase(AST), alkaline phosphatase(ALP), lactate dehydrogenase(LDH), creatinine kinase(CK)의 항목을 측정하였다.



[그림 2-5-2] Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)

(3) 혈액 내 이온 및 분압 분석

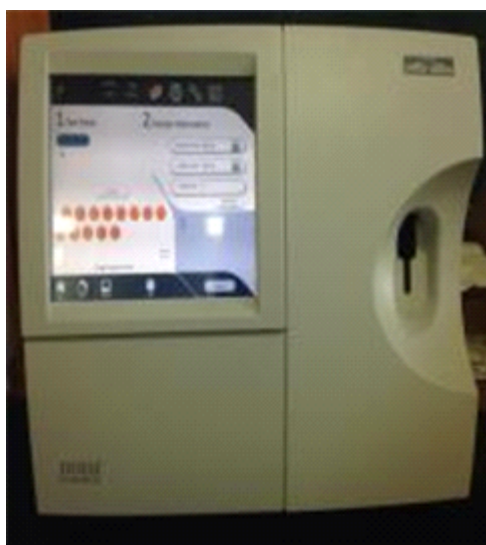
(가) 전혈 내 이온 분석

- 측정은 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp, Waltham, MA, USA)로 Na⁺, K⁺, Ca²⁺, ionized Mg²⁺ concentration(iMg²⁺), ratio of Ca²⁺ per iMg²⁺(Ca²⁺/iMg²⁺), Cl⁻, HCO₃⁻, standard bicarbonate concentration(SBC), base excess of extracellular fluid(BE-ECF), base excess of blood (BE-B)과 anionic gap[Na⁺-(Cl⁻+HCO₃⁻)]의 항목을 측정하였다.

(나) 전혈 내 Gas composition 분석

- 측정은 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp, Waltham,

MA, USA)로 partial carbon dioxide tension(PCO₂), total carbondioxide(TCO₂), partial oxygen tension(PO₂), oxygen content(o₂ct), oxygen saturation(o₂sat), alveolar oxygen(APO₂), arterial alveolar oxygen tension ratio(a/APO₂), arterial oxygen tension gradient(AaDO₂), partial oxygen tension/fraction of inspired oxygen(PO₂/FI)의 항목을 측정하였다.



[그림 2-5-3] Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp, USA)

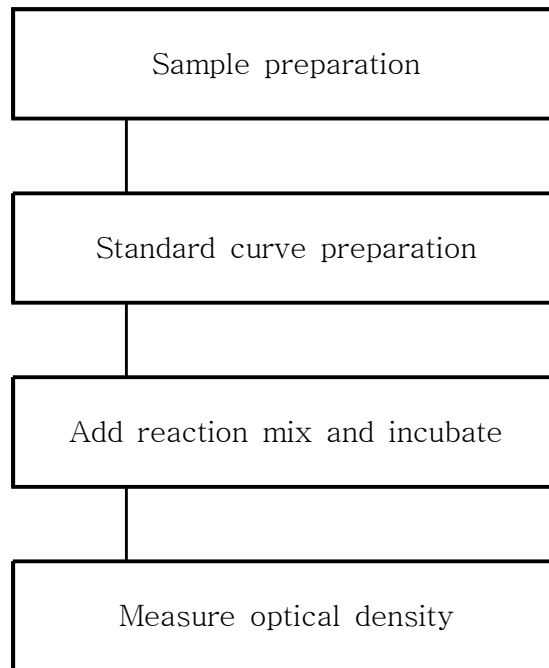
(4) 근육 내 스트레스 지표 분석

(가) 근육의 Glycogen 함량 분석

- Glycogen은 ELISA kit을 이용하여 분석을 실시. 샘플 10mg을 DW에 넣고 homogenizer로 균질화한 후, 100°C Water Bath에서 10분간 반응시키고, 원심분리하여 상층액을 분석에 이용함. 준비된 샘플과 표준시료에 Hydrolysis Buffer를 첨가하여 각 well에 50uL씩 넣고, Hydrolysis Enzyme Mix 2uL를 각 표준시료와 샘플이 들어있는 well에 넣고 상온에서 30분 반응시킨 후, Reaction Mix 50uL를 표준시료와 샘플, Blank가 들어있는 모든 well에 넣고 빛을 차단한 채 상온에서 30분 반응 시키고 570nm의 파장으로 흡광도를 측정하였다.

(나) 근육의 Lactic acid 함량 분석

- Lactic acid는 ELISA kit을 이용하여 분석을 실시. 샘플 10mg을 Lactate Assay Buffer에 넣고 homogenizer로 균질화한 후, 원심분리하여 상층액을 분석에 이용함. 준비된 샘플과 시료에 Lactate Assay Buffer를 첨가하여 각 well에 50uL씩 넣고, Reaction Mix 50uL를 각 표준시료와 샘플이 들어있는 well에 넣으며, Blank에는 Background Reaction Mix 50uL를 넣고 상온에서 30분 반응 시킨 후 450nm의 파장으로 흡광도를 측정하였다.



[그림 2-5-4] 근육 내 Glycogen 과 Lactic acid의 ELISA assay 모식도

2. 연구 결과

가. 혈액 내 호르몬 농도 분석

- 일반농장 (Control)과 동물복지 농장 (Welfare)에서 사육된 돼지의 혈액 내 호르몬 농도 분석 결과를 2개의 처리구로 나누어 비교한 결과 (표 2-5-2), Dopamine 함량은 동물복지 농장에서 유의적으로 높게 나타났으며, Serotonin 함량은 일반농장에서 높은 함량을 나타냈다 ($P<0.01$). 대표적인 스트레스 지표로 알려져 있는 Cortisol은 유의한 차이가 없었고, Epinephrine 또한 처리구 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. Norepinephrine은 동물복지 농장에서 유의적으로 높은 함량을 보였다 ($P<0.01$). 이러한 분석 결과를 다시 4개의 처리구로 나누어 비교한 결과 (표 2-5-3), Dopamine 함량은 동물복지 농장 A에서 가장 높게 나타났으며, Serotonin 함량은 2개의 처리구로 나누어 비교했을 때의 결과와 마찬가지로 일반농장 (C, D)이 동물복지 농장 (A, B)보다 높은 함량을 나타냈다 ($P<0.01$). Norepinephrine 또한 동물복지 농장에서 유의적으로 높은 수준을 보였다 ($P<0.01$).

[표 2-5-2] 일반 및 동물복지 돼지 혈액 내 Dopamine, Serotonin, Cortisol, Epinephrine 및 Norepinephrine 함량 (ug/100ml) - 2 Treatment

Item (ug/100ml)	Treatment		p-value
	Control	Welfare	
Dopamine	2.98±0.09 ^b	5.25±0.77 ^a	0.0055
Serotonin	205.23±27.17 ^a	66.10±10.30 ^b	<.0001
Cortisol	2.71±0.35	2.82±0.25	
Epinephrine	0.62±0.06	0.48±0.08	
Norepinephrine	54.74±2.07 ^b	84.46±3.99 ^a	<.0001

^{A-B}Means within the same row with different letters are significantly different (P<0.01).

[표 2-5-3] 농장별 일반 및 동물복지 돼지 혈액 내 Dopamine, Serotonin, Cortisol, Epinephrine 및 Norepinephrine 함량 (ug/100ml) - 4 Treatment

Item (ug/100ml)	Treatment				p-value
	A-welfare	B-welfare	C-control	D-control	
Dopamin	7.88±0.94 ^a	2.62±0.22 ^b	3.06±0.09 ^b	2.89±0.17 ^b	<.0001
Serotonine	39.37±6.23 ^c	92.82±15.81 ^{bc}	123.82±10.20 ^b	286.63±39.24 ^a	<.0001
Cortisol	2.79±0.26 ^a	2.85±0.43 ^a	3.80±0.45 ^a	1.61±0.25 ^b	0.0016
Epinephrine	0.76±0.08 ^a	0.20±0.06 ^b	0.61±0.10 ^a	0.62±0.05 ^a	<.0001
Norepinephrine	97.22±3.92 ^a	71.71±3.95 ^b	55.23±3.18 ^c	54.25±2.83 ^c	<.0001

^{A-C}Means within the same row with different letters are significantly different (P<0.01).

2. 2차년도 연구 결과

가. 공시축

(1) 돼지

- 1차년도 연구에 이용된 공시축은 일반농장과 동물복지 농장에서 사육된 돼지(LYD)로 각 농장당 20두씩이며, 2차년도 공시축은 일반농장과 동물복지 농장의 돼지(LYD)로 농장당 12두씩 샘플링을 진행하였다. 도축 시 혈액을 채취하여 3,000rpm에서 10분간 원심 분리한 후 상등액(혈청)을 호르몬 분석과 생화학 분석에 이용하였다. 근육 샘플(2019년 6월 13일)은 일반농장, 복지농장, 도드람 일반농장의 1등급 돼지를 각각 7두씩 도축 후 진공 포장하여 냉장 상태로 실험실로 이동하였다. 근육 샘플은 근육 내 Glycogen 함량과 lactic acid 함량 분석을 위해 액체질소로 분쇄 후 분석 전까지 -80℃에 보관하였다.

(2) 닭

- 본 연구에 이용된 공시축은 1차 샘플링 때(2019년 2월 27일) 일반농장(김제)과 동물복지 농장(부안)의 28일령 육계(Arbor Aces)의 혈액을 각 처리구당 10수 씩 채취하였고, 수송 후 발생하는 스트레스를 측정하기 위해 정읍 도계장(2019년 2월 28일)에서 일반농장과 동물복지 농장 육계의 혈액을 각각 10수 씩 채취하였다. 2차 샘플링(2019년 9월 19일~10월 4일)은 14일령, 21일령, 28일령에 일반농장(익산)과 동물복지농장(정읍)에서 각 처리구당 10수 씩 육계(Cobb)의 혈액을 채취 하였고, 도계장(정읍)으로 이동하여 일반과 동물복지 육계의 혈액을 각각 10수 씩 채취하였다. 채혈 후 냉장 상태로 실험실로 이동하여 4℃, 3,000rpm에서 10분간 원심 분리한 후 상등액(혈청)을 호르몬 분석에 이용하였다. 근육 샘플은 도계 후 냉장 상태로 실험실로 이동하여 근육 내 Glycogen 함량과 lactic acid 함량 분석을 위해 액체질소로 분쇄 후 -80℃에 보관 하였다.

나. 실험 방법

(1) 혈액 내 호르몬 분석

(가) LC-MS/MS를 이용한 혈액 내 Dopamine, Serotonin, Cortisol(돼지), Corticosterone(닭), Epinephrine 및 Norepinephrine 분석

- 채취한 혈액을 원심분리 (3,000rpm, 4℃, 10min)한 후 상등액(혈장) 100ul에 MeOH 900ul를 첨가하여 잘 섞고, -20℃에서 1시간 보관 후 다시 원심분리하여 상등액을 분주하여 vial에 넣고 LC-MS/MS에 injection하여 분석. 각각의 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였고, Dopamine, Serotonin, Cortisol(돼지)

및 Corticosterone(닭)은 Waters Xevo TQ-S, Epinephrine 및 Norepinephrine은 Agilent 6410B로 분석하였으며, 분석 조건은 [표 2-5-4]과 같다.

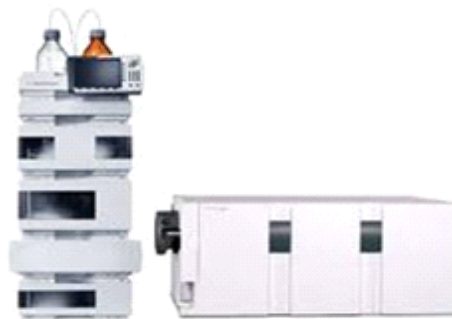
[표 2-5-4] 호르몬 분석 조건

Consist	Conditions			
Mobile phase	A : 0.1% FA in DW B : 0.1% FA in MeOH		A : 0.1% FA in DW B : 0.1% FA in MeOH	
Column	Synergi Hydro-RP 4um, 150 x 2mm		Synergi Hydro-RP 4um, 150 x 2mm	
Flow rate	0.2mL/min,		0.2mL/min,	
Injection volume	5ul		3ul	
MRM	ESI positive		ESI positive	
Gradient program	Time	B%	Time	B%
	0.0	0%	0.0	0%
	1.0	0%	1.0	0%
	4.0	100%	10.0	100%
	4.5	100%	11.0	100%
	5.0	0%	14.0	0%
	10.0	0%	20.0	0%

LC-MS/MS



Waters Xevo TQ-S



Agilent 6410B

(2) 혈액 내 생화학 인자 분석

(가) 전혈 내 pH, glucose, lactate, hematocrit, hemoglobin과 osmolality 분석

- 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Stat Profile CRT (NOVA Biomedical Corp, Waltham, MA, USA)로 pH, glucose, lactate, osmolality, hematocrit, hemoglobin의 항목을 측정. Osmolality는 다음과 같은 수식(the formula; $[1.86Na^{++}(Glucose/18) + (BUN/2.8)+9]$)으로 계산.



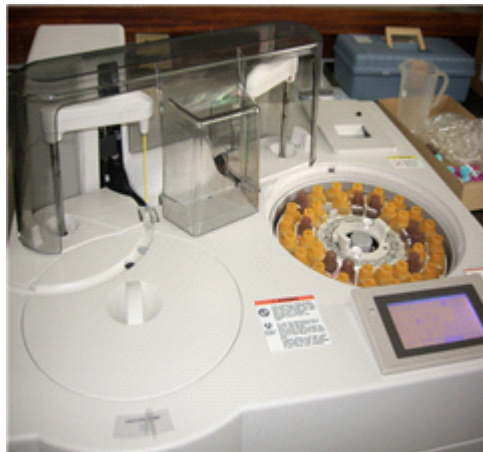
[그림 2-5-5] Nova Stat Profile CRT (NOVA Biomedical Corp, USA)

(나) 혈장 내 biometabolite 분석

- Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)으로 total protein(T-PRO), albumin(ALB), triglyceride(TG), total cholesterol(T-CHO), high density lipoprotein(HDL), low density lipoprotein(LDL), creatinine (CRE), blood urea nitrogen(BUN), uric acid(UA)의 항목을 측정.

(다) 혈장 내 에너지대사 관련 효소 분석

- Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)으로 total magnesium concentration (tMg²⁺), alanine aminotransferase(ALT), aspartate amino- transferase(AST), alkaline phosphatase(ALP), lactate dehydrogenase(LDH), creatinine kinase(CK)의 항목을 측정.



[그림 2-5-6] Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)

(3) 혈액 내 이온 및 분압 분석

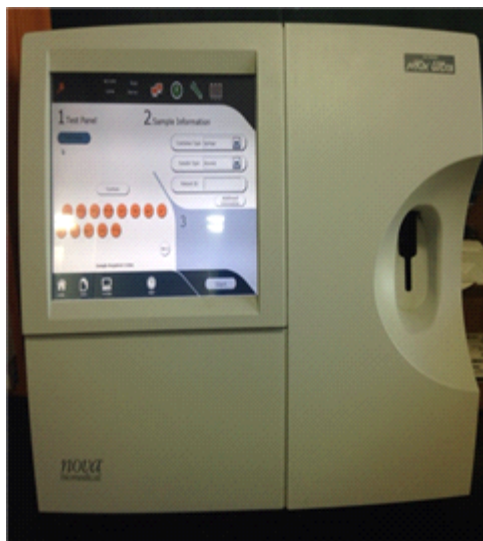
(가) 전혈 내 이온 분석

- 측정은 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp,

Waltham, MA, USA)로 Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , ionized Mg^{2+} concentration(iMg^{2+}), ratio of Ca^{2+} per iMg^{2+} ($\text{Ca}^{2+}/\text{iMg}^{2+}$), Cl^- , HCO_3^- , standard bicarbonate concentration(SBC), base excess of extracellular fluid(BE-ECF), base excess of blood (BE-B)과 anionic gap[$\text{Na}^+ - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$]의 항목을 측정.

(나) 전혈 내 Gas composition 분석

- 측정은 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp, Waltham, MA, USA)로 partial carbon dioxide tension(PCO_2), total carbondioxide(TCO_2), partial oxygen tension(PO_2), oxygen content(o_2ct), oxygen saturation(o_2sat), alveolar oxygen(APO_2), arterial alveolar oxygen tension ratio(a/APO_2), arterial oxygen tension gradient(AaDO_2), partial oxygen tension/fraction of inspired oxygen(PO_2/FI)의 항목을 측정.



[그림 2-5-7] Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp, USA)

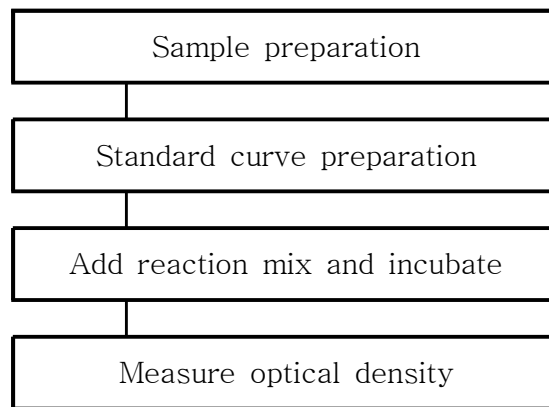
(4) 근육 내 스트레스 지표 분석

(가) 근육의 Glycogen 함량 분석

- Glycogen은 ELISA kit을 이용하여 분석을 실시. 샘플 10mg을 DW에 넣고 homogenizer로 균질화한 후, 100°C Water Bath에서 10분간 반응시키고, 원심분리하여 상층액을 분석에 이용함. 준비된 샘플과 표준시료에 Hydrolysis Buffer를 첨가하여 각 well에 50uL씩 넣고, Hydrolysis Enzyme Mix 2uL를 각 표준시료와 샘플이 들어있는 well에 넣고 상온에서 30분 반응시킨 후, Reaction Mix 50uL를 표준시료와 샘플, Blank가 들어있는 모든 well에 넣고 빛을 차단한 채 상온에서 30분 반응 시키고 570nm의 파장으로 흡광도를 측정.

(나) 근육의 Lactic acid 함량 분석

- Lactic acid는 ELISA kit을 이용하여 분석을 실시. 샘플 10mg을 Lactate Assay Buffer에 넣고 homogenizer로 균질화한 후, 원심분리하여 상층액을 분석에 이용함. 준비된 샘플과 시료에 Lactate Assay Buffer를 첨가하여 각 well에 50uL씩 넣고, Reaction Mix 50uL를 각 표준시료와 샘플이 들어있는 well에 넣으며, Blank에는 Background Reaction Mix 50uL를 넣고 상온에서 30분 반응 시킨 후 450nm의 파장으로 흡광도를 측정.



[그림 2-5-8] 근육 내 Glycogen 과 Lactic acid의 ELISA assay 모식도

(5) 농장 내 Gas (CO₂,NH₃) 분석

(가) 농장 내 CO₂ 농도 분석

- 농장을 9구획 (전,중,후 및 좌,중,우)으로 나누어 CO₂ 측정 기기 (Telaire 7001 CO₂ Sensor)를 농장 내 바닥에 약 30초간 놓고 측정.



[그림 2-5-9] Telaire 7001 CO2 Sensor

(나) 농장 내 NH₃ 농도 분석

- 농장을 9구획 (전,중,후 및 좌,중,우)으로 나누어 기체 채취기 (GV-100S)에 Ammonia detector tube를 끼우고 닭의 머리 높이에서 농장 내 암모니아 농도 측정.



[그림 2-5-10] 기체 채취기 GV-100S (GASTEC Corporation, Japan) 및 Ammonia detector tube 3La (GASTEC Corporation, Japan)

다. 연구 결과

(1) 돼지

(가) 혈액 내 호르몬 농도 분석

- 일반농장 (Control)과 동물복지 농장 (Welfare)에서 사육된 돼지의 혈액 내 호르몬 농도 분석 결과를 비교한 결과 (표 2-5-5), 행복감과 관련된 Dopamine과 Serotonin(Yeates, J. W et al. 2008)은 유의한 차이가 없었으며, 대표적인 스트레스 지표로 알려져 있는 호르몬인 Cortisol은 동물복지 농장에서 유의적으로 높게 나타났다 ($P<0.01$). Epinephrine은 유의한 차이를 보이지 않았으며, Norepinephrine은 일반농장에서 높은 함량을 나타냈다 ($P<0.01$).

[표 2-5-5] 일반 및 동물복지 농장의 돼지 혈액 내 호르몬 농도

Items (ug/100ml)	Treatment		p-value
	일반농장	동물복지농장	
Dopamine	17.97±0.89	18.42±1.12	
Serotonin	162.54±19.63	143.64±14.15	
Cortisol	7.82±0.96 ^b	11.19±0.6 ^a	0.0071
Epinephrine	13.22±1.67	10.43±1.65	
Norepinephrine	346.86±9.4 ^a	246.06±19.68 ^b	0.0001

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

일반농장(n=12), 동물복지농장(n=12).

(나) 혈액 내 생화학 인자 분석

- [표 2-5-6]은 일반농장과 동물복지 농장 돼지의 혈액 내 생화학 인자를 분석한 결과이다. 일반적으로 간세포가 손상을 받는 경우 증가하는 ALT와 AST가 동물복지 농장에서 유

의적으로 높게 나타났으며 ($P<0.01$), 나머지 생화학 인자들은 유의한 차이를 보이지 않았다.

[표 2-5-6] 일반 및 동물복지 돼지 혈액 내 생화학 인자 분석

Items	Treatment		p-value
	일반농장	동물복지농장	
ALP(U/l)	351.18±21.90	351.92±22.23	0.9815
TP(g/dl)	7.42±0.20	7.65±0.12	0.3201
T-BIL(mg/dl)	0.14±0.02	0.15±0.04	0.7783
CREA(mg/dl)	1.44±0.05	2.47±1.06	0.3632
CHOL(mg/dl)	119.09±3.47	119.17±4.65	0.9899
TG(mg/dl)	67.12±11.16	63.75±3.37	0.7671
UA(mg/dl)	5.08±4.79	0.30±0.02	0.3081
ALT(U/l)	45.03±4.94 ^b	67.67±3.29 ^a	0.0009
ALB(g/dl)	5.05±0.59	4.61±0.05	0.4371
BUN(mg/dl)	27.34±16.27	13.05±0.53	0.3689
GLU(mg/dl)	138.64±17.25	158.33±19.79	0.4650
AST(U/l)	58.88±7.28 ^b	109.00±15.28 ^a	0.0091
A/G Ratio	10.20±8.68	1.53±0.05	0.3076
GLOB	2.98±0.13	3.04±0.09	0.6952

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

일반농장(n=12), 동물복지농장(n=12), alkaline phosphate(ALP), total protein(TP), total bilirubin (T-bIL), creatin(CREA), cholesterol(CHOL), albumin-globulin ratio(A/B Ratio), triglyceride(TG), uric acid(UA), alanine aminotransferase(ALT), albumin(ALB), blood urea nitrogen(BUN), glucose(GLU), aspartate aminotransferase(AST), globlin(GLOB), creatine kinase(CK),

(다) 근육 내 Glycogen 함량 분석

- [표 2-5-7]은 일반농장과 동물복지 농장에서 사육된 돼지의 등심 부위를 채취하여 Glycogen 함량을 2개의 처리구로 나누어 분석한 결과이다. 분석 결과 스트레스를 받으면 감소하는 Glycogen (P. H. Hemsworth, 2018)은 일반농장과 동물복지 농장 간에 통계적인 유의차를 보이지 않았다. 이러한 분석 결과를 다시 3처리구로 나누어 비교한 결과(표 2-5-8)도 마찬가지로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

[표 2-5-7] 일반 및 동물복지 돼지 근육 내 Glycogen 함량 (ug/mg) - 2 treatment

Item (ug/mg)	Treatment		p-value
	일반농장	동물복지농장	
Glycogen	0.71±0.05	0.88±0.11	0.1466

일반농장(n=14), 동물복지농장(n=7).

[표 2-5-8] 일반 및 동물복지 돼지 근육 내 Glycogen 함량 (ug/mg) - 3 treatment

Item (ug/mg)	Treatment			p-value
	일반농장	동물복지농장	일반농장(도드람)	
Glycogen	0.74±0.10	0.88±0.11	0.68±0.04	0.3232

일반농장(n=7), 동물복지농장(n=7), 일반농장(도드람) (n=7).

(라) 근육 내 Lactic acid 함량 분석

- 2차년도 근육 내 Lactic acid 함량은 현재 분석 중에 있음.

(마) 1, 2차년도 종합 결과

① 혈액 내 호르몬 농도 분석

- 일반농장과 동물복지 농장 돼지의 혈액 내 호르몬 농도를 분석한 결과, 행복감과 관련된 Dopamine은 농장 간에 유의한 차이가 없었으나, Serotonin은 일반농장에서 높은 함량을 나타냈다($P < 0.01$). 대표적인 스트레스 지표인 Cortisol은 동물복지 농장에서 높게 나타났으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 또한 Epinephrine과 Norepinephrine은 일반농장이 동물복지 농장보다 수치적으로 높았으나, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

[표 2-5-9] 일반 및 동물복지 농장의 돼지 혈액 내 호르몬 농도 (1,2차년도 종합결과)

Items (ug/100ml)	Treatment		P-value
	일반농장	동물복지농장	
Dopamine	8.60±1.34	10.19±1.31	0.3990
Serotonin	189.22±18.65 ^a	95.17±10.62 ^b	<.0001
Cortisol	4.62±0.61	5.96±0.78	0.1798
Epinephrine	49.97±12.96	39.43±10.85	0.5349
Norepinephrine	1334.93±298.82	975.50±218.74	0.3355

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P < 0.01$).

일반농장(n=32), 동물복지농장(n=32).

② 혈액 내 생화학 인자 분석

- 1, 2차년도 일반농장과 동물복지 농장에서 사육된 돼지의 혈액 내 생화학 인자 분석 결과, 2차년도 생화학 분석 결과와 마찬가지로 ALT와 AST가 동물복지 농장에서 유의적으로 높게 나타났다 ($P<0.01$). 또한 A/G ratio는 동물복지 농장에서 높게 나타났으며, GLOB 함량은 일반농장에서 높은 수치를 보였다 ($P<0.01$). 근육의 사용량이 증가하거나 근육양이 많을수록 수치가 증가한다고 알려져 있는 CK의 함량은 동물복지 농장에서 유의적으로 높은 수치를 보였다($P<0.05$).

[표 2-5-10] 일반 및 동물복지 돼지 혈액 내 생화학 인자 분석 (1,2차년도 종합결과)

Items	Treatment		P-value
	일반농장	동물복지농장	
ALP(U/l)	211.16±21.81	203.34±22.71	0.8056
TP(g/dl)	6.72±0.17	6.24±0.26	0.1182
T-BIL(mg/dl)	0.13±0.01	0.12±0.02	0.5646
CREA(mg/dl)	1.42±0.04	1.76±0.43	0.4162
CHOL(mg/dl)	97.91±3.35	92.38±5.80	0.4123
A/G Ratio	1.24±0.05 ^b	1.66±0.08 ^a	<.0001
TG(mg/dl)	58.25±4.34	60.78±3.60	0.6552
UA(mg/dl)	0.23±0.02	0.23±0.02	0.7871
ALT(U/l)	46.22±2.00 ^b	61.57±3.44 ^a	0.0002
ALB(g/dl)	3.71±0.14	3.86±0.17	0.4923
BUN(mg/dl)	11.91±0.53	12.00±0.47	0.8909
GLU(mg/dl)	108.59±8.44	110.66±10.34	0.8777
AST(U/l)	68.44±6.81 ^b	219.31±48.00 ^a	0.0028
GLOB	3.01±0.08 ^a	2.50±0.16 ^b	0.0057
CK(U/l)	2671.75±456.00 ^B	4016.85±473.18 ^A	0.0476

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

^{A-B}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

일반농장(n=32), 동물복지농장(n=32), alkaline phosphate(ALP), total protein(TP), total bilirubin (T-bIL), creatinine(CREA), cholesterol(CHOL), albumin-globulin ratio(A/B Ratio), triglyceride(TG), uric acid(UA), alanine aminotransferase(ALT), albumin(ALB), blood urea nitrogen(BUN), glucose(GLU), aspartate aminotransferase(AST), globlin(GLOB), creatine kinase(CK),

③ 근육 내 Glycogen 함량 분석

- [표 2-5-11]은 일반농장과 동물복지 농장에서 사육된 돼지의 등심 부위를 채취하여

Glycogen 함량을 분석한 결과이다. 분석 결과, 스트레스를 받으면 감소하는 Glycogen (P. H. Hemsworth, 2018) 은 일반농장이 동물복지 농장보다 유의적으로 낮은 함량을 나타냈다. (P<0.05)

[표 2-5-11] 일반 및 동물복지 돼지 근육 내 Glycogen 함량 (1,2차년도 종합결과)

Item (ug/mg)	Treatment		P-value
	일반농장	동물복지농장	
glycogen	1.11±0.10 ^B	1.41±0.09 ^A	0.0287

^{A-B}Means within the same row with different letters are significantly different (P<0.05).

일반농장(n=34), 동물복지농장(n=27).

(2) 닭

(가) 혈액 내 호르몬 농도 분석

① 출하 전 닭 혈액 내 호르몬 농도 분석

- 일반농장과 동물복지 농장에서 사육된 닭의 혈액 내 호르몬 농도를 분석한 결과 (표 2-5-12), 1차 Sampling에서 대표적인 스트레스 지표로 알려져 있는 Corticosterone은 유의한 차이가 없었고, 행복감을 나타내는 호르몬인 Dopamine과 Serotonin 또한 처리구 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. Epinephrine은 동물복지 농장에서 유의적으로 높은 함량을 보였으나 (P<0.05), Norepinephrine은 차이가 없었다.
- 2차 Sampling은 주령별로 분석을 진행 하였다 (표 2-5-13). 2주령에는 Serotonin 이 동물복지 농장에서 유의적으로 높은 함량을 보였으나 (P<0.05), 3주령과 4주령에는 통계적인 유의차를 보이지 않았다. 3주령에는 Dopamine이 일반농장에서 유의적으로 높은 함량을 보였으나 (P<0.01), 2주령과 4주령에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 4주령에는 Epinephrine은 동물복지 농장에서, Norepinephrine은 일반농장에서 높은 함량을 보였다 (P<0.05).

[표 2-5-12] 출하 전 일반 및 동물복지 농장의 닭 혈액 내 호르몬 농도 (1차 Sampling)

Items (ug/100ml)	Treatment		p-value
	일반농장	동물복지농장	
Dopamine	5.32±0.52	5.83±0.64	0.5451
Serotonine	565.94±43.58	509.99±68.43	0.4992
Corticosterone	0.15±0.05	0.22±0.04	0.4453
Epinephrine	0.21±0.03 ^B	0.42±0.08 ^A	0.0334
Norepinephrine	46.23±1.76	44.63±1.78	0.5319

^{A-B}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

일반농장(n=10), 동물복지농장(n=10).

[표 2-5-13] 출하 전 주령별 일반 및 동물복지 농장의 닭 혈액 내 호르몬 농도 (2차 Sampling)

Weeks	Items (ug/100ml)	Treatment		p-value
		일반농장	동물복지농장	
2주령	Dopamine	0.94±0.09	0.86±0.06	0.4647
	Serotonin	104.23±6.60 ^B	123.59±4.79 ^A	0.0325
	Corticosterone	0.17±0.06	0.31±0.04	0.0634
	epinephrine	N.D	N.D	-
	Norepinephrine	377.60±22.88	379.13±15.82	0.9577
3주령	Dopamine	3.18±0.21 ^a	2.23±0.17 ^b	0.0023
	Serotonin	96.01±12.29	131.82±12.16	0.0530
	Corticosterone	0.26±0.04	0.25±0.04	0.8249
	epinephrine	0.08±0.01	0.09±0.01	0.4820
	Norepinephrine	287.34±23.62	295.41±10.61	0.7589
4주령	Dopamin	2.97±0.81	2.18±0.21	0.3598
	Serotonin	76.84±14.42	64.10±11.77	0.5032
	Corticosterone	0.12±0.03	0.19±0.06	0.2937
	Epinephrine	0.66±0.08 ^B	0.85±0.03 ^A	0.0426
	Norepinephrine	345.93±22.29 ^A	269.17±27.28 ^B	0.0446

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

^{A-B}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

일반농장(n=10), 동물복지농장(n=10), N.D(not detect)

② 출하 후 닭 혈액 내 호르몬 농도 분석

- [표 2-5-14]는 1차 sampling 당시 일반농장 및 동물복지 농장에서 사육된 닭을 출하하여 도계장으로 수송한 후, 도계장에서 일반 및 동물복지 닭을 10수씩 혈액을 채취하여 혈액 내 호르몬 농도를 분석한 결과이다. 분석 항목들이 일반농장과 동물복지 농장 간에 유의한 차이를 보이지 않았다.
- [표 2-5-15]는 같은 방식으로 채취한 2차 Sampling 호르몬 분석 결과이다. 분석 결과, 동물복지 농장의 Dopamine 수치가 일반농장보다 낮았으며($P<0.01$), Epinephrine과 Norepinephrine의 수치는 동물복지 농장에서 유의적으로 높게 나타났다 ($P<0.05$).

[표 2-5-14] 출하 후 일반 및 동물복지 농장의 닭 혈액 내 호르몬 농도 (1차 Sampling)

Items (ug/100ml)	Treatment		p-value
	일반농장	동물복지농장	
Dopamine	4.96±0.82	4.16±0.88	0.5197
Serotonin	406.63±71.10	362.76±105.12	0.7397
Corticosterone	0.86±0.21	0.88±0.12	0.9188
Epinephrine	0.09±0.02	0.10±0.02	0.8747
Norepinephrine	42.95±2.83	40.69±1.44	0.4728

일반농장(n=10), 동물복지농장(n=10).

[표 2-5-15] 출하 후 일반 및 동물복지 농장의 닭 혈액 내 호르몬 농도 (2차 Sampling)

Items (ug/100ml)	Treatment		p-value
	일반농장	동물복지농장	
Dopamine	3.27±0.23 ^a	2.23±0.10 ^b	0.0012
Serotonin	90.4±7.41	88.08±14.47	0.8843
Corticosterone	0.78±0.28	0.46±0.08	0.3159
Epinephrine	0.8±0.01 ^b	0.91±0.03 ^a	0.0039
Norepinephrine	244.12±22.75 ^B	323.96±17.35 ^A	0.0153

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

^{A-B}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

일반농장(n=10), 동물복지농장(n=10), N.D(not detect)

③ 출하 전/후 닭의 수송 스트레스 비교 분석

- [표 2-5-16]과 [표 2-5-17]은 출하 전/후 일반농장과 동물복지 농장 닭의 수송 스트레스를 비교한 결과이다. 수송 전/후의 차이로 비교해 볼 때, 1차 Sampling 결과에서 Dopamine과 Serotonin은 유의한 차이를 보이지 않았고, Corticosterone은 수송 전 농장에서 채취한 혈액의 함량보다 수송 후 도계장에서 채취한 혈액이 유의적으로 높은 수준을 보였다 (표 2-5-16).
- 2차 Sampling 결과에서는 일반농장과 동물복지 농장 모두 출하 후 도계장에서의 Corticosterone 함량이 출하 전 농장에서의 함량보다 더 높게 측정되었다 ($P<0.01$). Epinephrine 또한 출하 전에 분석한 수치보다 출하 후에 분석한 수치가 더 높은 함량 ($P<0.01$)을 나타내었다 (표 2-5-17).

[표 2-5-16] 출하 전/후 일반 및 동물복지 농장의 닭 혈액 내 호르몬 농도 (1차 Sampling)

Items (ug/100ml)	Treatment				p-value
	출하 전 일반	출하 전 복지	출하 후 일반	출하 후 복지	
Dopamine	5.32±0.52	5.83±0.64	4.96±0.82	4.16±0.88	0.4214
Serotonin	565.94±43.58	509.99±68.43	406.63±71.10	362.76±105.12	0.2220
Corticosterone	0.15±0.05 ^b	0.22±0.04 ^b	0.86±0.21 ^a	0.88±0.12 ^a	0.0039
Epinephrine	0.21±0.03 ^b	0.42±0.08 ^a	0.09±0.02 ^b	0.10±0.02 ^b	<.0001
Norepinephrine	46.23±1.76	44.63±1.78	42.95±2.83	40.69±1.44	0.2369

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

출하 전 일반(n=10), 출하 전 복지(n=10), 출하 후 일반(n=10), 출하 후 복지(n=10).

[표 2-5-17] 출하 전/후 일반 및 동물복지 농장의 닭 혈액 내 호르몬 농도 (2차 Sampling)

Items (ug/100ml)	Treatment				p-value
	출하 전 일반	출하 전 복지	출하 후 일반	출하 후 복지	
Dopamine	2.34±0.32 ^{AB}	1.77±0.15 ^B	3.27±0.23 ^A	2.23±0.10 ^B	0.0179
Serotonin	92.9±6.67	107.41±8.14	90.4±7.41	88.08±14.47	0.3821
Corticosterone	0.19±0.03 ^c	0.25±0.03 ^{bc}	0.78±0.28 ^a	0.46±0.08 ^b	<.0001
Epinephrine	0.36±0.08 ^b	0.47±0.09 ^b	0.8±0.01 ^a	0.91±0.03 ^a	0.0001
Norepinephrine	336.65±14.68 ^A	313.89±13.68 ^A	244.12±22.75 ^B	323.96±17.35 ^A	0.0148

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

^{A-B}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

출하 전 일반(n=10), 출하 전 복지(n=10), 출하 후 일반(n=10), 출하 후 복지(n=10).

- [표 2-5-18]은 1,2차 Sampling의 혈액 내 호르몬 분석 결과를 종합하여 수송 스트레스를 비교 분석한 표이다. 분석 결과 Corticosterone의 함량은 출하 전 농장에서 보다 출하 후 도계장에서 더 높은 함량을 보였으며 ($P<0.01$), 나머지 항목에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 따라서 출하 시 도계장으로 닭을 수송하는 과정에서 스트레스가 증가하여 Corticosterone이 농장보다 도계장에서 더 높은 수치를 나타내는 것으로 보인다.

[표 2-5-18] 출하 전/후 일반 및 동물복지 농장의 닭 혈액 내 호르몬 농도 (1,2차 종합 결과)

Items (ug/100ml)	Treatment				p-value
	출하 전 일반	출하 전 복지	출하 후 일반	출하 후 복지	
Dopamine	3.11±0.34	2.84±0.35	4.11±0.46	3.30±0.53	0.2231
Serotonin	214.19±35.53	213.35±34.42	248.52±51.70	240.68±66.21	0.9280
Corticosterone	0.19±0.02 ^b	0.24±0.02 ^b	0.82±0.17 ^a	0.69±0.09 ^a	<.0001
Epinephrine	0.97±0.20	1.80±0.45	0.86±0.09	0.93±0.09	0.0789
Norepinephrine	368.87±14.7	348.74±14.59	336.80±28.56	370.03±14.70	0.5433

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

출하 전 일반(n=10), 출하 전 복지(n=10), 출하 후 일반(n=10), 출하 후 복지(n=10).

(나) 근육 내 스트레스 지표 (Glycogen, Lactic acid) 함량 분석

- 일반농장과 동물복지 농장에서 사육된 닭의 근육 내 스트레스 지표인 Glycogen과 Lactic acid를 분석한 결과 (표 2-5-19), Glycogen은 통계적인 유의차를 보이지 않았으며, Lactic acid는 일반 농장이 동물복지농장보다 유의적으로 높은 수준을 보였다 ($p<0.05$). (2차 sample은 현재 Glycogen과 Lactic acid 분석 진행 중에 있음.)

[표 2-5-19] 일반 및 동물복지 농장의 닭 근육 내 Glycogen, Lactic acid 함량 (1차 Sampling)

Items	Treatment		p-value
	일반농장	동물복지농장	
Glycogen (ug/ul)	3.76±0.73	5.17±0.68	0.1730
Lactic acid (umol/mg)	0.62±0.02 ^A	0.50±0.05 ^B	0.0409

^{A-B}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

일반농장(n=10), 동물복지농장(n=10).

(다) 일반 및 동물복지 농장 내 CO₂, NH₃ 농도 분석

- [표 2-5-20]은 일반농장과 동물복지 농장을 9구획으로 나누어 농장 내 CO₂, NH₃ 농도를 측정된 결과이다. 측정 결과, 3주령과 4주령의 CO₂ 수치는 일반농장이 유의적으로 높았으며, NH₃ 농도 또한 4주령에 일반농장에서 통계적으로 높았다 (P<0.01). 2주령에는 동물복지 농장의 NH₃ 수치가 일반농장보다 더 높은 수치를 보였는데 (P<0.01), 이는 일반농장의 CO₂와 NH₃ 측정 당시 농장 내 환풍기가 작동하고 있었기 때문에 3, 4주령의 결과와 상반된 결과를 나타냈을 것이라 사료된다.

[표 2-5-20] 일반 및 동물복지 농장 내 주령별 CO₂, NH₃ 농도

Weeks	items (ppm)	Treatment		p-value
		일반농장	동물복지농장	
2주령	CO ₂	1155.56±128.63	1259.89±68.69	0.4846
	NH ₃	4.22±1.00 ^b	10.00±1.11 ^a	0.0013
3주령	CO ₂	2162.22±116.19 ^a	1164.38±82.96 ^b	<.0001
	NH ₃	39.67±4.44	28.56±3.49	0.0667
4주령	CO ₂	1951.33±253.79 ^a	999.22±65.23 ^b	0.0022
	NH ₃	34.44±4.17 ^a	15.67±1.72 ^b	0.0007

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different (P<0.01).

- 측정치를 종합하여 통계 처리한 결과, 일반농장의 CO₂가 복지농장의 CO₂ 수치 보다 높은 수준 (P<0.01)을 보였다. NH₃는 통계적인 유의차는 없었지만 일반농장에서 더 높은 수치를 나타냈다 (표 2-5-21).

[표 2-5-21] 일반 및 동물복지 농장 내 CO₂, NH₃ 농도 (종합)

Items (ppm)	Treatment		p-value
	Control	Welfare	
CO ₂	1756.37±130.06 ^a	1140.27±45.47 ^b	<.0001
NH ₃	26.11±3.65	18.07±2.00	0.0587

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different (P<0.01).

3. 3차년도 연구 결과

가. 공시축

(1) 돼지

- 3차년도 연구에 이용된 공시축은 돼지(LYD)로 수송 스트레스를 비교하기 위해 수송 후 바로 도축한 처리와 계류 후 도축한 처리로 각 처리당 22두씩 샘플링을 진행하였다. 도축 시 혈액을 채취하여 3,000rpm에서 10분간 원심 분리한 후 상등액(혈청)을 호르몬 분석과 생화학 분석에 이용하였다. 근육 샘플 또한 수송 후 바로 도축한 처리와 계류 후 도축한 처리를 각 12두씩 도축 후 진공 포장하여 냉장 상태로 실험실로 이동하였다. 근육 샘플은 근육 내 Glycogen 함량과 Lactic acid 함량을 분석하기 위해 액체질소로 분쇄 후 분석 전 까지 -80℃에 보관하였다.

(2) 닭

- 본 연구에 이용된 공시축은 2차년도 3차 샘플링 때(2019년 11월 15일~2019년 11월 29일) 2주령 (14일령), 3주령 (21일령), 4주령 (28일령)에 일반농장과 동물복지농장에서 각 처리구당 12수씩 육계의 혈액을 채취하였고, 도계장(정읍)으로 이동하여 일반과 동물복지 육계의 혈액을 각각 12수 씩 채취하였다. 채혈 후 냉장 상태로 실험실로 이동하여 전혈을 생화학 인자 분석에 이용하였다. 근육 샘플은 도계 후 냉장상태로 실험실로 이동하여 근육 내 Glycogen 함량과 L-Lactate 함량 분석을 위해 액체질소로 분쇄 후 -80℃에 보관하였다. 깃털은 2차년도 샘플링 때(2019년 2월 27일~2019년 11월 29일) 일반농장과 동물복지농장 육계의 깃털을 각 처리구당 5수씩 채취하였다. 깃털은 냉장 상태로 실험실로 이동하여 Corticosterone 분석방법 확립 및 분석을 위해 4℃에 보관하였다.

나. 실험 방법

(1) 혈액 내 호르몬 분석

- LC-MS/MS를 이용한 혈액 내 Dopamine, Serotonin, Cortisol, Corticosterone, Epinephrine 및 Norepinephrine 분석
 - 채취한 혈액을 원심분리(3,000rpm, 4℃, 10 min)한 후 상등액(혈청) 100ul에 MeOH 900ul을 첨가하여 잘 섞고, -20℃에서 1시간 보관 후 다시 원심분리하여 상등액을 분주하여 vial에 넣고 LC-MS/MS에 injection하여 분석. 각각의 표준물질은 Sigma (St.

Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였고, Dopamine, Serotonin, Cortisol 및 Corticosterone은 Waters Xevo TQ-S, Epinephrine 및 Norepinephrine은 Agilent 6410B 로 분석하였으며, 분석 조건은 [표 2-5-22]와 같다.

[표 2-5-22] 호르몬 분석 조건

Consist	Conditions	
Mobile phase	A : 0.1% FA in DW B : 0.1% FA in MeOH	A : 0.1% FA in DW B : 0.1% FA in MeOH
Column	Synergi Hydro-RP 4 um, 150 x 2 mm	Synergi Hydro-RP 4 um, 150 x 2 mm
Flow rate	0.2 mL/min,	0.2 mL/min,
Injection volume	5 ul	3 ul
MRM	ESI positive	ESI positive
Gradient program	Time (min) / B (%)	Time (min) / B (%)
	0.0 / 0	0.0 / 0
	1.0 / 0	1.0 / 0
	4.0 / 100	10.0 / 100
	4.5 / 100	11.0 / 100
	5.0 / 0	14.0 / 0
	10.0 / 0	20.0 / 0

LC-MS/MS



Waters Xevo TQ-S



Agilent 6410B

(2) 혈액 내 생화학 인자 분석

○ 전혈 내 pH, glucose, lactate, hematocrit, hemoglobin과 osmolality 분석

- 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Stat Profile CRT (NOVA Biomedical Corp, Waltham, MA, USA)로 pH, glucose, lactate, osmolality, hematocrit, hemoglobin의 항목을 측정. Osmolality는 다음과 같은 수식(the formula; $[1.86Na^{++}(Glucose/18) + (BUN/2.8)+9]$)으로 계산.



[그림 2-5-11] Nova Stat Profile CRT (NOVA Biomedical Corp, USA)

○ 혈청 내 biometabolite 분석

- Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)으로 total protein(T-PRO), albumin(ALB), triglyceride(TG), total cholesterol(T-CHO), high density lipoprotein(HDL), low density lipoprotein(LDL), creatinine (CRE), blood urea nitrogen(BUN), uric acid(UA)의 항목을 측정.

○ 혈청 내 에너지대사 관련 효소 분석

- Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)으로 total magnesium concentration (tMg²⁺), alanine aminotransferase(ALT), aspartate amino- transferase(AST), alkaline phosphatase(ALP), lactate dehydrogenase(LDH), creatinine kinase(CK)의 항목을 측정.



[그림 2-5-12] Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)

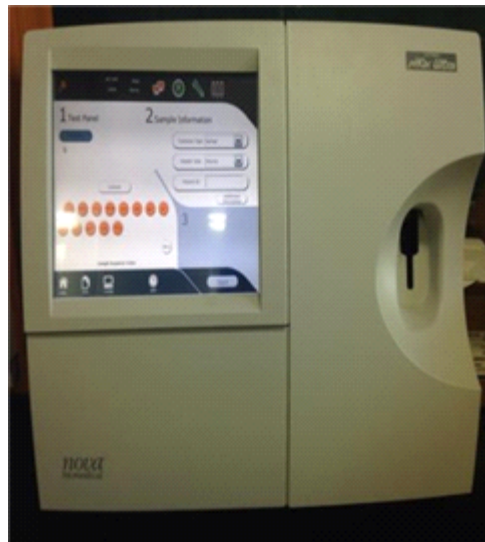
(3) 혈액 내 이온 및 분압 분석

○ 전혈 내 이온 분석

- 측정은 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp, Waltham, MA, USA)로 Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , ionized Mg^{2+} concentration(iMg^{2+}), ratio of Ca^{2+} per iMg^{2+} ($\text{Ca}^{2+}/\text{iMg}^{2+}$), Cl^- , HCO_3^- , standard bicarbonate concentration(SBC), base excess of extracellular fluid(BE-ECF), base excess of blood (BE-B)과 anionic gap[$\text{Na}^+ - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$]의 항목을 측정.

○ 전혈 내 Gas composition 분석

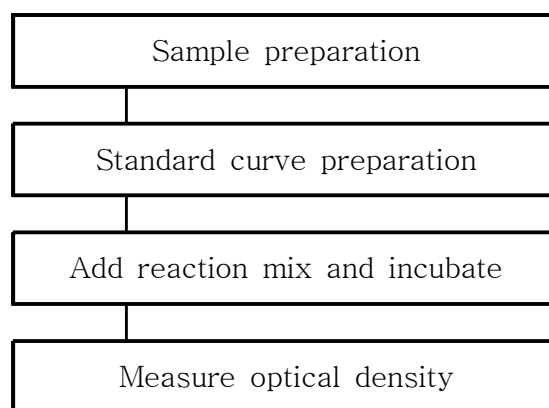
- 측정은 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp, Waltham, MA, USA)로 partial carbon dioxide tension(PCO_2), total carbondioxide(TCO_2), partial oxygen tension(PO_2), oxygen content(o_2ct), oxygen saturation(o_2sat), alveolar oxygen(APO_2), arterial alveolar oxygen tension ratio(a/APO_2), arterial oxygen tension gradient(AaDO_2), partial oxygen tension/fraction of inspired oxygen(PO_2/FI)의 항목을 측정.



[그림 2-5-13] Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp, USA)

(4) 근육 내 스트레스 지표 분석

- 근육 내 스트레스 지표로 glycogen 함량과 lactic acid 함량을 비교 분석하였으며, 분석 방법은 [그림 2-5-14]에 도식화 하였다.
- 근육의 Glycogen 함량 분석
 - Glycogen은 ELISA kit를 이용하여 분석을 실시. 샘플 10 mg을 DW에 넣고 homogenizer로 균질화한 후, 100℃ Water Bath에서 10분간 반응시키고, 원심 분리하여 상층액을 분석에 이용함. 준비된 샘플과 표준시료에 Hydrolysis Buffer를 첨가하여 각 well에 50 ul씩 넣고, Hydrolysis Enzyme Mix 2 uL를 각 표준시료와 샘플이 들어있는 well에 넣고 상온에서 30분 반응시킨 후, Reaction Mix 50 uL를 표준시료와 샘플, Blank가 들어있는 모든 well에 넣고 빛을 차단한 채 상온에서 30분 반응 시키고 570 nm의 파장으로 흡광도를 측정.
- 근육의 L-Lactate 함량 분석
 - L-Lactate는 ELISA kit을 이용하여 분석을 실시. 샘플 10 mg을 Lactate Assay Buffer에 넣고 homogenizer로 균질화한 후, 원심 분리하여 상층액을 분석에 이용함. 준비된 샘플과 시료에 Lactate Assay Buffer를 첨가하여 각 well에 50 ul씩 넣고, Reaction Mix 50 ul를 각 표준시료와 샘플이 들어있는 well에 넣으며, Blank에는 Background Reaction Mix 50 ul를 넣고 상온에서 30분 반응시킨 후 450 nm의 파장으로 흡광도를 측정.



[그림 2-5-14] 근육 내 Glycogen 과 Lactic acid의 ELISA assay 모식도

- 근육의 HSP70 발현정도 분석
 - 육계의 가슴육을 액체질소를 이용하여 분쇄한 후, 분쇄된 조직에 RIPA buffer (Radio

immune precipitation assay buffer)를 넣고 균질화하여 원심분리 (12,000rpm, 4°C, 15min) 하였다. 원심분리 하여 얻은 상등액을 DC kit (Bio-Rad, Hercules, CA, USA)를 이용하여 흡광도 750nm로 측정하여 단백질을 정량하였다. 단백질 정량 후 sample은 12% acrylamide gel에서 전기영동하여 분리하였고, 분리된 단백질은 PVDF (Polyvinylidene fluoride) membrane으로 옮겼다. Membrane을 5% skim milk (in TTBS buffer)로 실온에서 1시간 30분 동안 blocking 한 후, HSP70 (1:1,250, ADI-SPA-820, Enzo, San Diego, CA, USA) 과 GAPDH (1:5,000, sc-47724, Santa Cruz, CA, USA)를 5% Skim milk에 희석하여 4°C에서 Overnight 반응시켰다. TTBS로 membrane을 3번 washing하고, 2차 항체 (mouse)는 1:2,500 으로 5% skim milk에 희석하여 실온에서 1시간 30분동안 반응시켰다. TTBS로 membrane을 3회 washing 후 단백질 발현량을 ECL kit (SuperSignal WestPico Plus, Thermo Fisher, USA)로 반응시킨 후 iBright CL100 Imaging System (Thermo Fisher Scientific, USA)을 사용하여 밴드 값을 확인하였다. 단백질 발현은 GAPDH로 normalizing 하였다.

(5) 농장 내 Gas (CO₂, NH₃) 분석

○ 농장 내 CO₂ 농도 분석

- 농장을 9구획 (전,중,후 및 좌,중,우)으로 나누어 CO₂ 측정 기기 (Telaire 7001 CO₂ Sensor)를 농장 내 바닥에 약 30초간 놓고 측정.



[그림 2-5-15] Telaire 7001 CO₂ Sensor

○ 농장 내 NH₃ 농도 분석

- 농장을 9구획 (전,중,후 및 좌,중,우)으로 나누어 기체 채취기 (GV-100S)에 Ammonia detector tube를 끼우고 닭의 머리 높이에서 농장 내 암모니아 농도 측정.

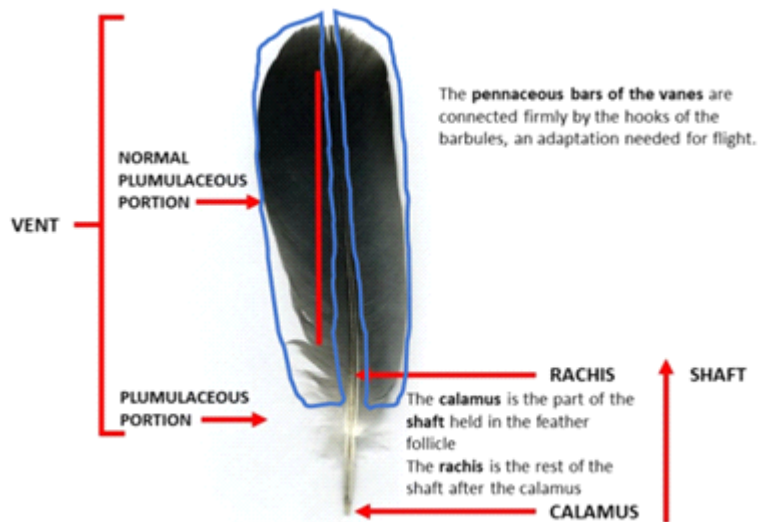


[그림 2-5-16] 기체 채취기 GV-100S (GASTEC Corporation, Japan) 및 Ammonia detector tube 3La (GASTEC Corporation, Japan)

(6) 육계 깃털의 스트레스 호르몬 분석

○ 깃털 내 corticosterone 추출

- 육계 깃털을 채취하여 축(calamus) 부분을 제외한 깃털부분만(파란부분)을 모아 가위로 잘게 다진 후, 100% methanol을 첨가하여(0.15 g feather/ 3 ml methanol) 상온에서 sonication 30 분 진행. 30분 뒤 50°C water bath에서 150 rpm으로 shaking (overnight) 하여 추출함. incubation 후에 원심분리 (2,200 x g, 10 min, 20°C) 하여 상층액을 수거한 뒤, 50°C water bath에 가열하며 흡후드에서 건조시킴. 메탄올을 모두 건조시킨 후, PBS (0.05 M, pH 7.6)를 사용하여 reconstitution 시켜 실험에 활용함.



[그림 2-5-17] 깃털 추출에 사용한 부분(파란선 안쪽)

○ 깃털 내 corticosterone 농도 분석

- corticosterone은 ELISA kit를 사용하여 분석을 진행함. 깃털에서 추출한 시료 100 ul를 취하여 kit의 실험방법에 준하여 실험을 진행하였음. 흡광도는 405 nm의 파장으로 측정하였으며 정밀한 분석을 위해 570, 590 nm 파장에서도 측정하여 차이를 줄여주었음. 표준물질의 범위는 20,000, 4,000, 800, 160, 32 pg/ml이며, 모든 시료의 분석 결과는 표준물질 범위 안에 들어가도록 함.

다. 연구 결과

(1) 돼지

□ 혈액 내 호르몬 농도 분석

- 수송 후 바로 도축한 돼지(Control)와 계류 후 도축한 돼지(Lairage)의 혈액 내 호르몬 농도를 비교한 결과 ([표 2-5-23]), Dopamine과 Serotonin은 모두 행복감과 관련있지만, Dopamine은 Control에서 Serotonin은 Lairage에서 유의하게 높았다 ($P<0.01$). 스트레스 지표로 알려져 있는 Cortisol 및 Corticosterone (설치류, 조류)는 Cortisol은 Lairage에서 유의적으로 높았으며 ($P<0.01$), Corticosterone은 유의한 차이가 없었다. 스트레스를 받으면 증가하는 Epinephrine과 Norepinephrine은 모두 Control에서 높은 함량을 나타냈다 ($P<0.01$).

[표 2-5-23] 수송 스트레스 돼지 혈액 내 호르몬 농도

Items(ug/100ml)	Treatment		P-value
	Control	Lairage	
Dopamine	6.05±0.24 ^a	5.07±0.21 ^b	0.0039
Serotonin	48.15±4.27 ^b	92.35±9.20 ^a	<.0001
Corticosterone	0.81±0.07	1.00±0.10	0.1491
Cortisol	5.03±0.48 ^b	8.52±0.74 ^a	0.0003
Epinephrine	3.69±0.25 ^a	2.46±0.16 ^b	0.0002
Norepinephrine	198.03±5.86 ^a	152.81±5.01 ^b	<.0001

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

Control(n=22), Lairage(n=22)

□ 근육 내 Glycogen 및 L-Lactate 함량 분석

- [표 2-5-24]는 수송 후 바로 도축한 돼지 (Control)와 계류 후 도축한 돼지 (Lairage)의 등심 부위를 채취하여 Glycogen 및 L-Lactate 함량을 분석하여 비교한 결과이다. 분석 결과 스트레스를 받으면 감소하는 Glycogen(P. H. Hemsworth, 2018)은 처리간 유의한 차이를 보이지 않았으며, 스트레스를 받으면 증가하는 L-Lactate 또한 처리구간 유의차가 없었다.

[표 2-5-24] 수송 스트레스 돼지 근육 내 Glycogen 및 L-Lactate 함량

Items	treatment		p-value
	Control	Lairage	
Glycogen (ug/ul)	1.19±0.09	1.07±0.06	0.2682
L-Lactate (umol/mg)	0.20±0.00	0.20±0.00	0.8820

Control(n=12), Lairage(n=12)

(2) 닭

□ 혈액 내 생화학 인자 분석

- 출하 전 주령별 일반 및 동물복지 농장 닭 혈액 생화학 인자 분석

- [표 2-5-25]는 2차년도 3차 sampling의 주령별 일반농장과 동물복지농장 육계의 생화학 인자를 분석한 결과이다. 혈액 내 생화학 인자 중 ALP, TP, T-BIL, ALT, ALB, AST, GLOB는 간 손상에 의해 수치가 변화한다. CREA, BUN, CK은 신장 건강 상태를 나타내는 물질로 스트레스를 받을수록 증가하며, CHOL과 GLU 또한 스트레스를 받으면 증가한다.
- 2주령 육계의 생화학 인자를 분석한 결과(표 2-5-25), 스트레스를 받으면 감소하는 TP는 동물복지농장에서 유의하게 높았으며 ($P<0.01$), 스트레스를 받으면 증가하는 T-BIL과 CHOL은 일반농장에서 높았다 ($P<0.05$). CREA와 GLU는 일반농장에서 유의하게 높았으며 ($P<0.01$), ALB는 동물복지농장에서 유의하게 높았다 ($P<0.05$).
- 3주령 육계의 생화학 인자를 분석한 결과(표 2-5-26), 2주령과 마찬가지로 TP와 ALB는 일반농장에서 유의하게 낮았으며 ($P<0.01$, $P<0.05$), CREA, CHOL, GLU는 일반농장에서 유의하게 높았다 ($P<0.01$). 또한 TG, UA 및 CK도 일반농장에서 높았다 ($P<0.05$).
- 4주령 육계의 생화학 인자를 분석한 결과(표 2-5-27), 2, 3주령 결과와 마찬가지로 TP은 일반농장에서 낮았으며 ($P<0.01$), CREA와 GLU는 일반농장에서 유의하게 높았다 ($P<0.01$). AST와 CK는 일반농장에서 유의하게 높았다 ($P<0.05$, $P<0.01$).

[표 2-5-25] 일반 및 동물복지 육계 혈액 내 생화학 인자 분석 - 2차년도 3차 sampling 2주령

Items	Treatments		P-value
	일반농장	동물복지농장	
ALP(U/l)	3488.33±16.67	3128.57±211.25	0.1515
TP(g/dl)	2.38±0.06 ^b	2.71±0.07 ^a	0.0032
T-BIL(mg/dl)	0.46±0.07 ^A	0.24±0.05 ^B	0.0291
CREA(mg/dl)	0.40±0.03 ^a	0.22±0.03 ^b	0.0018
CHOL(mg/dl)	126.57±10.90 ^A	92.57±3.73 ^B	0.0121
TG(mg/dl)	99.71±19.46	77.43±3.56	0.2819
UA(mg/dl)	7.59±0.22	7.60±0.38	0.9736
ALT(U/l)	16.57±1.60	10.57±2.72	0.0819
ALB(g/dl)	0.83±0.04 ^B	1.11±0.09 ^A	0.0112
BUN(mg/dl)	2.36±0.23	2.40±0.13	0.8718
GLU(mg/dl)	330.00±24.83 ^a	229.14±6.41 ^b	0.0020
AST(U/l)	150.29±14.76	132.57±7.86	0.3102
CK(U/l)	915.71±152.41	614.50±38.50	0.1030
GLOB(mg/dl)	1.56±0.03	1.60±0.03	0.3370

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

^{A-B}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

일반농장(n=7), 동물복지농장(n=7), alkaline phosphate(ALP), total protein(TP), total bilirubin (T-BIL), creatinine(CREA), cholesterol(CHOL), triglyceride(TG), uric acid(UA), alanine aminotransferase(ALT), albumin(ALB), blood urea nitrogen(BUN), glucose(GLU), aspartate aminotransferase(AST), creatine kinase(CK), globlin(GLOB)

[표 2-5-26] 일반 및 동물복지 육계 혈액 내 생화학 인자 분석 - 2차년도 3차 sampling 3주령

Items	Treatments		P-value
	일반농장	동물복지농장	
ALP(U/l)	3428.57±47.38	3085.71±229.31	0.1688
TP(g/dl)	2.50±0.04 ^b	2.83±0.08 ^a	0.0020
T-BIL(mg/dl)	0.59±0.07	0.43±0.03	0.1070
CREA(mg/dl)	0.31±0.02 ^a	0.21±0.01 ^b	0.0018
CHOL(mg/dl)	116.25±4.93 ^a	85.00±4.89 ^b	0.0009
TG(mg/dl)	88.50±11.02 ^A	48.33±6.42 ^B	0.0140
UA(mg/dl)	8.36±0.26 ^a	6.36±0.20 ^b	<.0001
ALT(U/l)	11.00±1.93	13.00±3.08	0.5810
ALB(g/dl)	0.89±0.04 ^B	1.07±0.05 ^A	0.0138
BUN(mg/dl)	2.53±0.24	2.17±0.07	0.2026
GLU(mg/dl)	303.25±12.43 ^a	253.14±8.97 ^b	0.0072
AST(U/l)	204.50±24.07	175.57±31.84	0.4749
CK(U/l)	1942.50±148.08 ^A	1297.50±218.03 ^B	0.0260
GLOB(mg/dl)	1.60±0.02	1.76±0.04	0.0017

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

^{A-B}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

일반농장(n=7), 동물복지농장(n=7), alkaline phosphate(ALP), total protein(TP), total bilirubin (T-BIL), creatinine(CREA), cholesterol(CHOL), triglyceride(TG), uric acid(UA), alanine aminotransferase(ALT), albumin(ALB), blood urea nitrogen(BUN), glucose(GLU), aspartate aminotransferase(AST), creatine kinase(CK), globlin(GLOB)

[표 2-5-27] 일반 및 동물복지 육계 혈액 내 생화학 인자 분석 - 2차년도 3차 sampling 4주령 농장

Items	Treatments		P-value
	일반농장	동물복지농장	
ALP(U/l)	3485.71±14.29	3300.00±144.75	0.2649
TP(g/dl)	2.57±0.06 ^b	3.00±0.08 ^a	0.0005
T-BIL(mg/dl)	0.20±0.04	0.13±0.02	0.1892
CREA(mg/dl)	0.27±0.02 ^a	0.21±0.01 ^b	0.0063
CHOL(mg/dl)	96.00±7.10	99.14±6.56	0.7035
TG(mg/dl)	74.86±11.74	60.86±8.15	0.2110
UA(mg/dl)	7.30±0.76	5.73±0.48	0.0655
ALT(U/l)	9.29±1.87	5.43±0.87	0.0628
ALB(g/dl)	0.77±0.04	0.86±0.07	0.2294
BUN(mg/dl)	2.50±0.18	2.14±0.07	0.0522
GLU(mg/dl)	293.43±11.36 ^a	226.00±9.63 ^b	0.0023
AST(U/l)	220.43±26.75 ^A	134.14±23.21 ^B	0.0288
CK(U/l)	2004.29±178.95 ^a	913.86±193.25 ^b	0.0052
GLOB(mg/dl)	1.80±0.03 ^b	2.14±0.04 ^a	<.0001

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

^{A-B}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

일반농장(n=7), 동물복지농장(n=7), alkaline phosphate(ALP), total protein(TP), total bilirubin (T-BIL), creatinine(CREA), cholesterol(CHOL), triglyceride(TG), uric acid(UA), alanine aminotransferase(ALT), albumin(ALB), blood urea nitrogen(BUN), glucose(GLU), aspartate aminotransferase(AST), creatine kinase(CK), globlin(GLOB)

□ 출하 후 닭 혈액 내 호르몬 농도 분석

- [표 2-5-28]은 출하 후 일반 및 동물복지농장 육계의 혈액 내 생화학 인자를 분석한 결과이며 수송 스트레스에 의한 변화를 확인하고자 하였다. 수송 후에, 스트레스를 받으면 증가하는 CREA, CHOL, GLU는 일반농장에서 유의하게 높았다 ($P<0.01$). TG와 UA은 동물복지농장에서 유의하게 높았다 ($P<0.01$).

[표 2-5-28] 일반 및 동물복지 육계 혈액 내 생화학 인자 분석 - 2차년도 3차 sampling 4주령 도축장

Items	Treatments		P-value
	일반농장	동물복지농장	
ALP(U/l)	3485.71±14.29	3250.00±196.21	0.2193
TP(g/dl)	3.14±0.08	3.29±0.09	0.2349
T-BIL(mg/dl)	0.29±0.05	0.21±0.06	0.3504
CREA(mg/dl)	0.27±0.02 ^a	0.15±0.01 ^b	0.0002
CHOL(mg/dl)	123.75±4.47 ^a	87.86±4.56 ^b	<.0001
TG(mg/dl)	70.88±6.93 ^a	39.00±2.91 ^b	0.0014
UA(mg/dl)	9.30±0.34 ^a	7.40±0.42 ^b	0.0035
ALT(U/l)	9.88±2.17	6.71±1.19	0.2418
ALB(g/dl)	1.03±0.05	1.10±0.04	0.2802
BUN(mg/dl)	1.90±0.08 ^a	1.62±0.04 ^b	0.0285
GLU(mg/dl)	296.38±12.77 ^a	189.57±17.97 ^b	0.0003
AST(U/l)	228.25±29.98	165.57±23.83	0.1329
CK(U/l)	-	-	-
GLOB(mg/dl)	2.10±0.05	2.17±0.05	0.3594

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

일반농장(n=7), 동물복지농장(n=7), alkaline phosphate(ALP), total protein(TP), total bilirubin (T-BIL), creatinine(CREA), cholesterol(CHOL), triglyceride(TG), uric acid(UA), alanine aminotransferase(ALT), albumin(ALB), blood urea nitrogen(BUN), glucose(GLU), aspartate aminotransferase(AST), creatine kinase(CK), globlin(GLOB)

□ 주령별 혈액 내 Gas 분압 분석

- 일반 및 동물복지농장의 주령별 혈액 내 PCO₂와 PO₂를 분석한 결과 (표 2-5-29), 농장 내 CO₂ 농도가 높아지면 증가하는 PCO₂는 2주령과 4주령에서는 일반농장에서 유의하게 높았으며 ($P<0.01$), 3주령은 처리간 유의한 차이가 없었다. 스트레스를 받으면 감소하는 PO₂는 2주령에서는 유의한 차이가 없었으며, 3주령에는 일반농장에서 높았으며 ($P<0.01$), 4주령에는 동물복지농장에서 유의적으로 높게 나타났다 ($P<0.01$).

[표 2-5-29] 일반 및 동물복지농장의 주령별 닭 혈액 내 Gas 분압 - 2차년도 3차 sampling

Weeks	Items (ppm)	Treatments		P-value
		일반농장	동물복지농장	
2주령	PCO ₂	48.11±1.06 ^a	41.72±0.98 ^b	0.0003
	PO ₂	93.70±7.44	79.91±5.88	0.1585
3주령	PCO ₂	47.38±0.34	49.16±1.18	0.1598
	PO ₂	44±50.21 ^a	26.58±3.17 ^b	0.0092
4주령	PCO ₂	48.38±1.2 ^a	42.03±0.62 ^b	0.0001
	PO ₂	55.5±2.78 ^b	81.67±1.02 ^a	<.0001

^{a-b}Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.01$).

일반농장(n=12), 동물복지농장(n=12), partial carbon dioxide tension(PCO₂), partial oxygen tension(PO₂)

□ 근육 내 Glycogen 및 L-Lactate 함량 분석

- [표 2-5-30]은 일반 및 동물복지농장에서 사육된 닭의 가슴육을 채취하여 Glycogen 및 L-Lactate 함량을 분석하여 비교한 결과이다. 분석 결과 스트레스를 받으면 감소하는 Glycogen (P. H. Hemsworth, 2018)과 스트레스를 받으면 증가하는 L-Lactate는 일반 및 동물복지 농장에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

[표 2-5-30] 일반 및 동물복지농장의 닭 근육 내 Glycogen 및 L-Lactate 함량 - 2차년도 3차 sampling

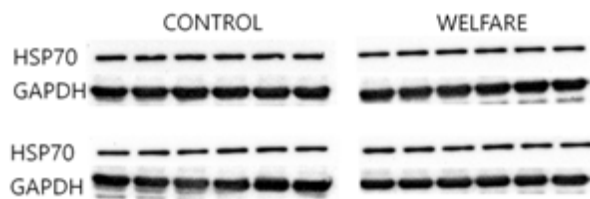
Items	Treatments		P-value
	일반농장	동물복지농장	
Glycogen(ug/mg)	2.46±0.44	2.58±0.59	0.7972
L-Lactate(nmol/mg)	0.42±0.01	0.38±0.01	0.5008

일반농장(n=10), 동물복지농장(n=10)

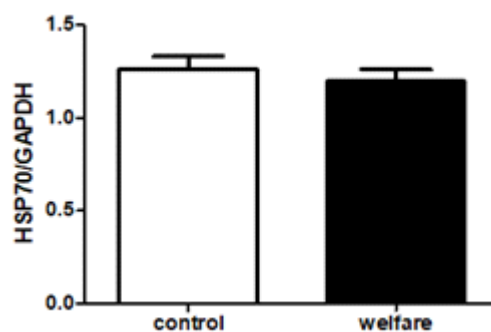
□ 일반 및 동물복지농장의 닭 근육 내 HSP70 단백질 발현

- [그림 2-5-18]은 일반 및 동물복지농장 육계 근육에서 HSP70 발현정도를 western blot 으로 분석한 결과이다. Western Blot 결과 HSP70 발현정도는 일반농장과 동물복지농장 간의 유의적인 차이가 없었다.

a.



b.



[그림 2-5-18] 일반 및 동물복지농장 육계 근육 내 HSP70 단백질 발현정도

일반농장(control, n=10), 동물복지농장(welfare, n=10).

a. protein expression pattern bands, b. protein expression level

□ 일반 및 동물복지농장 내 주령별 농장 내 Gas 농도 분석

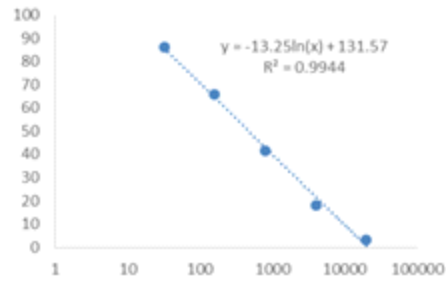
- [표 2-5-31]은 일반 및 동물복지 농장의 육계 주령별 CO₂ 및 NH₃ 농도를 분석한 결과이다. 농장 내 CO₂와 NH₃는 사육밀도가 증가함에 따라서 증가하는데, CO₂는 2주령에서는 유의한 차이가 없었으나 3, 4주령에서는 일반농장에서 유의하게 높았다(P<0.01). NH₃는 2-4주령 모두 일반농장에서 유의적으로 높았다(P<0.01).

[표 2-5-31] 일반 및 동물복지농장의 주령별 CO₂ 및 NH₃ 농도

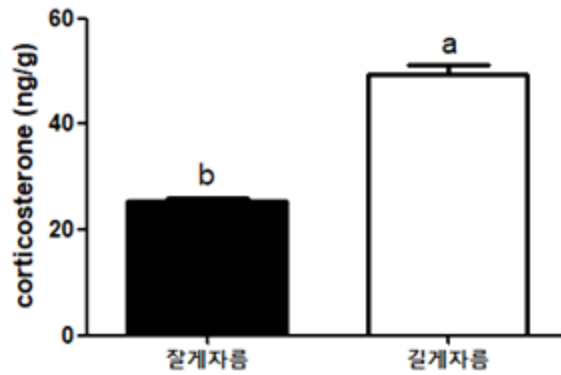
Weeks	Items (ppm)	Treatment		P-value
		일반농장	동물복지농장	
2주령	CO ₂	2420.11±138.01	2499.89±104.00	0.6506
	NH ₃	12.56±1.80 ^a	5.67±1.24 ^b	0.0062
3주령	CO ₂	2369.44±152.95 ^a	1399.78±121.78 ^b	0.0001
	NH ₃	27.44±3.51 ^a	9.00±0.76 ^b	0.0001
4주령	CO ₂	3893.67±226.78 ^a	1857.38±103.50 ^b	<.0001
	NH ₃	57.33±1.91 ^a	11.67±1.56 ^b	<.0001

□ 육계 깃털 내 corticosterone 농도 분석

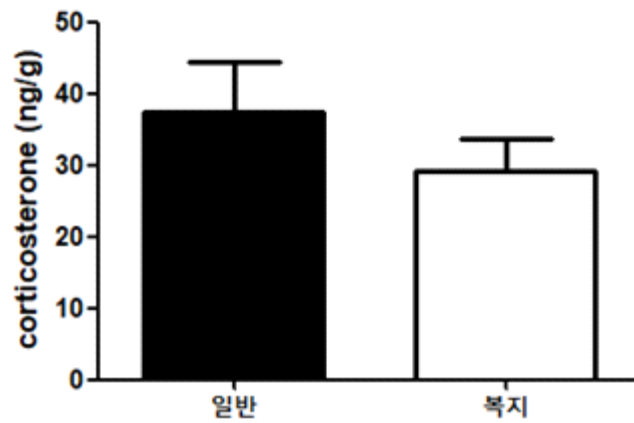
- 깃털 내 corticosterone 분석 방법을 확립하기 위하여 corticosterone ELISA kit를 사용하였으며, [그림 2-5-19]에 표준곡선을 제시하였다. 표준곡선의 R² 값은 0.9944로, 높은 정확성을 확인하였다.
- 깃털 추출물 100ul를 ELISA kit로 분석하였으며, 샘플 추출방법 확립을 위한 분석결과는 [그림 2-5-20]에, 일반 및 동물복지 농장의 비교분석을 위한 결과는 [그림 2-5-21]에 나타내었다.
- [그림 2-5-20] 은 깃털 내 corticosterone 분석 방법의 확립 및 최적화를 위하여, 깃털의 분쇄 사이즈에 따라 corticosterone 함량을 비교분석한 결과이며, 짧게 자른 깃털에 비해 길게 자른 깃털에서 유의적으로 높게 측정되었다. 적은 반복을 통한 실험 결과이기 때문에 실험의 반복을 늘려서 재검증이 필요한 부분이지만, 깃털 내 corticosterone 분석 시 깃털 다지는 시간을 축소할 수 있을 것으로 판단되었다.
- [그림 2-5-21] 은 일반농장과 동물복지농장 육계의 깃털 내 corticosterone의 함량을 측정된 결과로, 유의적이지는 않지만 일반농장에서 동물복지농장보다 높은 수치로 나타났다. 분석 결과는 본 실험방법을 확립하기 위하여 반복수가 적었기 때문에 유의성이 나타나지 않은 것으로 판단 되므로, 추후 더 많은 개체수의 샘플을 사용하여 재분석을 진행할 예정이다.



[그림 2-5-19] corticosterone 표준 곡선



[그림 2-5-20] 추출시 깃털 사이즈에 따른 corticosterone 농도 분석



[그림 2-5-21] 일반 및 동물복지 농장의 깃털 내 corticosterone 농도 분석

4. 4차년도 연구 결과

가. 공시축

(1) 돼지

- 1,2차년도에 이용된 공시축은 일반농장과 동물복지 농장에서 사육된 삼원 교잡종 (Landrace×Yorkshire×Duroc, LYD)으로 각 농장당 32두씩 샘플링을 진행하였다. 3,4차년도에는 수송 스트레스를 비교하기 위하여 동물복지농장에서 사육된 동물복지 돼지(LYD)를 동물복지 표준 도축방법에 따라 일반도축과 계류시간 추가 처리구로 나누어 각각 44두씩 샘플링을 진행하였다. 도축 시 혈액을 채취하여 3,000rpm에서 10분간 원심 분리한 후 상등액(혈청)을 호르몬분석과 생화학 분석에 이용하였다. 근육 샘플은 도축 후 진공 포장하여 냉장 상태로 실험실로 이동하였다. 근육 샘플은 근육 내 Glycogen, Lactic acid 함량 및 HSP70 발현양 분석을 위해 액체질소로 분쇄 후 분석 전까지 -80℃에 보관하였다.

(2) 닭

- 본 연구에 이용된 공시축은 일반농장과 동물복지농장에서 각각 처리구당 130수 씩 채취하여, 채혈 후 냉장 상태로 실험실로 이동하여, 4℃, 3,000rpm에서 10분간 원심 분리한 후 상등액(혈청)을 생화학 분석, 호르몬 분석, Corticosterone 분석에 이용하였다. 일반농장과 동물복지농장에서 각각 95개의 근육 샘플은 도계 후 냉장 상태로 실험실로 이동하여 Glycogen, Lactic acid 함량 및 HSP70 발현량 분석을 위해 액체질소로 분쇄 후 분석 전까지 -80℃에 보관하였다.

나. 실험 방법

(1) 혈액 내 호르몬 분석

(가) LC-MS/MS를 이용한 혈액 내 Dopamine, Serotonin, Cortisol(돼지), Corticosterone(닭), Epinephrine 및 Norepinephrine 분석

- 채취한 혈액을 원심분리 (3,000rpm, 4℃, 10min)한 후 상등액(혈장) 100ul에 MeOH 900ul를 첨가하여 잘 섞고, -20℃에서 1시간 보관 후 다시 원심분리하여 상등액을 분주하여 vial에 넣고 LC-MS/MS에 injection하여 분석. 각각의 표준물질은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였고, Dopamine, Serotonin, Cortisol(돼지) 및 Corticosterone(닭)은 Waters Xevo TQ-S, Epinephrine 및 Norepinephrine은 Agilent 6410B로 분석하였으며, 분석 조건은 [표 2-5-32]와 같다.

[표 2-5-32] 호르몬 분석 조건

Consist	Conditions	
Mobile phase	A : 0.1% FA in DW B : 0.1% FA in MeOH	A : 0.1% FA in DW B : 0.1% FA in MeOH
Column	Synergi Hydro-RP 4 um, 150 x 2 mm	Synergi Hydro-RP 4 um, 150 x 2 mm
Flow rate	0.2 mL/min,	0.2 mL/min,
Injection volume	5 ul	3 ul
MRM	ESI positive	ESI positive
Gradient program	Time (min) / B (%)	Time (min) / B (%)
	0.0 / 0	0.0 / 0
	1.0 / 0	1.0 / 0
	4.0 / 100	10.0 / 100
	4.5 / 100	11.0 / 100
	5.0 / 0	14.0 / 0
	10.0 / 0	20.0 / 0

LC-MS/MS



Waters Xevo TQ-S



Agilent 6410B

(2) 혈액 내 생화학 인자 분석

(가) 전혈 내 pH, glucose, lactate, hematocrit, hemoglobin과 osmolality 분석

- 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Stat Profile CRT (NOVA Biomedical Corp, Waltham, MA, USA)로 pH, glucose, lactate, osmolality, hematocrit, hemoglobin의 항목을 측정하였다. Osmolality는 다음과 같은 수식(the formula; $[1.86Na^{++}(Glucose/18) + (BUN/2.8)+9]$)으로 계산하였다.



[그림 2-5-22] Nova Stat Profile CRT (NOVA Biomedical Corp, USA)

(나) 혈장 내 biometabolite 분석

- Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)으로 total protein(T-PRO), albumin(ALB), triglyceride(TG), total cholesterol(T-CHO), high density lipoprotein(HDL), low density lipoprotein(LDL), creatinine (CRE), blood urea nitrogen(BUN), uric acid(UA)의 항목을 측정하였다.

(다) 혈장 내 에너지대사 관련 효소 분석

- Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)으로 total magnesium concentration (tMg²⁺), alanine aminotransferase(ALT), aspartate amino- transferase(AST), alkaline phosphatase(ALP), lactate dehydrogenase(LDH), creatinine kinase(CK)의 항목을 측정하였다.



[그림 2-5-23] Hitachi 2070(Hitachi, Tokyo, Japan)

(3) 혈액 내 이온 및 분압 분석

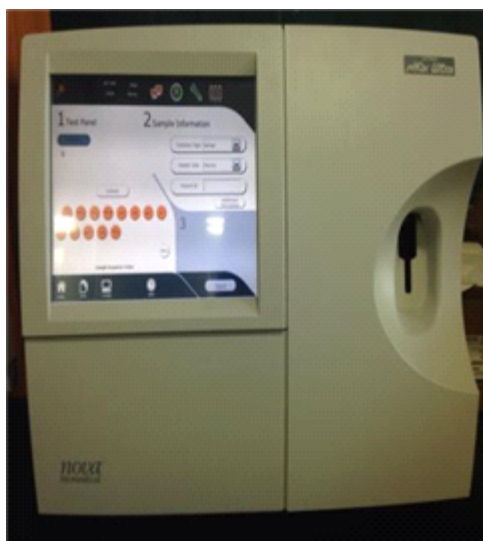
(가) 전혈 내 이온 분석

- 측정은 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp,

Waltham, MA, USA)로 Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , ionized Mg^{2+} concentration(iMg^{2+}), ratio of Ca^{2+} per iMg^{2+} ($\text{Ca}^{2+}/\text{iMg}^{2+}$), Cl^- , HCO_3^- , standard bicarbonate concentration(SBC), base excess of extracellular fluid(BE-ECF), base excess of blood (BE-B)과 anionic gap[$\text{Na}^+ - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$]의 항목을 측정하였다.

(나) 전혈 내 Gas composition 분석

- 측정은 채혈 직후에 즉시 실시하고 Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp, Waltham, MA, USA)로 partial carbon dioxide tension(PCO_2), total carbondioxide(TCO_2), partial oxygen tension(PO_2), oxygen content(o_2ct), oxygen saturation(o_2sat), alveolar oxygen(APO_2), arterial alveolar oxygen tension ratio(a/APO_2), arterial oxygen tension gradient(AaDO_2), partial oxygen tension/fraction of inspired oxygen(PO_2/FI)의 항목을 측정하였다.



[그림 2-5-24] Nova Profile pHox Ultra (NOVA Biomedical Corp, USA)

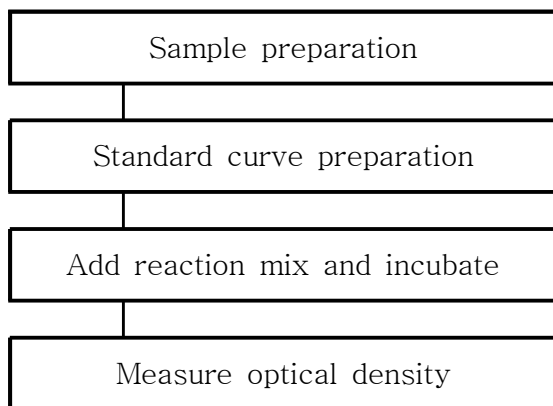
(4) 근육 내 스트레스 지표 분석

(가) 근육 내 Glycogen 함량 분석

- Glycogen은 ELISA kit을 이용하여 분석을 실시. 샘플 10mg을 DW에 넣고 homogenizer로 균질화한 후, 100°C Water Bath에서 10분간 반응시키고, 원심분리하여 상층액을 분석에 이용하였다. 준비된 샘플과 표준시료에 Hydrolysis Buffer를 첨가하여 각 well에 50uL씩 넣고, Hydrolysis Enzyme Mix 2uL를 각 표준시료와 샘플이 들어있는 well에 넣고 상온에서 30분 반응시킨 후, Reaction Mix 50uL를 표준시료와 샘플, Blank가 들어있는 모든 well에 넣고 빛을 차단한 채 상온에서 30분 반응 시키고 570nm의 파장으로 흡광도를 측정하였다.

(나) 근육 내 Lactic acid 함량 분석

- Lactic acid는 ELISA kit 및 HPLC를 이용하여 분석을 실시. ELISA kit 분석은 샘플 10mg을 Lactate Assay Buffer에 넣고 homogenizer로 균질화한 후, 원심분리하여 상층액을 분석에 이용하였다. 준비된 샘플과 시료에 Lactate Assay Buffer를 첨가하여 각 well에 50uL씩 넣고, Reaction Mix 50uL를 각 표준시료와 샘플이 들어있는 well에 넣으며, Blank에는 Background Reaction Mix 50uL를 넣고 상온에서 30분 반응 시킨 후 450nm의 파장으로 흡광도를 측정하였다. HPLC는 샘플 3mg에 27ml의 DW에 넣고 homogenizer로 균질화한 후, 3000 xg에서 10분간 원심분리하고 상등액 1mL을 분주하였다. 상등액 1mL에 0.5N perchloric acid 2mL을 넣고 상온에서 5분 동안 샘플을 탈 단백질화 하였다. 샘플을 12,000 xg에서 10분 동안 원심분리한 후, 상등액을 분주하여 0.45 µm 필터로 필터링 후 분석에 이용하였으며, 분석조건은 [표 2-5-33]과 같다.



[그림 2-5-25] 근육 내 Glycogen 과 Lactic acid의 ELISA assay 모식도

[표 2-5-33] Lactic acid 분석 조건

Consist	Conditions		
Mobile phase	A : 0.2% Phosphoric acid in DW B : 100% Acetonitrile		
Column	CacpellPAK MGII C18 4.6 x 250 mm, 5 µm		
Column temp.	30°C		
Flow rate	0.6 mL/min,		
Injection volume	5 ul		
Detection	PDA (220 nm)		
Gradient program	Time	B%	A%
	Int.	0%	100%
	20	0%	100%
	27	70%	30%
	28	0%	100%
40	0%	100%	
HPLC	Sheseido nanospace S1-2 HPLC		

(다) 근육 내 HSP70 Protein 함량 분석

- 샘플에 RIPA buffer (Radio immune precipitation assay buffer)를 넣고 균질화하여 원심분리 (12,000rpm, 4°C, 15min) 하였다. 원심분리 하여 얻은 상등액을 DC kit (Bio-Rad, Hercules, CA, USA)를 이용하여 750nm의 파장으로 측정하여 단백질을 정량하였다. 단백질 정량 후 sample은 12% acrylamide gel에서 전기영동하여 분리하였고, 분리된 단백질은 PVDF (Polyvinylidene fluoride) membrane으로 옮겼다. Membrane을 5% skim milk (in TBST buffer)로 실온에서 1시간 30분 동안 blocking 한 후, HSP70 (1:1250, ADI-SPA-820, Enzo, San Diego, CA, USA) 과 GAPDH (1:5000, sc-47724, Santa Cruz, CA, USA)를 5% Skim milk에 희석하여 4°C에서 Overnight 반응시켰다. TBST로 membrane을 3번 washing하고, 2차 항체 (mouse)는 1:2500 으로 5% skim milk에 희석하여 실온에서 1시간 30분동안 반응시켰다. TBST로 membrane을 3회 washing 후 단백질 발현량을 ECL kit (SuperSignal WestPico Plus, Thermo Fisher, USA)로 반응시킨 후 iBright CL100 Imaging System (Thermo Fisher Scientific, USA)을 사용하여 밴드 값을 확인하였다. 단백질 발현은 GAPDH로 normalizing 하였다.

(라) 근육 내 HSP70 mRNA 함량 분석

- 근육 내 Total RNA는 Accuzol total nucleic acid extraction kit (Bioneer, Daejeon, Korea)를 이용해 제조업체의 지침에 따라 추출하였다. Total RNA의 농도는 Nanodrop spectrometer (Thermo Fisher Scientific, San Jose, CA, USA)를 사용하여 정량하였다. cDNA합성은 cDNA synthesis kit (Bioneer, Daejeon, Korea)를 사용하여 수행하였다. 1 µL의 cDNA, 프라이머 및 AMPIGENE® qPCR Green Mix (Enzo, San Diego, CA, USA)는 제조업체의 지침에 따라 총 20 µL를 사용하여 CFX96™ Real-Time PCR system (Bio-Rad, Hercules, CA, USA)으로 Real-time qPCR을 수행하였다. 모든 데이터는 GAPDH로 Normalizing 하였으며 $2^{-\Delta\Delta CT}$ 방법을 사용하여 계산하였다.

(5) 농장 내 Gas (CO₂,NH₃) 분석

(가) 농장 내 CO₂ 농도 분석

- 농장을 9 구획 (전,중,후 및 좌,중,우)으로 나누어 CO₂ 측정 기기 (Telaire 7001 CO₂ Sensor)를 농장 내 바닥에 약 30초간 놓고 측정.



[그림 2-5-26] Telaire 7001 CO2 Sensor

(나) 농장 내 NH₃ 농도 분석

- 농장을 9 구역 (전,중,후 및 좌,중,우)으로 나누어 기체 채취기 (GV-100S)에 Ammonia detector tube를 끼우고 닭의 머리 높이에서 농장 내 암모니아 농도 측정.

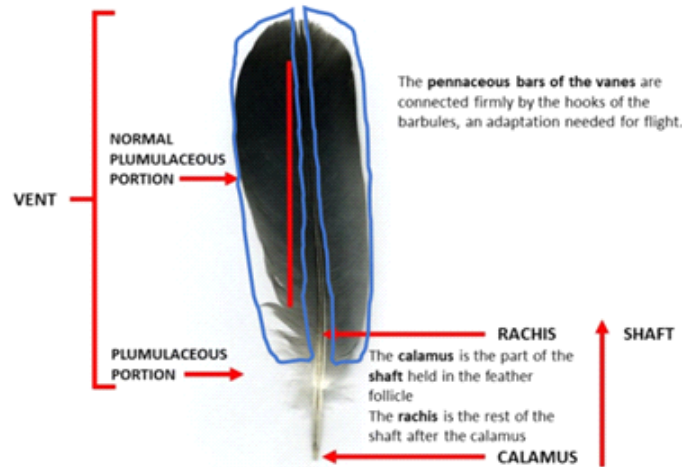


[그림 2-5-27] 기체 채취기 GV-100S (GASTEC Corporation, Japan) 및 Ammonia detector tube 3La (GASTEC Corporation, Japan)

(6) 육계 깃털 내 스트레스에 대한 바이오마커 분석

(가) 깃털 내 Corticosterone 추출

- 육계 깃털을 채취하여 축(calamus) 부분을 제외한 깃털부분만(파란부분)을 모아 가위로 잘게 다진 후, 100% methanol을 첨가하여(0.15 g feather/ 3 ml methanol) 상온에서 sonication 30 분 진행. 30분 뒤 50°C water bath에서 150 rpm으로 shaking (overnight) 하여 추출함. incubation 후에 원심분리 (2,200 x g, 10 min, 20°C) 하여 상층액을 수거한 뒤, 50°C water bath에 가열하며 흡후드에서 건조시킴. 메탄올을 모두 건조시킨 후, PBS (0.05 M, pH 7.6)를 사용하여 reconstitution 시켜 실험에 활용함.



[그림 2-5-28] 깃털 추출에 사용한 부분(파란선 안쪽)

(나) 깃털 내 Corticosterone 분석

- Corticosterone은 ELISA kit를 사용하여 분석을 진행함. 깃털에서 추출한 시료 100 ul를 취하여 kit의 실험방법에 준하여 실험을 진행하였음. 흡광도는 405 nm의 파장으로 측정하였으며 정밀한 분석을 위해 570, 590 nm 파장에서도 측정하여 차이를 줄여주었음. 표준물질의 범위는 20,000, 4,000, 800, 160, 32 pg/ml이며, 모든 시료의 분석 결과는 표준물질 범위 안에 들어가도록 함.

(다) 농장별 깃털 내 HSP70 Protein 함량 분석

- 샘플에 RIPA buffer (Radio immune precipitation assay buffer)를 넣고 균질화하여 원심분리 (12,000rpm, 4°C, 15min) 하였다. 원심분리 하여 얻은 상등액을 DC kit (Bio-Rad, Hercules, CA, USA)를 이용하여 750nm의 파장으로 측정하여 단백질을 정량하였다. 단백질 정량 후 sample은 10% acrylamide gel에서 전기영동하여 분리하였고, 분리된 단백질은 PVDF (Polyvinylidene fluoride) membrane으로 옮겼다. Membrane을 5% skim milk (in TBST buffer)로 실온에서 1시간 30분 동안 blocking 한 후, HSP70 (1:1250, ADI-SPA-820, Enzo, San Diego, CA, USA) 과 GAPDH (1:5000, sc-47724, Santa Cruz, CA, USA)를 3% Skim milk에 희석하여 4°C에서 Overnight 반응시켰다. TBST로 membrane을 3번 washing하고, 2차 항체 (mouse)는 5% skim milk에 1차 항체의 2배로 희석하여 실온에서 1시간 30분동안 반응시켰다. TBST로 membrane을 3회 washing 후 단백질 발현량을 확인하기 위해 ECL kit (SuperSignal WestPico Plus, Thermo Fisher, USA)로 반응시킨 후 iBright CL100 Imaging System (Thermo Fisher Scientific, USA)을 사용하여 밴드 값을 확인하였다. GAPDH는 단백질 발현을 normalizing하기 위해 사용하였다.

다. 연구 결과

(1) 돼지

(가) 1,2차년도 결과

① 혈액 내 호르몬 농도 분석

- 일반농장과 동물복지 농장 돼지의 혈액 내 호르몬 농도를 분석한 결과(표 2-5-34) Dopamine은 농장 간에 유의한 차이가 없었으나, Serotonin은 일반농장에서 높은 함량을 나타냈다($P < 0.01$). 행복감과 관련된 호르몬인 Dopamine 행복감을 느끼는 상황에서 증가하고, 지속적인 스트레스를 받은 경우에 감소하는 호르몬이다(Stefano Puglisi-Allegra et al. 1991). Dopamine과 함께 대표적인 행복 호르몬의 하나로 알려져 있는 Serotonin (Yeates, J. W et al. 2008)은 행복을 느끼는 호르몬이 아닌 감정을 안정적인 상태로 유지해주는 호르몬이다. Serotonin이 감소하면 우울증이나 포만감을 느끼지 못하는 등의 증상을 보이지만, 과잉 증가할 때도 초조, 불안, 근육 경직 등의 증상을 나타내며 만성 스트레스를 받으면 증가한다고 알려져 있다. 본 연구 결과, 일반농장의 돼지들이 만성 스트레스를 받아 Serotonin이 증가하였다고 사료된다.
- 본 연구 결과, 혈액 내 Cortisol은 두 농장 간 유의적인 차이가 없었다. Cortisol은 스트레스를 받으면 시상하부 뇌하수체 축이 활성화되어 부신피질에서 분비량이 증가한다(Tiffanie et al. 1998). 그러나 동일한 스트레스 요인에 반복적으로 노출되면 스트레스에 대한 반응성이 감소하여 Cortisol의 분비량에 변화가 없을 수 있다(Pitman et al. 1988). 따라서 일반농장에서 환경에 의한 차이에 의한 만성 스트레스로 인해 두 농장 간 혈액 내 Cortisol이 유의차를 보이지 않았을 수 있다.
- Epinephrine과 유사한 구조를 가지고 있는 Norepinephrine은 지속적인 긴장과 불안이 유발되는 만성 스트레스 상황에서 증가하는 호르몬이다(Albert Adell et al. 1988, Kevin et al. 1981). 1,2차년도 종합 결과, Epinephrine과 Norepinephrine은 두 농장 간 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

[표 2-5-34] 일반 및 동물복지 돼지 혈액 내 Dopamine, Serotonin, Cortisol, Epinephrine 및 Norepinephrine 함량 ($\mu\text{g/ml}$)

Items ($\mu\text{g/ml}$)	Treatment		P-value
	일반농장	동물복지농장	
Dopamine	0.086 \pm 0.013	0.102 \pm 0.013	0.3992
Serotonin	1.892 \pm 0.186**	0.952 \pm 0.106	<.0001
Cortisol	0.046 \pm 0.006	0.060 \pm 0.008	0.1799
Epinephrine	0.053 \pm 0.013	0.042 \pm 0.011	0.4924
Norepinephrine	1.643 \pm 0.257	1.451 \pm 0.160	0.5276

일반농장(n=32), 동물복지농장(n=32). Values are presented as the mean \pm SE, Significant differences are indicated by ** $P < 0.01$.

② 혈액 내 생화학 인자 분석

- 스트레스에 의해 시상하부-뇌하수체-부신 축이 활성화 되면 Glucocorticoid와 catecholamine이 증가하고, 이는 간의 염증반응을 촉진시켜 간 질환을 유발한다(Chida et al. 2006). 혈액 내 생화학 인자 중 AST, ALT, ALP, TP, T-BIL, A/G ratio, ALB 및 GLOB는 간 기능과 영양 상태를 간접적으로 나타내는 물질이다(Kim, 2009). 1, 2차년도 일반농장과 동물복지농장에서 사육된 돼지의 혈액 내 생화학 인자 분석 결과 A/G ratio, ALB 및 AST가 두 처리구 간 유의한 차이를 보였다. A/G ratio와 ALB는 간 손상과 체내 단백질 대사 이상의 지표로 사용되며 특히 혈액 내 ALB수치의 감소는 급·만성 염증 및 간 질환 등의 의의를 가진다(Cho and Oh, 2013). AST는 간 또는 심장이 손상되거나 스트레스를 받게 되면 농도가 증가하는 인자이다(Kim et al. 2015). 본 연구 결과, 일반농장에서 A/G ratio와 ALB는 유의적으로 낮은 수치를 보였으며 (P<0.01), AST는 높은 수치를 보였다(P<0.05). 따라서 일반농장의 돼지가 미흡한 동물복지로 인하여 유발된 스트레스에 의해 간 기능과 영양 상태에 손상을 입은 것으로 판단된다.
- CREA, BUN 및 CK는 신장 기능 상태를 나타내는 인자이다(Cho and Oh, 2013). 혈액 내 신장 기능 인자 분석 결과, CREA 및 CK는 두 농장간 유의적인 차이는 없었으며, BUN은 일반농장에서 유의적으로 높은 함량을 보였다. BUN은 단백질 대사의 최종 산물로(Chu et al. 2007), Sutherland 등(2010)은 돼지가 고도로 밀집된 공간에서 발생한 스트레스에 반응하여 혈액 내 BUN농도가 증가되었다고 보고하였다. 따라서 동물복지농장보다 밀집된 공간에서 사육된 일반농장의 돼지의 BUN농도가 증가하였을 것이라고 사료된다.

[표 2-5-35] 일반 및 동물복지 돼지 혈액 내 생화학 인자 분석

Items	Treatment		P-value
	일반농장	동물복지농장	
ALP(U/l)	109.100±9.380	121.600±13.580	0.4586
TP(g/dl)	6.480±0.240	6.110±0.130	0.1830
T-BIL(mg/dl)	0.120±0.010	0.100±0.010	0.1541
CREA(mg/dl)	1.480±0.070	1.500±0.040	0.8189
CHOL(mg/dl)	85.500±3.370	92.700±10.210	0.5117
A/G Ratio	1.080±0.080	2.120±0.150**	<.0001
TG(mg/dl)	41.400±2.410	40.900±2.320	0.8829
UA(mg/dl)	0.210±0.040	0.160±0.020	0.2409
ALT(U/l)	44.400±4.600	40.670±2.670	0.5044
ALB(g/dl)	3.340±0.170	4.120±0.140**	0.0027
BUN(mg/dl)	13.500±1.20*	10.050±0.880	0.0324
GLU(mg/dl)	97.100±5.360	87.600±3.830	0.1663
AST(U/l)	91.900±18.040*	42.600±4.670	0.0241
GLOB	3.140±0.150	2.400±0.410	0.1080
CK(U/l)	3683.500±576.250	2461.100±476.520	0.1195

일반농장(n=22), 동물복지농장(n=22), alkaline phosphate(ALP), total protein(TP), total bilirubin (T-bil), creatinine(CREA), cholesterol(CHOL), albumin-globulin ratio(A/B Ratio), triglyceride(TG), uric acid(UA), alanine aminotransferase(ALT), albumin(ALB), blood urea nitrogen(BUN), glucose(GLU), aspartate aminotransferase(AST), globlin(GLOB), creatine kinase(CK), Values are presented as the mean ± SE, Significant differences are indicated by * P<0.05 and ** P<0.01.

③ 근육 내 Glycogen 함량 분석

- [표 2-5-36]은 일반농장과 동물복지 농장에서 사육된 돼지의 등심 부위를 채취하여 Glycogen 함량을 분석한 결과이다. 분석 결과, 스트레스를 받으면 감소하는 Glycogen (P. H. Hemsworth, 2018) 은 일반농장이 동물복지 농장보다 유의적으로 낮은 함량을 나타냈다 (P<0.05).

[표 2-5-36] 일반 및 동물복지 돼지 근육 내 Glycogen 함량 비교

Item (ug/mL)	Treatment		p-value
	일반농장	동물복지농장	
Glycogen	1.107±0.102	1.411±0.088*	0.0287

일반농장(n=27), 동물복지농장(n=27), Values are presented as the mean ± SE, Significant differences are indicated by * P<0.05

④ 근육 내 Lactic acid 함량 분석

- [표 2-5-37]은 일반농장과 동물복지 농장에서 사육된 돼지의 근육 내 Lactic acid 함량을 분석한 결과이다. 스트레스를 받는 상황에서 생기는 근육 긴장에 의해 증가하는 Lactic acid (Glaros et al. 2016 , Sahlin et al. 1981)는 일반농장이 동물복지농장보다 유의적으로 높은 함량을 보였다(P<0.05).

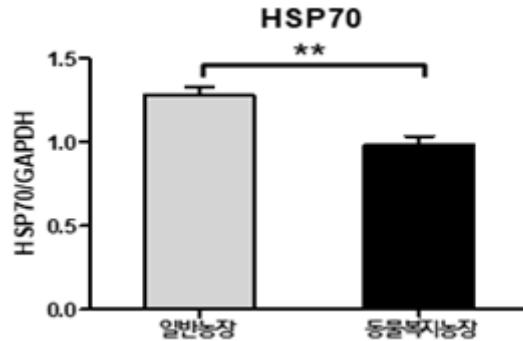
[표 2-5-37] 일반 및 동물복지 돼지 근육 내 Lactic acid 함량 분석

Item (ug/mL)	Treatment		p-value
	일반농장	동물복지농장	
Lactic acid	0.028±0.001*	0.025±0.001	0.034

일반농장(n=27), 동물복지농장(n=27), Values are presented as the mean ± SE, Significant differences are indicated by * P<0.05

⑤ 근육 내 HSP 70 함량 분석

- 일반 및 동물복지 농장 돼지의 근육 내 HSP70 단백질 함량 분석 결과(그림 2-5-29), 스트레스에 반응하여 발현되는 HSP70 단백질은 일반농장에서 유의적으로 높은 함량을 보였다(P<0.01).



[그림 2-5-29] 일반 및 동물복지 돼지 근육 내 HSP70 protein 함량 분석

일반농장(n=8), 동물복지농장(n=8), Values are presented as the mean ± SE, Significant differences are indicated by ** P<0.01

(나) 3,4차년도 결과

① 혈액 내 호르몬 농도 분석

- [표 2-5-38]은 일반도축과 초과계류 돼지의 혈액 내 호르몬 농도를 분석한 결과이다. 행복감과 관련된 호르몬인 Dopamine은 Norepinephrine의 전구물질이며 뇌세포 신경물질 중 하나로 행복한 상황에서 증가하기도 하지만(Stefano Puglisi-Allegra et al. 1991), 급성 스트레스 상황에서 증가하는 호르몬이며 만성 스트레스 상황에서 감소한다(참고문헌). Dopamine과 함께 대표적인 행복 호르몬으로 알려진 Serotonin (Yeates, J. W et al. 2008)은 감정을 평온하게 유지하는 호르몬으로 불안감을 느끼거나, 급성 스트레스 상황에서 감소하는 호르몬이며 장기간 스트레스를 받으면 증가한 상태가 유지된다. Dopamine은 일반도축에서 유의적으로 높은 수치를 보였으며(P<0.01), Serotonin은 일반도축에서 유의적으로 낮은 수치를 보였다(P<0.01). 스트레스를 받으면 시상하부 뇌하수체 축이 활성화되어 부신피질에서 Cortisol 분비량이 증가한다(Tiffanie et al. 1998). 혈액 내 호르몬 분석 결과 Cortisol은 초과계류 처리구에서 유의적으로 높게 나타났다(P<0.01). 이는 추가된 계류 시간으로 인해 돼지 그룹간의 싸움이 증가하여 Cortisol이 증가한 것으로 사료된다. 그러나 급성 스트레스에 의해 증가하는 Epinephrine (참고문헌)과 Norepinephrine (참고문헌)은 일반도축 돼지에서 유의적으로 높은 수치를 보였다(P<0.01). 따라서 혈액 내 호르몬 농도 분석결과 초과 계류 후 도축한 돼지에서 급성스트레스가 완화된 것으로 사료된다.

[표 2-5-38] 일반도축 및 초과계류 돼지 혈액 내 Dopamine, Serotonin, Cortisol, Epinephrine 및 Norepinephrine 함량 - 3,4차년도 종합 결과

Items (ug/ml)	Treatment		P-value
	일반도축	초과계류	
Dopamine	0.060±0.002**	0.051±0.002	0.0039
Serotonin	0.482±0.043	0.923±0.092**	0.0001
Cortisol	0.050±0.005	0.085±0.007**	0.0003
Epinephrine	0.037±0.003**	0.025±0.002	0.0002
Norepinephrine	1.980±0.059**	1.528±0.050	<.0001

일반도축(n=22), 초과계류(n=22). Values are presented as the mean ± SE, Significant differences are indicated by ** P<0.01.

② 근육 내 Glycogen 함량 분석

- 3,4차년도 일반도축과 초과 계류 후 도축된 동물복지 돼지의 근육 내 Glycogen 함량을 종합하여 분석 결과(표 2-5-39), 4차년도 결과와 마찬가지로 두 처리구간 Glycogen 함량은 차이를 보이지 않았다.

[표 2-5-39] 일반도축 및 초과계류 돼지 근육 내 Glycogen 함량 - 3,4차년도 종합 결과

Item (ug/mL)	Treatment		p-value
	일반도축	초과계류	
Glycogen	1.340±0.064	1.283±0.066	0.5391

Values are presented as the mean ± SE, 일반도축(n=44), 초과계류(n=44)

③ 근육 내 Lactic acid 함량 분석

- [표 2-5-40]은 일반도축 및 초과계류 돼지의 근육 내 Lactic acid 함량 분석 결과이다. 3,4차년도 분석 결과를 종합한 결과 일반도축과 초과계류 처리구간에 통계적인 유의차를 보이지 않았다.

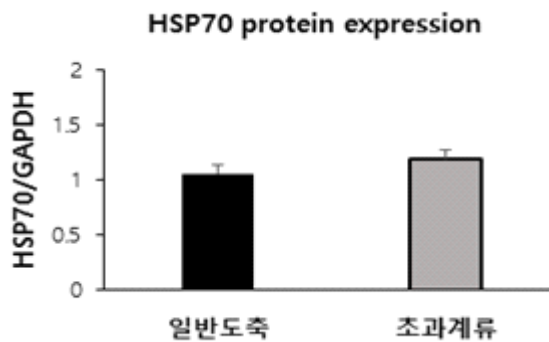
[표 2-5-40] 일반도축 및 초과계류 돼지 근육 내 Lactic acid 함량 - 3,4차년도 종합 결과

Item (ug/mL)	Treatment		p-value
	일반도축	초과계류	
Lactic acid	3.107±0.048	3.114±0.056	0.9286

Values are presented as the mean ± SE, 일반도축(n=44), 초과계류(n=44)

④ 근육 내 HSP 70 Protein 발현 수준 분석

○ 3,4차년도 일반도축 및 초과계류 돼지의 근육 내 HSP70 protein 분석 종합결과이다(그림 2-5-30). HSP70 protein은 두 처리구간 통계적인 유의차를 보이지 않았다.



[그림 2-5-30] 일반도축 및 초과계류 돼지의 근육 내 HSP70 단백질 발현 - 3,4차년도 종합 결과

Values are presented as the mean ± SE, 일반도축(n=44), 초과계류(n=44)

(2) 닭

(가) 일반농장과 동물복지농장 비교 분석

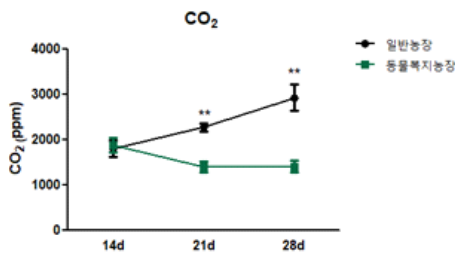
① 농장 내 CO₂ 및 NH₃ 농도 분석

○ 육계 연령에 따른 일반농장과 동물복지농장의 환경 gas 농도 분석을 한 결과이다(그림 2-5-31). 농장 내 CO₂의 농도는 14일령에는 일반농장과 동물복지농장의 유의적인 차이가 나타나지 않았으나(P>0.05), 21, 28일령에는 일반농장의 CO₂ 농도가 동물복지농장에 비하여 유의적으로 높게 나타났다(P<0.01). 또한, 일반농장에서는 육계의 연령이 증가함에 따라서 CO₂ 농도가 유의적으로 증가하였으나 동물복지농장에서는 14일령에 비하여 21일 및 28일령의 CO₂ 농도가 유의적으로 낮게 분석되었다. 농장 내 CO₂ 농도는 온열 시스템과

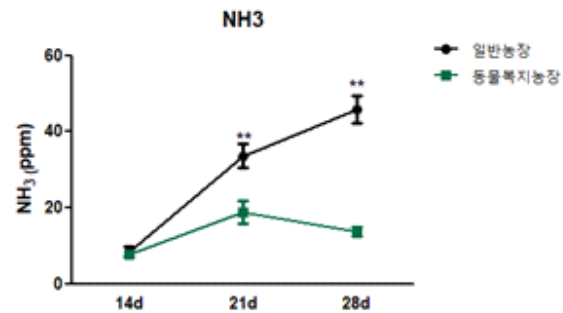
닭들의 호흡으로부터 발생하며, 닭의 연령이 증가할수록 닭으로부터 방출되는 CO₂ 농도가 높아지게 된다(McGovern et al., 2001). 주변환경의 CO₂ 농도가 높은 경우 조직 내 CO₂ 농도, 심박수의 변화 및 말초혈액순환을 증가시키는 등 생리화학적인 변화가 유도되며, 이런 변화들에 의하여 개체의 기능적 능력이 감소될 수 있다(Vehviläinen et al., 2016).

- NH₃ 농도도 CO₂와 유사하게 14일령에는 각 농장에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 21 및 28일령에는 일반농장에서 동물복지농장에 비하여 유의적으로 높은 농도로 분석되었다(P<0.01). NH₃ 또한 일반농장에서 사육 일령이 길어짐에 따라서 농도가 유의적으로 증가하는 경향으로 분석되었다. NH₃는 닭의 배설물이 박테리아에 의하여 유기적인 분해 및 부패될 때 주로 생성되며, 온도, pH, 습도 및 질소 함량에 따라 NH₃ 생성에 차이가 있다(Ritz et al., 2004).
- 연구 결과, 일반농장은 동물복지농장에 비하여 사육밀도가 높아 동일 면적당 사육수수가 높고, 배설량 및 호흡량이 높다. 따라서, 동물복지농장에 비해 밀집사육되고 있는 일반농장에서 이산화탄소농도와 암모니아 농도가 유의적으로 높게 분석되었다. 또한, 육계의 연령이 증가함에 따라서 육계 한 마리당 차지해야하는 면적이 증가하여 단위면적당 배설량이 증가하여 이산화탄소농도 및 암모니아 농도가 사육기간이 지남에 따라서 증가하는 것으로 판단된다. 따라서, 일반농장에 비해 동물복지 농장의 대기오염농도가 낮음을 파악하였다.

A)



B)



[그림 2-5-31] Gas concentration of general and animal welfare farms by age.

A) CO₂, B)NH₃. **P<0.01

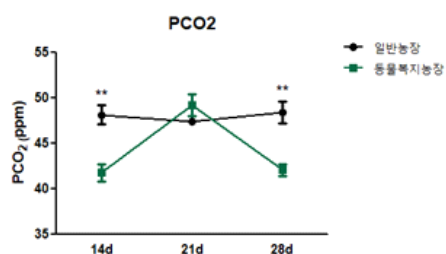
② 혈중 PCO₂ 및 PO₂ 측정

- 일반농장과 동물복지농장에서 사육된 육계의 연령에 따라 혈중 가스분압을 측정한 결과 이다(그림 2-5-32). 혈중 PCO₂은 14일령과 28일령에 일반농장에서 동물복지농장에 비하

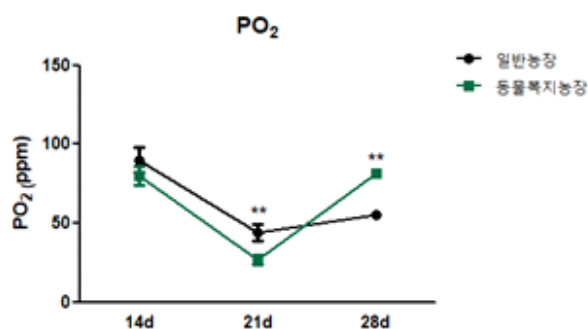
여 유의적으로 높게 분석되었으나($P<0.01$), 21일령에는 농장에 따른 유의적인 차이가 발견되지 않았다. 이전 연구에서 혈중 PO_2 은 스트레스를 받는 경우 감소된다고 연구된 바 있다(Dadgar et al. 2019). 혈중 PO_2 은 14일령에는 일반농장과 동물복지농장에서 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 21일령에는 일반농장에서 유의적으로 높게 나타났고 28일령에는 동물복지농장에서 유의적으로 높은 수준으로 분석되었다($P<0.01$).

- 일반농장에서 혈중 PCO_2 은 연령에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으나($P>0.05$), 혈중 PO_2 은 14일령에서 21일 및 28일령에 비하여 유의적으로 높은 농도로 분석되었다($P<0.0001$).
- 동물복지농장의 PCO_2 와 PO_2 분석 결과를 함께 보면, 혈중 PCO_2 은 21일령에 14일 및 28일령에 비하여 유의적으로 높게 분석되었고, 혈중 PO_2 은 이와 반대로 21일령에 14일 및 28일령에 비하여 유의적으로 낮게 분석되었다($P<0.0001$). 이 결과를 통해 PCO_2 와 PO_2 은 서로 반대되는 결과를 유도하는 것을 확인할 수 있었으며 21일령에 유의적인 차이가 나타나는 이유에 대해서는 추가적인 연구가 필요한 것으로 보인다.
- 일반농장은 동물복지농장에 비하여 밀집사육이 이루어지고 있으며, 밀사에 의한 육계 각 개체들의 스트레스가 증가하게 된다. 이를 방어하기 위하여 체내 다양한 호르몬, 단백질, 신경전달물질 등의 급격한 생성 및 제거와 같은 대사의 변화가 유도된다(Rabasa and Dickson, 2016). 이런 연구결과를 통해 본 연구에서 혈중 이산화탄소의 농도의 증가는 스트레스에 대응하기 위한 일반농장의 육계 체내 조직의 대사속도가 증가하게 되면서 그 대사의 폐기물로서 이산화탄소가 과량 생산되었다고 판단된다. 또한, 환경적 이산화탄소 농도가 높은 경우 혈중 PCO_2 의 상승이 유도될 수 있다는 연구결과를 통해 환경 대기농도에 영향을 받았다는 것도 확인할 수 있다(Vehviläinen et al., 2016).

A)



B)



[그림 2-5-32] Blood gas concentration of general and animal welfare farms by age.

A) PCO_2 , B) PO_2 . ** $P<0.01$

③ 주령별 일반농장과 동물복지농장 육계의 혈액생화학 분석

- 일반농장과 동물복지농장에서 사육된 육계의 주령별 혈액생화학 분석 결과는 다음과 같다(표 2-5-41~43). 육계의 사육 형태에 따른 혈중 ALT와 BUN의 농도에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$).
- 2주령 육계의 혈액생화학 분석 결과 T-BIL, CREA, CHOL, 및 GLU의 농도가 일반농장에서 동물복지농장의 육계에 비해 유의적으로 높게 분석되었으며($P<0.05$), TP는 일반농장보다 동물복지농장에서 유의적으로 높은 농도로 분석되었다($P<0.01$). 3주령 육계의 혈액 분석결과에서는 일반농장의 CREA, CHOL, TG, UA, GLU 및 CK의 농도가 동물복지농장보다 유의적으로 높은 함량을 보였으나 TP, ALB 및 GLOB는 동물복지농장에서 유의적으로 높은 함량으로 나타났다. 4주령 육계의 분석결과에서는 CREA, GLU, AST 및 CK의 함량이 일반농장에서 유의적으로 높게 나타났으나, TP 및 GLOB의 농도는 동물복지농장 육계의 혈액에서 유의적으로 높았다. 분석된 혈액생화학 인자들 중 TP, T-BIL, ALT, ALB, AST 및 GLOB는 간 손상에 의하여 혈중 농도가 변화된다고 연구된 바 있다(Lumeij and Westerhof, 1987; Breuner et al., 2006; Chand et al., 2018). 또한, CREA, BUN, 및 CK는 신장의 건강 상태를 나타내는 물질로써 스트레스를 받는 경우 증가하고, ALP, CHOL 및 GLU 또한 스트레스에 의해 증가된다고 알려져 있는 인자들이다(Sarkar et al., 2013; Han et al., 2019; Rahnama et al., 2020). 일반적으로 AST 및 ALT는 간 효소로 알려져 있으며 간의 손상에 의해 혈액 중 농도가 증가되는 물질이기 때문에 간 질환을 평가할 때 활용되고 있는 마커이다(Goodla et al., 2017). 2주령과 3주령에는 동물복지농장과 일반농장의 유의적인 차이가 없었지만, 4주령 분석결과 동물복지농장에서 혈중 AST농도가 일반농장에 비해 유의적으로 낮은 것으로 보아 환경스트레스가 적기 때문에 간 손상이 적다고 판단할 수 있다(Hernandez et al., 2004). CK는 근육의 손상을 감지하는 물질로써(Wolf, 1991), 스트레스를 받았을 때 근육 내 에너지 전환이 증가함에 따라 혈중농도가 함께 증가하게 된다(Ostrowski-Meissner, 1981). 스트레스 대응 호르몬인 corticosterone과 연관하여 본다면, corticosterone은 단백질 분해를 유도하는 호르몬으로 포도당 신생합성 반응을 유발한다(Khan et al., 2002; Lin et al., 2004; Kataria et al., 2008). 따라서, 스트레스 수치가 높다고 판단되고 있는 일반농장에서는 혈중 corticosterone 농도의 증가에 의해 단백질 분해가 유도되어 혈중 TP가 감소되었고, 동시에 포도당 신생합성반응이 유도되어 GLU가 상승되었다고 판단된다. 혈액 내 GLOB는 만성적인 스트레스에 의해 반응하며 corticosterone 농도와 음의 상관관계를 갖는다(Attia et al., 2019). 본 연구에서 분석한 혈중 TP, GLU 및 GLOB는 corticosterone 호르몬 농도의 상승에 의해 각각 감소, 증가 및 감소하는 경향을 보이고 있으며 이는 이전 연구결과들과 일치한다.

- 이전 연구들에서 밝혀진 혈액생화학 인자들의 개별적인 역할과, 스트레스 상황에서 발현되는 농도등을 분석한 결과와 연관지어 보았을 때, 동물복지농장에서 사육된 육계는 일반농장의 육계에 비하여 스트레스 수치가 적다고 판단할 수 있으며, 다양한 혈액생화학 인자들을 활용하여 동물복지농장의 지표로 활용하기에는 추가적인 연구가 필요할 것이다.

[표 2-5-41] Blood biochemical analysis of broilers in general/animal welfare farms: 14 day-old

Items	Treatments		P-value
	General	Animal welfare	
ALP(U/l)	3483.33±16.67	3128.57±211.25	0.145
TP(g/dl)	2.39±0.06^b	2.71±0.07^a	0.003
T-BIL(mg/dl)	0.46±0.07^a	0.24±0.05^b	0.029
CREA(mg/dl)	0.4±0.03^a	0.22±0.03^b	0.002
CHOL(mg/dl)	126.57±10.9^a	92.57±3.73^b	0.02
TG(mg/dl)	99.71±19.46	77.43±3.56	0.3
UA(mg/dl)	7.59±0.22	7.6±0.38	0.974
ALT(U/l)	16.57±1.6	10.57±2.72	0.082
ALB(g/dl)	0.83±0.04^b	1.11±0.09^a	0.011
BUN(mg/dl)	2.36±0.23	2.4±0.13	0.872
GLU(mg/dl)	330±24.83^a	229.14±6.41^b	0.006
AST(U/l)	150.29±14.76	132.57±7.86	0.31
CK(U/l)	915.71±152.41	614.5±38.5	0.098
GLOB(mg/dl)	1.56±0.03	1.6±0.03	0.337

Abbreviation: alkaline phosphate(ALP), total protein(TP), total bilirubin (T-bIL), creatinine(CREA), cholesterol(CHOL), triglyceride(TG), uric acid(UA), alanine aminotransferase(ALT), albumin(ALB), blood urea nitrogen(BUN), glucose(GLU), aspartate aminotransferase(AST), globulin(GLOB), creatine kinase(CK). Values are presented as the mean ± SE, a,bDifferent superscripts indicate significant differences.

[**☒ 2-5-42**] Blood biochemical analysis of broilers in general/animal welfare farms: 21 day-old

Items	Treatments		P-value
	General	Animal welfare	
ALP(U/l)	3428.57±47.38	3085.71±229.31	0.19
TP(g/dl)	2.5±0.04^b	2.83±0.08^a	0.002
T-BIL(mg/dl)	0.59±0.07	0.43±0.03	0.107
CREA(mg/dl)	0.31±0.02^a	0.21±0.01^b	0.002
CHOL(mg/dl)	116.25±4.93^a	85±4.89^b	0.001
TG(mg/dl)	88.5±11.02^a	48.33±6.42^b	0.014
UA(mg/dl)	8.36±0.23^a	6.36±0.2^b	<0.0001
ALT(U/l)	11±1.93	13±3.08	0.581
ALB(g/dl)	0.89±0.04^b	1.07±0.05^a	0.014
BUN(mg/dl)	2.53±0.24	2.17±0.07	0.191
GLU(mg/dl)	303.25±12.43^a	253.14±8.97^b	0.007
AST(U/l)	204.5±24.07	175.57±31.84	0.475
CK(U/l)	1942.5±148.08^a	1297.5±218.03^b	0.026
GLOB(mg/dl)	1.6±0.02^b	1.76±0.04^a	0.002

[**☒ 2-5-43**] Blood biochemical analysis of broilers in general/animal welfare farms: 28 day-old

Items	Treatments		P-value
	General	Animal welfare	
ALP(U/l)	3485.71±14.29	3325±127.83	0.251
TP(g/dl)	2.57±0.06^b	3±0.07^a	0.001
T-BIL(mg/dl)	0.2±0.04	0.14±0.02	0.189
CREA(mg/dl)	0.27±0.02^a	0.21±0.01^b	0.006
CHOL(mg/dl)	96±7.09	99.5±5.69	0.704
TG(mg/dl)	74.86±11.74	56.13±8.5	0.211
UA(mg/dl)	7.3±0.76	5.59±0.44	0.066
ALT(U/l)	9.29±1.87	5.38±0.75	0.089
ALB(g/dl)	0.77±0.04	0.86±0.06	0.229
BUN(mg/dl)	2.5±0.18	2.1±0.07	0.077
GLU(mg/dl)	293.43±11.36^a	233.25±11.05^b	0.002
AST(U/l)	220.43±26.74^a	138.63±20.59^b	0.029
CK(U/l)	2004.29±178.95^a	1049.63±215.5^b	0.005
GLOB(mg/dl)	1.8±0.03^b	2.14±0.03^a	<.0001

④ 주령별 일반농장과 동물복지농장 육계의 혈중 호르몬농도 비교 by LC-MS/MS

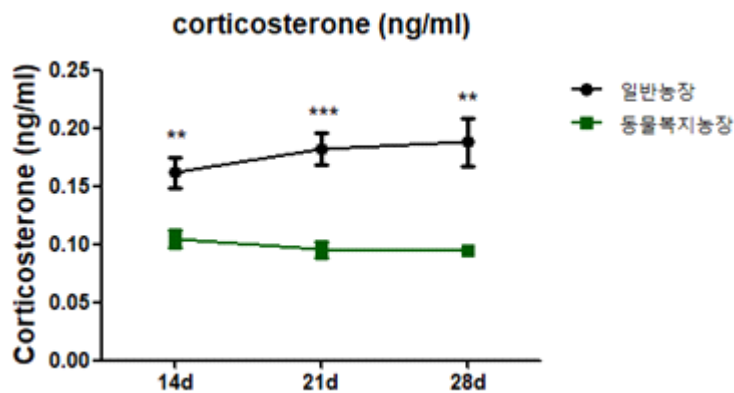
- 사육 연령에 따른 일반농장과 동물복지농장 육계의 혈중 호르몬 농도를 LC-MS/MS로 분석한 결과이다(표 2-5-44). 2주령에는 serotonin의 농도가 동물복지농장에서 일반농장에 비하여 유의적으로 높은 수치를 나타냈다. 3주령에는 Dopamine의 농도가 일반농장에서 유의적으로 높게 분석되었다. 4주령 육계의 혈중 호르몬 농도는 dopamine과 serotonin의 분석결과에서는 농장 형태에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았으나($P>0.05$), norepinephrine의 농도가 일반농장에서 동물복지농장에 비해 유의적으로 높은 농도로 분석되었다($P<0.05$).
- Dopamine과 serotonin은 스트레스에 의해 유도되는 호르몬이지만, 반복적이고 지속적인 스트레스에 의해서는 이 두 호르몬의 발현에 큰 영향을 미치지 않는다(Roth et al., 1982). 이전 연구결과에 의해 본 연구에서 분석된 출하 직전 4주령의 육계에서 dopamine과 serotonin의 발현 차이가 나타나지 않는 이유가 일반농장 혹은 동물복지농장에서 28일령 까지 사육되는 동안 장기적인 스트레스가 누적되었기 때문일 수도 있다고 판단된다.
- Norepinephrine도 스트레스 지표 호르몬으로써, 주로 부신 수질에서 분비되며, 외부로부터 유도되는 스트레스의 정도를 평가하는 마커로 활용되고 있다(Boyanova, 2017). 이 호르몬은 단기간 급성 스트레스에 의하여 반응하여 급격한 분비가 유도되는 호르몬으로 알려져 있다. 본 연구에서 분석된 결과에서는 norepinephrine의 농도가 동물복지 농장에서 유의적으로 낮은 수치로 분석되었으며 이를 통해 일반농장의 육계에서 동물을 몰아넣는 행위나 혈액채취와 같은 외부 스트레스에 의해 급격한 스트레스를 상대적으로 더 많이 받을 수 있다는 것을 의미하고 있는 것으로 판단할 수 있다.

[표 2-5-44] Dopamine, serotonin, and norepinephrine levels in serum.

Weeks	Items (ug/ml)	Treatment		p-value
		General	Animal welfare	
2	Dopamine	0.01±0.00	0.01±0.00	0.465
	Serotonin	1.04±0.07^b	1.24±0.05^a	0.033
	Norepinephrine	3.78±0.23	3.79±0.16	0.958
3	Dopamine	0.03±0.00^a	0.02±0.00^b	0.002
	Serotonin	0.96±0.12	1.32±0.12	0.053
	Norepinephrine	2.87±0.24	2.95±0.11	0.76
4	Dopamin	0.03±0.01	0.02±0.00	0.37
	Serotonin	0.77±0.14	0.64±0.12	0.503
	Norepinephrine	3.46±0.22^a	2.69±0.27^b	0.045

⑤ 주령별 일반농장과 동물복지농장 육계의 혈중 corticosterone 농도 by ELISA (ng/ml)

- Corticosterone은 가금/조류의 스트레스 지표로 활용되는 호르몬으로써, 포유동물의 cortisol과 유사한 역할 및 구조이다. 일반농장에서 사육된 육계의 혈중 corticosterone 농도는 사육 전 기간동안 동물복지농장에 비하여 유의적으로 높은 수치로 분석되었다($P < 0.01$). 사육기간에 따른 corticosterone의 농도는 일반농장과 동물복지농장 모두 유의적인 증감은 나타나지 않았다.
- corticosterone은 스트레스를 받는 경우 항상성 유지를 위하여 분비가 증가하며, 장기간 스트레스시에도 신체의 저항 능력을 부가해주기 위한 호르몬으로써, 스트레스 정도를 평가하는데 활용하는 마커이다(Sapolsky et al. 2000). 그러나 지속적으로 과도한 호르몬의 분비는 면역억제와 같은 기능이 유도될 수도 있다(Carrasco and Van de Kar, 2003). 따라서 일반농장에서 장기적으로 유의한 차이를 보인 corticosterone 농도를 통해 외부 스트레스가 지속적으로 자극되고 있다는 것을 판단할 수 있다.

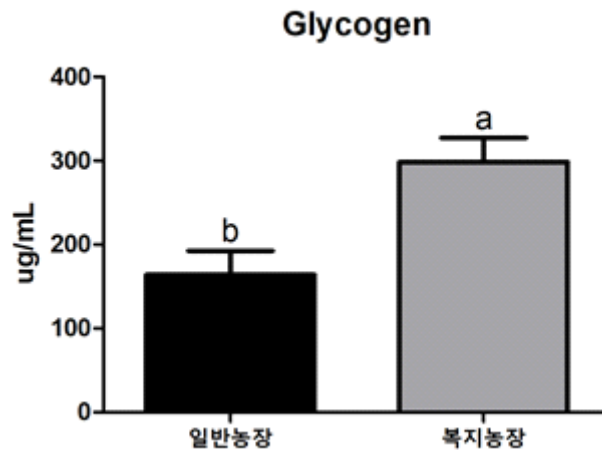


[그림 2-5-33] Blood corticosterone concentration in serum of general and animal welfare farms

⑥ 근육 내 glycogen 농도 분석

- [그림 2-5-34]에서는 일반농장과 동물복지농장에서 사육된 육계의 도축 후, 근육 샘플을 활용하여 glycogen의 농도를 분석한 결과가 제시되어있다. 일반농장에서 사육된 육계에 비하여 동물복지농장에서 사육된 육계의 근육 내 glycogen 농도가 유의적으로 높은 수치로 분석되었다($P < 0.05$).
- 이전 연구에서 글리코젠은 스트레스에 대응하는 반응으로써 근육 섬유에 축적되어있다가 스트레스 시 고갈이 진행된다고 분석된 바 있다(Lacourt and Tarrant, 1985). 따라서, 스

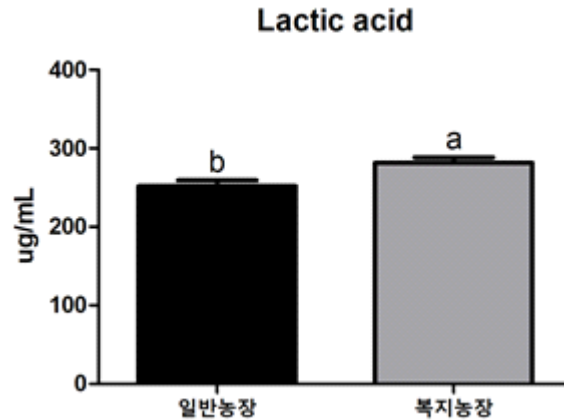
스트레스에 의한 근육 내 glycogen 농도의 감소가 일반농장에서 유의적으로 발생하는 것으로 보아, 일반농장에서 사육되는 육계는 사육기간동안 스트레스가 유발되었으며, 그 스트레스 수치가 동물복지농장에서 사육되는 육계에 비해 높은 것으로 유추할 수 있다.



[그림 2-5-34] Glycogen concentration of general/animal welfare broiler in muscle

⑦ 근육 내 lactic acid 농도 분석

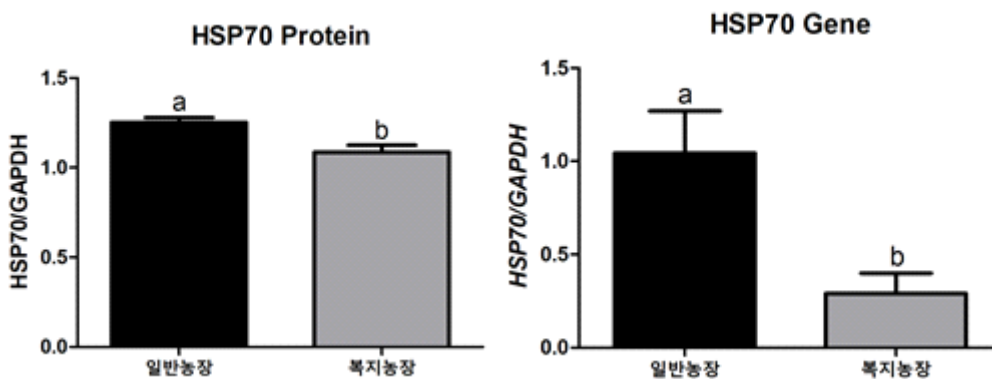
- 일반농장과 동물복지농장에서 사육된 육계의 근육 내 lactic acid 농도 분석 결과는 다음과 같다(그림 2-5-35). 근육 내 lactic acid 농도는 스트레스를 받았을 때 증가하는 경향을 보인다. 일반적으로 pyruvate가 혐기적인 조건에서 lactate dehydrogenase (LDH)의 효소활성에 의해 lactic acid로 전환되는데, 스트레스 상태에서 이 LDH가 활성이 높아지게 되면서 근육 내 lactic acid로의 전환률을 증가시키게 되기 때문이다(Zhang et al., 2012). 그러나 스트레스 상황에서 발생하는 근육 긴장에 의해 증가된다고 알려져 있는 lactic acid의 농도는 일반농장에서 동물복지농장에 비하여 낮은 수치로 분석되었다. 이 결과는 아마도 도축장으로 운반되는 동안 발생하는 스트레스에 의한 것으로 생각할 수 있으며, 동물복지농장에서 사육되던 육계들은 사육기간동안 받지 않았던 스트레스를 급격히 받으며 근육에 긴장이 일반농장에 비해 더 높게 나타나서 근육 내 lactic acid 물질이 급격하게 쌓였다고 사료된다.



[그림 2-5-35] Lactic acid concentration of general/animal welfare broiler in muscle

⑧ 근육 내 HSP70 단백질 및 유전자 함량 분석

○ 육계의 근육에서 분석한 HSP70 단백질 함량 분석 결과는 [그림 2-5-36]에 제시되었다. HSP70 단백질은 스트레스 지표로 주로 활용되고 있는 단백질 마커이다. 일반농장의 육계 근육에서 발견되는 HSP70 단백질 함량이 동물복지 농장에 비하여 유의적으로 높게 분석되었다($P < 0.05$). 이 마커를 활용하여 일반농장의 육계에게서 동물복지농장 보다 더 많은 스트레스가 유도되고 있다는 것을 판단할 수 있다. 또한, 유전자 함량을 검증하기 위하여 HSP70 유전자 발현량 분석도 함께 진행하였다. 근육 내 HSP70 유전자 발현량은 HSP70 단백질 발현량과 동일한 경향으로 일반농장에서 유의하게 높은 수치로 분석되었다.



[그림 2-5-36] HSP70 protein and gene expression

(나) 출하 전/후 스트레스 비교 분석

① 혈액 내 생화학 분석

○ 일반농장 및 동물복지농장의 출하 전/후 혈액 내 생화학 인자 분석 결과이다([표

2-5-45]). 단백질 대사와 관련이 있는 TP, ALB, BUN 및 GLOB는 체내에 수분이 감소하면 혈액 내 수치가 증가하는 인자이며 체내 영양이 부족하면 수치가 감소하는 인자이다(Cho and Oh, 2013). 각 농장의 출하 전/후 수치를 비교한 결과, 일반농장과 동물복지농장 돼지 모두 도축장에서 채취한 혈액 내 TP, ALB 및 BUN이 농장에서 보다 증가하였다($P<0.01$). 이는 수송과정에서 체내 수분이 감소하였으며, 이로 인해 혈액 내 TP, ALB 및 BUN이 증가한 것으로 사료된다. CREA은 스트레스에 대한 반응으로 신장기능이 손상되면 증가하는 인자이다(Kim et al, 2015). 혈액 내 CREA 농도는 수송 전과 후 모두 일반농장의 돼지가 동물복지농장의 돼지보다 유의적으로 높았다($P<0.01$). CHOL은 수송 스트레스와 같은 급성 스트레스로 인하여 혈액 내에서 증가한다고 알려져 있다(Ehinger, 1981). 일반농장에서 수송 후 혈액 내 CHOL 수치가 유의적으로 증가하였으나, 동물복지농장에서는 수송 후에도 CHOL 수치는 증가하지 않았다($P<0.01$). TG는 스트레스 상황에서 증가하는 혈액 내 지표이다(Olanrewaju et al., 2006, Huff et al., 2010). TG는 수송 후 일반농장의 돼지에서 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다($P<0.05$). UA는 조류에서 주로 항산화제로서 작용하며 산화 스트레스의 생리학적 바이오 마커로 사용된다(Hartman et al., 2006). Delezie et al., 2007 와 Huff et al., 2008은 가금류는 수송 스트레스에 의해서 혈청 UA가 증가한다고 하였다. 본 연구 결과는 이전 연구들과 일치하였다. 일반농장에서 수송 후 혈액 내 UA가 유의적으로 증가하였다($P<0.01$). 하지만 동물복지농장 돼지는 수송 후 혈액 내 UA 수치에 통계적 유의차가 없었다. 혈청 ALT 및 AST는 간에 특정 손상이 발생 하였을 때 활성이 증가하는 지표로(Salem et al., 2018), 본 연구에서 AST는 동물복지농장의 돼지가 도축장으로 수송되었을 때 혈액 내 수치가 유의적으로 증가하였으며, 동물복지농장의 출하 전 혈액 내 AST 수치가 가장 낮은 수준을 나타내었다($P<0.05$).

- 스트레스 상황에서 카테콜아민 호르몬과 글루코코르티코이드가 분비되면 간의 글리코젠 분해를 자극하여 혈액 내 GLU 수치를 증가 시킨다(Knowles and Warriss, 2000). 분석 결과, GLU는 혈액 내 생화학인자들 중 일반농장에서 동물복지농장보다 높은 수치를 나타내었으며, 수송 후 혈액 내 함량 또한 일반농장에서 유의적으로 높았다($P<0.01$).
- 혈액 내 생화학 인자 분석 결과, 수송 스트레스에 의한 반응으로 일반농장에서는 차이를 보였으나 동물복지농장에서는 차이를 보이지 않은 인자(CREA, UA, CHOL, 및 GLOB)와 스트레스에 의한 반응으로 일반농장에서 수송 전과 후에도 수치의 상승이 유지되는 인자들이 있었다(GLU, AST). 또한 일반농장과 동물복지농장 모두 수송 후 에 유의적으로 상승 또는 감소한 인자(TP, ALB 및 BUN)도 있었다. 이전 연구결과와 비교하였을 때, 일반농장에서 사육된 육계가 농장에서부터 동물복지농장에서 사육된 육계보다 더욱 스트레스를 받았다고 판단되며, 도축장으로 운송 후에도 그 스트레스의 수준이 일반농장에서 더

높게 나타났다. 따라서 수송 전/후 두 농장에서 모두 수송 스트레스에 의해서 증가한 인자들을 제외한, CREA, UA, CHOL, GLOB, GLU 및 AST는 수송 후에도 일반농장과 동물복지 농장의 육계의 스트레스 정도를 비교하여 판단할 수 있는 지표로 사용될 수 있다고 사료된다.

[표 2-5-45] 일반 및 동물복지 농장 육계의 수송 전/후 혈액 내 생화학 인자 분석

Items	Treatments				P-value
	농장		도축장		
	일반농장	동물복지농장	일반농장	동물복지농장	
ALP(U/l)	3485.710±14.286	3442.860±57.143	3485.710±14.286	3250.000±196.214	0.2710
TP(g/dl)	2.571±0.057 ^c	3.014±0.080 ^b	3.171±0.084 ^{ab}	3.286±0.088 ^a	<.0001
T-BIL(mg/dl)	0.2±0.044	0.143±0.02	0.3±0.058	0.214±0.055	0.1505
CREA(mg/dl)	0.270±0.017 ^a	0.211±0.010 ^b	0.267±0.021 ^a	0.149±0.014 ^c	<.0001
CHOL(mg/dl)	96.000±7.095 ^b	97.429±6.121 ^b	126.286±4.247 ^a	87.857±4.564 ^b	0.0004
TG(mg/dl)	74.857±11.744 ^a	53.143±9.187 ^{ab}	68.714±7.605 ^a	39.000±2.911 ^b	0.0280
UA(mg/dl)	7.300±0.760 ^b	5.786±0.456 ^b	9.257±0.390 ^a	7.400±0.417 ^b	0.0012
ALT(U/l)	9.286±1.874	5.286±0.865	10.000±2.498	6.714±1.190	0.2091
ALB(g/dl)	0.771±0.042 ^b	0.857±0.065 ^b	1.043±0.053 ^a	1.100±0.044 ^a	0.0004
BUN(mg/dl)	2.500±0.183 ^a	2.129±0.078 ^b	1.900±0.093 ^{bc}	1.650±0.043 ^c	0.0003
GLU(mg/dl)	293.429±11.358 ^a	234.000±12.734 ^b	289.143±12.157 ^a	189.571±17.973 ^c	<.0001
AST(U/l)	220.429±26.745 ^a	121.143±12.559 ^b	221.143±33.626 ^a	165.571±23.835 ^{ab}	0.0275
CK(U/l)	2004.290±178.949	1087.430±244.981	2000±0.000	2000±0.000	-
GLOB(mg/dl)	1.800±0.031 ^b	2.157±0.030 ^a	2.114±0.059 ^a	2.171±0.052 ^a	<.0001

Abbreviation: alkaline phosphate(ALP), total protein(TP), total bilirubin (T-bIL), creatinine(CREA), cholesterol(CHOL), triglyceride(TG), uric acid(UA), alanine aminotransferase(ALT), albumin(ALB), blood urea nitrogen(BUN), glucose(GLU), aspartate aminotransferase(AST), globlin(GLOB), creatine kinase(CK). Values are presented as the mean ± SE, a-cDifferent superscripts indicate significant differences.

② 혈액 내 호르몬 분석

- 본 연구에서는 스트레스 상황에서 반응하는 카테콜아민 호르몬(Dopamine, Epinephrine 및 Norepinephrine)과 Serotonin을 LC-MS/MS로 분석하였다(표 2-5-46). 분석 결과, Epinephrine은 출하 전 동물복지농장에서 유의적으로 높은 수치를 나타내었으며(P<0.01), Norepinephrine은 출하 전 일반농장에서 가장 높은 수치를 보였고, 출하 후 일반농장에서 유의적으로 가장 낮은 수치를 나타내었다(P<0.01). 일반적으로 카테콜아민 호르몬은 주로 급성 스트레스에 반응하여 생리적인 반응이 일어난다. 따라서 채혈에 의해 급성 스트레스가 유발되었을 수 있으며, 또한 개체에 따른 차이에 의하여 결과가 발생하였다고 볼 수 있다(Cockrem 2007).

[표 2-5-46] 일반 및 동물복지 농장 육계의 수송 전/후 혈액 내 호르몬 분석

Items (µg/ml)	Treatments				P-value
	농장		도축장		
	일반농장	동물복지농장	일반농장	동물복지농장	
Dopamine	0.031±0.009	0.021±0.002	0.033±0.003	0.022±0.001	0.2271
Serotonin	0.788±0.162	0.622±0.132	0.873±0.077	0.881±0.145	0.4911
Epinephrine	0.006±0.001 ^b	0.009±0.000 ^a	0.008±0.000 ^a	0.009±0.000 ^a	0.0014
Norepinephrine	3.466±0.253 ^a	2.587±0.285 ^{bc}	2.364±0.242 ^c	3.240±0.173 ^{ab}	0.0091

^{a-c}Means within the same row with different letters are significantly different (P<0.01).

③ 혈액 내 Corticosterone 농도

- 일반농장과 동물복지농장 육계의 수송 전/후 혈액 내 Corticosterone 분석 결과이다(표 2-5-47). Corticosterone은 가금류에서 스트레스 지표로 사용되어지는 호르몬이며 (Sapolsky et al. 2000), 스트레스를 받았을 때 시상하부-뇌하수체-부신 축이 활성화 되어 부신에서 코르티코스테론의 방출을 통해 스트레스 반응이 시작된다(Cockrem, 2007). 본 연구에서는 일반농장의 육계가 농장과 도축장에서 모두 유의적으로 혈액 내 Corticosterone 수준이 높았다(P<0.01). 따라서 혈액 내 Corticosterone은 농장과 도축장에서 일반농장과 동물복지농장을 구분 할 수 있는 스트레스 지표로서 사용가능하다고 판단 된다.

[표 2-5-47] 일반 및 동물복지 농장 육계의 수송 전/후 혈액 내 Corticosterone 분석

Items (ng/ml)	Treatments				P-value
	농장		도축장		
	일반농장	동물복지농장	일반농장	동물복지농장	
Corticosterone	0.188±0.021 ^a	0.096±0.005 ^b	0.195±0.018 ^a	0.106±0.007 ^b	<.0001

a-bMeans within the same row with different letters are significantly different (P<0.01).

(다) 육계 깃털 내 스트레스 지표 분석

① 닭 깃털 내 Corticosterone 함량 분석 방법 선정

- 닭 깃털(vane) 내 Corticosterone 함량을 분석할 때 Bead beater 균질화 방법과 냉각 여부에 따른 차이를 확인하기 위해 2가지 방법으로 균질화를 진행하였다. Method I은 Bead beater에서 샘플을 처리하고 -80℃에서 냉각시키면서 분석한 방법이고, Method II에서 냉각을 하지 않고 Bead beater에서 샘플을 처리한 방법이다. Table은 Bead beater 균질화 방법과 냉각 여부에 따른 닭의 깃털(vane) 내 Corticosterone 함량을 분석한 결과

이다. 분석결과 MethodII의 Corticosterone 함량이 높기 때문에 이 방법을 선정하였다.

[표 2-5-48] 분석 방법에 따른 닭 깃털 내 Corticosterone 함량 (pg/mL)

Item (pg/mL)	Treatment		p-value
	Method I	Method II	
Corticosterone	2246.400±64.282	3787.600±55.940**	<.0001

Values are presented as the mean ± SE, Method I (n=3), Method II (n=3)

Significant differences are indicated by **P<0.01.

Method I : Speed 7(1min) & Cooling(5min) - repeat 3 times

Method II : 3000rpm(16min)

② 깃털 내 Corticosterone 함량 분석

- [표 2-5-49]는 3차년도에 확립한 깃털 전처리 방법으로 일반농장과 복지농장 닭의 깃털 (vane) 내 Corticosterone 함량을 분석한 결과이다. 육계 내 스트레스에 대한 반응의 정도를 양적으로 나타낼 수 있는 바이오마커 중 하나인 Corticosterone(Moon, Yang Soo., 2020)은 만성스트레스로 인한 시상하부-뇌하수체-부신 축 활성화 증가의 지표이다 (Bortolotti et al., 2008). 최근 연구에 따르면 깃털의 스트레스 관련 호르몬 Corticosterone을 측정하여 닭의 동물 복지 평가를 객관적이고 비침습적으로 수행할 수 있음이 나타났다(Bortolotti et al., 2008). 따라서 깃털 내 Corticosterone 분석은 단일 샘플에서 깃털의 성장 기간 동안 부신피질 활동을 소급적으로 평가할 수 있기 때문에 조류의 장기간 스트레스를 평가하는 데 더 널리 사용된다(Fairhurst, 2016). 분석 결과, Corticosterone은 일반농장에서 유의적으로 높은 수치를 보였다(P<0.01). 따라서 일반농장이 동물복지농장보다 스트레스 노출이 더 많은 환경이라고 사료된다.

[표 2-5-49] 일반농장 및 복지농장 닭 깃털 내 Corticosterone 함량 (pg/mL)

Item (pg/mL)	Treatment		p-value
	일반농장	동물복지농장	
Corticosterone	741.200±65.926**	525.600±39.279	0.0069

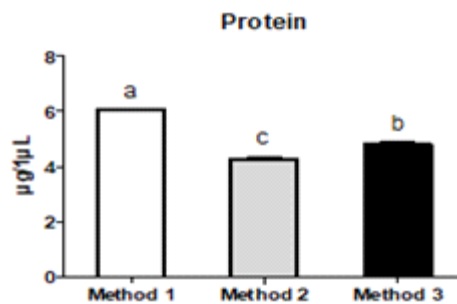
Values are presented as the mean ± SE, 일반농장(n=34), 복지농장(n=34)

Significant differences are indicated by **P<0.01.

③ 닭 깃털 내 HSP 70 Protein 발현 분석 방법 선정

- 닭 깃털(pulp) 내 HSP 70 Protein 발현 수준을 분석할 때 추출 방법에 따른 차이를 확인

하기 위해 3가지 방법으로 추출을 진행하였다. Method I 은 샘플 100mg에 RIPA buffer 900 μ L를 첨가 후 homogenizer로 균질화 한 방법이고, Method II 은 샘플 100mg를 Bead beater로 균질화 후 RIPA buffer 900 μ L를 첨가한 방법이고, Method III 은 샘플 100mg에 RIPA buffer 900 μ L를 첨가 후 Bead beater로 균질화한 방법이다. Figure는 각 Method의 1 μ L에 들어있는 단백질 수준을 나타낸 결과이다. 분석결과 Method I 의 Protein 함량이 높기 때문에 Method I로 분석 방법을 선정하였다.

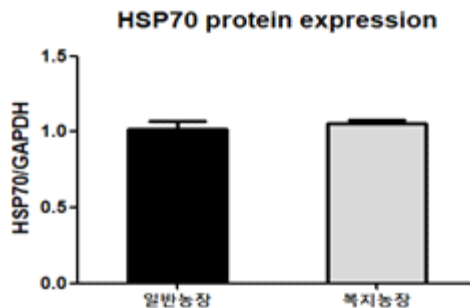


[그림 2-5-37] 분석 방법에 따른 닭 깃털 내 HSP70 protein 발현량

Values are presented as the mean \pm SE, Method I (n=4), Method II (n=4), Method III (n=4)
 Bars with different lowercase letters are significantly different (P<0.01).

④ 깃털 내 HSP 70 Protein 발현 수준 분석

○ [그림 2-5-38]은 깃털 전처리 조건을 잡았던 3차년도에 깃털 내 HSP70 Protein 발현 수준을 분석할 때 추출 방법에 따른 차이를 확인하여 추출 효율이 가장 높은 방법으로 일반농장과 복지농장 닭의 깃털(pulp) 내 HSP70 Protein 발현 수준을 분석한 결과이다. 분석 결과, HSP70 Protein 발현은 일반농장과 복지농장 사이에 유의적인 차이가 없었다.



[그림 2-5-38] 일반농장 및 복지농장 닭 깃털 내 HSP70 protein 발현량

Values are presented as the mean \pm SE, 일반농장(n=27), 복지농장(n=27)

라. 요약

(1) 돼지

- ㉠ 일반농장과 동물복지농장 돼지의 혈액 내 Dopamin, Serotonin, Cortisol, Epinephrine 및 Norepinephrine 농도를 분석한 결과, Serotonin만 심리적인 스트레스 상황에 영향을 받아 일반농장에서 증가한 것으로 사료된다. 따라서 혈액 내 Serotonin은 일반농장 및 동물복지농장의 스트레스 지표로 사용할 수 있다.
- ㉡ 일반농장과 동물복지농장 돼지의 근육 내 Glycogen 및 Lactic acid 분석 결과, 일반농장에서 급·만성 스트레스에 의해 근육 내에서 Glycogen이 분해되었으며 Lactic acid는 증가된 것으로 판단된다. 또한 근육 내 HSP70 단백질을 분석한 결과, 스트레스에 반응하여 발현이 높아지는 HSP70 단백질은 일반농장에서 유의적으로 높게 발현되었다. 따라서 근육 내 스트레스 관련 인자인 Glycogen, Lactic acid 및 HSP70 단백질은 스트레스의 지표로 활용 가능하다고 판단된다.
- ㉢ 일반도축과 초과계류 후 도축한 돼지의 스트레스 관련 인자 분석 결과, 혈액 내 스트레스 호르몬 관련 인자에는 모든 분석항목에서 차이를 보였으나 근육 내 스트레스 관련 인자들은 차이를 보이지 않았다. 따라서 도축장에서의 초과 계류는 돼지에게 스트레스를 야기 할 수 있다.

(2) 닭

- ㉠ 일반농장과 동물복지농장 육계의 혈액 내 스트레스 관련 인자 분석 결과, 일반농장에서 스트레스 호르몬인 Corticosterone이 높은 함량을 보였으며, 혈중 Corticosterone의 증가에 따라 Total protein 또한 감소되었다. 동시에 포도당 신생합성 반응이 유도되어 일반농장 육계의 혈액 내 Glucose 또한 상승하였습니다. 또한 스트레스 상황에서 증가하는 Creatinine도 일반농장에서 높은 수치를 보였습니다. 이는 일반적인 스트레스 상황에서 일어나는 대사반응과 일치하며 2주령, 3주령 및 4주령 분석결과 모두 일치하였습니다. 따라서 육계의 혈액 내 Corticosterone과 Total protein, Creatinine 및 Glucose는 일반농장과 동물복지 농장의 스트레스 지표로 사용할 수 있다.
- ㉡ 출하 전/후 일반농장 및 동물복지 농장 육계의 혈액 내 생화학 인자 분석 결과, 수송 후에도 Corticosterone, Creatinine 및 Glucose는 일반농장에서 높은 함량을 유지하였다. 따라서, 육계의 수송 후에도 혈액 내 Corticosterone, Creatine 및 Glucose는 동물복지의 지표로 활용 가능하다.
- ㉢ 본 연구에서는 동물복지의 측면을 고려하여, 육계의 깃털에서 스트레스 지표를 분석하는 방법을 확립하였다. 그 결과 육계의 깃털 내 Corticosterone은 일반농장에서 높은 함량을 유지하였으며, 따라서 깃털 내 Corticosterone은 동물복지의 지표로 사용할 수 있다.

마. 연구의 한계 및 추가 연구를 위한 개선사항

- 일반농장과 동물복지농장 돼지/닭의 스트레스 지표 비교를 통해 동물복지농장 가축의 스트레스 정도가 일반농장 가축에 비해 낮다는 연구결과는 현행 동물복지 사육환경에 대한 인증 체계의 타당성을 뒷받침할 수 있을 뿐만 아니라, 동물복지 사육환경이 동물의 윤리적이고 도덕적인 문제를 개선하여 이를 소비하는 소비자들에게 일반농장에 비해 차별화된 축산물에 대한 정보 제공 및 인식 개선에 중요하다.

- 그러나, 스트레스 지표 분석을 위한 기존의 샘플 채취 방법은 샘플링 과정에서 동물에게 추가적인 스트레스를 야기할 수 있으며, 실험자의 실력 미숙으로 인해 가축에게 해를 가할 수 있음. 따라서 동물복지 측면을 고려하여 동물에게 스트레스를 최소화하면서 윤리적인 샘플링 방법을 개발하고 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

- 본 연구에서 선정된 일반농장과 동물복지농장 돼지 및 닭의 스트레스 지표들을 한국형 동물복지 인증기준으로 사용하기 위해서는 더 많은 개체의 샘플을 분석하여 통계적인 오차를 줄이고, 이러한 연구결과를 이용하여 각 스트레스 지표들의 범위를 지정해서 스트레스 수준을 수치로 객관화시켜야 한다.

- 또한 현행 동물복지 인증 기준을 개선하기 위해, 일반농장과 동물복지농장의 사육환경 차이에 따라 변화하는 스트레스 지표들의 인과관계 및 상관관계를 분석하여 가축의 스트레스를 최소화할 수 있는 사육환경 조건을 확립하는 추가 연구가 필요하다.

제 6 절 동물 복지 축산물의 차별화를 위한 맛 성분 분석 및 관능평가

1. 1차년도 실험방법

가. 주관적 판정

- 주관적 판정의 시료크기는 두께 20mm로 정형하여 사용하였으며, 5인의 판정요원이 가열한 돈육을 주관적으로 이취, 육색, 조직감, 육특성, 명듬, 뼈의 이상유무 총 6개 항목을 평가하였으며, 각각의 배점은 1점(이취가 매우 심함, 육색이 매우 창백함, 조직감이 매우 연약함, PES or DED 매우 심함)에서 5점(이취가 나지 않음, 육색이 매우 어두움, 조직감이 매우 단단함, PES or DFD가 발견되지 않음)으로 평가하고 명듬의 유무, 뼈의 이상유무를 O or X로 평가하였다.

나. 관능적 판정

- 관능적 판정의 시료의 크기는 25×700×4(높이×가로×세로)mm로 정형하여 사용하였다. 5인의 관능검사요원이 응취, 풍미, 다즙성, 연도, 전체기호도의 5개 항목을 평가하였으며, 각각의 배점은 1점(매우 응취가 심함, 풍미가 매우 나쁨, 매우 다즙하지 않음, 매우 질감, 매우 나쁨)에서 5점(매우 응취가 나지 않음, 풍미가 매우 좋음, 매우 다즙함, 매우 연함, 매우 좋음)으로 평가하였다.

다. 5가지 맛요인 판정

- 5가지 맛요인 판정의 시료육을 70mmX70mmX20mm 두께로 잘라 불고기 샘플방식으로 저장한다. 직접 18cm의 냄비에 물을 1.8ℓ 넣고 끓인 후 시료를 끓는물에 10초간 익힌다. 5인의 관능검사요원이 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 감칠맛의 5개 항목으로 평가하였으며, 각각의 배점은 1점 (단맛이 없음, 짠맛이 없음, 신맛이 없음, 감칠맛이 없음)에서 5점(매우 달다, 매우 짜다, 매우 시다, 매우 쓰다, 매우 감칠맛이 난다)으로 평가하였다.

2. 1차년도 연구결과

- [표 2-6-1]에서는 일반 및 동물 복지 계육의 관능평가 및 맛 성분 비교를 나타내었다. 악취와 신맛에서는 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 다즙성, 조직감 및 전체기호도에서 일반농장과 복지농장의 가슴살보다 다리살이 유의적으로 더 높은 점수를 보여주었다. 단맛의 경우 일반농장보다 복지농장의 닭고기 샘플에서 유의적으로 더 높은 점수를 보였으며, 짠맛의 경우는 가슴살보다 다리살에서 더 높은 점수를 받았다. 쓴맛과 감칠맛에서는 처리구간의 뚜렷한 차이를 발견하지 못하였다.

[표 2-6-1] 일반 및 동물복지 계육의 관능평가 및 맛 성분 비교

Treatment	Off-flavor	Smell	Juiciness	Texture	Overall acceptance	Sweet taste	Salt taste	Sour taste	Bitter taste	Umami taste
CB1)	3.06±0.28	2.88±0.49b	2.74±0.42b	2.94±0.29b	2.78±0.27c	2.14±0.41c	1.62±0.31b	1.60±0.33	2.16±0.42a	2.20±0.41a
CL	3.16±0.41	3.25±0.43ab	3.44±0.35a	3.46±0.46a	3.60±0.48a	2.46±0.35bc	2.06±0.36a	1.42±0.23	2.08±0.37a	2.82±0.37b
WB	3.16±0.36	3.28±0.28ab	2.90±0.36b	3.16±0.45ab	3.20±0.29b	2.80±0.45ab	1.68±0.35b	1.42±0.19	1.90±0.38ab	2.82±0.23b
WL	3.08±0.34	3.42±0.46a	3.34±0.48a	3.36±0.39a	3.46±0.51ab	3.00±0.48a	1.80±0.31ab	1.36±0.22	1.72±0.26b	3.28±0.37a

1)CB : A conventional Farm Chicken breast, CL : A conventional Farm Chicken leg, WB : Animal Welfare Farm Chicken breast, WL : Animal Welfare Farm Chicken leg

a-cMeans±SD with different superscript letters indicate significant differences (p<0.05).

[표 2-6-2] 일반 및 동물복지 계육의 주관적판정

Treatment	Off-flavor	Color	Texture	PSE/DFD	Traumatism	Bone status
CB1)	3.76±0.30a	3.06±0.41	3.36±0.55	2.98±0.17b	X	O
CL	3.66±0.29a	3.30±0.55	3.02±0.56	3.24±0.26a	X	O
WB	3.26±0.48b	3.00±0.42	3.28±0.39	2.94±0.21b	X	O
WL	3.46±0.32ab	3.08±0.39	3.10±0.49	3.12±0.30ab	X	O

1)CB : A conventional Farm Chicken breast, CL : A conventional Farm Chicken leg, WB : Animal Welfare Farm Chicken breast, WL : Animal Welfare Farm Chicken leg

a-bMeans±SD with different superscript letters indicate significant differences (p<0.05).

- [표 2-6-2]에서는 일반 및 동물복지 계육의 주관적판정 결과를 나타내었다. 닭고기의 이취의 경우 큰 차이는 없었지만 복지농장의 가슴살에서 유의적으로 다른 처리구에 비해 낮은 점수를 받았으며, 육색과 조직감에서는 통계적으로 유의적인 차이가 없었다. 육특성에서는 가슴살보다 다리살에서 유의적으로 더 높은 점수를 받았다. 외상과 뼈의 이상유무에서는 모든 처리구에서 양호한 상태를 보여주었다.

[표 2-6-3] 일반 및 동물복지 계육의 아미노산 분석

Treatment	CI	WI
시스테인(Cys)	0.24±0.00	0.25±0.00
메치오닌(Met)	0.55±0.02	0.55±0.02
아스파르트산(Asp)	1.97±0.05	1.98±0.07
트레오닌(Thr)	0.96±0.02	0.97±0.03
세린(Ser)	0.85±0.01	0.86±0.02
글루탐산(Glu)	3.11±0.07	3.14±0.13
글리신(Gly)	0.87±0.01	0.90±0.03
알라닌(Ala)	1.21±0.02	1.23±0.04
발린(Val)	1.02±0.02	1.01±0.02
이소루신(Ile)	0.97±0.02	0.96±0.03
루신(Leu)	1.77±0.04	1.78±0.07
타이로신(Tyr)	0.68±0.01	0.68±0.02
페닐알라닌(Phe)	0.86±0.02	0.86±0.03
라이신(Lys)	1.93±0.06	1.93±0.08
히스티딘(His)	0.75±0.05	0.75±0.05
아르기닌(Arg)	1.37±0.05	1.38±0.06

○ [표 2-6-3]에서는 일반 및 동물복지 계육의 아미노산 분석 결과를 나타내었다. 일반농장과 동물복지 농장 닭고기 샘플의 아미노산은 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다.

[표 2-6-4] 일반 및 동물복지 돈육의 관능평가 및 맛 성분 비교

Treatment	Off-flavor	Smell	Juiciness	Texture	Overall acceptanc e	Sweet taste	Salt taste	Sour taste	Bitter taste	Umami taste
C11)	338±03b	365±03a	33±029	365±03a	292±061	266±049	258±062	244±03b	310±183	208±050
C2	371±03a	255±04c	320±039	290±03b	272±096	267±035	297±052	277±05bb	280±038	237±040
W1	328±03b	318±03b	331±044	336±03a	322±031	294±037	260±054	248±048b	272±037	238±033
W2	336±04b	32±05b	313±030	325±03bb	314±049	291±036	317±054	297±057ab	291±052	222±029

1)C1; A conventional Farm 1, C2; A conventional Farm 2, W1; Animal Welfare Farm not certified, W2; Animal Welfare Farm certified

a-cMeans±SD with different superscript letters indicate significant differences (p<0.05).

- [표 2-6-4]에서는 일반 및 동물복지 돈육의 관능평가 및 맛 성분 비교 결과를 나타내었다. 옹취에서는 일반농장2에서 처리구간의 유의적으로 가장 높은 점수를 받았으며, 풍미에서는 일반농장1에서 유의적으로 가장 높은 점수를 받았다. 조직감에서는 일반농장1에서 유의적으로 가장 높은 점수를 받았지만 신맛에서는 가장 낮은 점수를 받았다.

[표 2-6-5] 일반 및 동물복지 돈육의 주관적판정

Treatment	Off-flavor	Color	Texture	PSE/DFD	Traumatism	Bone status
C11)	1.58±0.33	1.44±0.18	2.08±0.26	2.68±0.23a	X	O
C2	1.65±0.25	1.31±0.25	1.97±0.45	2.62±0.48a	X	O
W1	1.36±0.29	1.38±0.23	1.76±0.39	2.06±0.43b	X	O
W2	1.62±0.27	1.47±0.46	1.82±0.43	2.32±0.38ab	X	O

1)C1; A conventional Farm 1, C2; A conventional Farm 2, W1; Animal Welfare Farm not certified, W2; Animal Welfare Farm certified

- [표 2-6-5]에서는 일반 및 동물복지 돈육의 주관적판정에 대한 결과를 나타내었다. 이취, 육색 및 조직감에서는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 육특성에서는 일반농장 1과 2에서 복지형 농장보다 더 높은 점수를 받았다. 외상과 뼈의 이상유무에서는 모든 처리구에서 양호한 상태를 보여주었다.

3. 2차년도 연구결과

가. 연구개발 목표

- 축산물의 주관적 관능평가

나. 연구결과

(1) 실험방법

- 일반성분 분석

- 수분, 단백질, 지방 및 회분(%)은 AOAC방법(1980)에 따라 측정한다.

- 주관적 판정

- 주관적 판정의 시료크기는 두께 20mm로 정형하여 사용하였으며, 5인의 판정요원이 가열한 돈육을 주관적으로 이취, 육색, 조직감, 육특성, 명듬, 뼈의 이상유무 총 6개 항목을 평가하였으며, 각각의 배점은 1점(이취가 매우 심함, 육색이 매우 창백함, 조직감이 매우 연약함, PES or DED 매우 심함)에서 5점(이취가 나지 않음, 육색이 매우 어두움, 조직감이 매우 단단함, PES or DFD가 발견되지않음)으로 평가하고 명듬의 유무, 뼈의 이상유무를 O or X로 평가하였다.

- 관능적 판정

- 관능적 판정의 시료의 크기는 25×700×4(높이×가로×세로)mm로 정형하여 사용하였다. 5인의 관능검사요원이 응취, 풍미, 다즙성, 연도, 전체기호도의 5개 항목을 평가하였으며, 각각의 배점은 1점(매우 응취가 심함, 풍미가 매우 나쁨, 매우 다즙하지 않음, 매우 질김, 매우 나쁨)에서 5점(매우 응취가 나지않음, 풍미가 매우 좋음, 매우 다즙함, 매우 연함, 매우 좋음)으로 평가하였다.

- 5가지 맛요인 판정

- 5가지 맛요인 판정의 시료육을 70mmX70mmX20mm 두께로 잘라 불고기 샘플방식으로 저장한다. 직접 18cm의 냄비에 물을 1.8ℓ 넣고 끓인 후 시료를 끓는물에 10초간 익힌다. 5인의 관능검사요원이 단맛, 짠맛, 신맛, 쓴맛, 감칠맛의 5개 항목으로 평가하였으며, 각각의 배점은 1점 (단맛이 없음, 짠맛이 없음, 신맛이 없음, 감칠맛이 없음)에서 5점(매우

달다, 매우 짜다, 매우 시다, 매우 쓰다, 매우 감칠맛이 난다)으로 평가하였다.

(2) 연구결과

- [표 2-6-6]에서는 도드람, 일반 동물 복지 돈육의 일반성분 비교를 나타내었다. 수분, 회분에서는 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 지방, 단백질 함량에서 동물 복지 2등급 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮게 나타내었고, 단백질에서는 동물 복지 1등급이 동물 복지 2등급에 비해 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다($p>0.05$).

[표 2-6-6] 도드람, 일반, 동물복지 돈육 일반성분 비교 (%)

Treatment	Misture	Fat	Ash	Protein
도드람	73.23±1.46	3.71±0.63 ^a	1.08±0.04	21.67±1.29 ^{ab}
일반 1등급	72.82±0.63	4.07±0.93 ^a	1.12±0.05	21.80±0.23 ^{ab}
일반 2등급	73.73±0.96	3.92±0.68 ^a	1.08±0.02	21.46±1.03 ^{ab}
복지 1등급	74.12±0.70	4.05±0.84 ^a	1.07±0.05	20.71±0.84 ^b
복지 2등급	74.06±1.02	2.31±0.35 ^b	1.11±0.08	22.15±0.49 ^a

a, bMeans±SD with different superscript letters indicate significant differences ($p<0.05$).

- [표 2-6-7]에서는 도드람, 일반 동물 복지 돈육의 주관적관정 비교를 나타내었다. 육색, PSE/DFD 항목에서는 모든 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이취에서는 동물 복지 처리구가 도드람, 일반 처리구에 비해 유의적으로 높은 수준을 나타내었고, 조직감에서는 일반 2등급이 복지 1등급 처리구에 비해 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다 ($p>0.05$). 외상과 뼈의 이상 유무에서는 모든 처리구에서 양호한 상태를 보여주었다.

[표 2-6-7] 도드람, 일반, 동물복지 돈육의 주관적관정 비교

Treatment	Off-flavor	Color	Texture	PSE/DFD	Traumatism	Bone status
도드람	2.71±0.75 ^b	3.14±0.69	3.14±0.37 ^{ab}	2.85±0.69	x	x
일반 1등급	3.14±0.69 ^b	3.85±1.06	3.42±0.53 ^a	3.00±0.57	x	x
일반 2등급	2.60±0.89 ^b	3.20±0.44	2.80±0.44 ^b	3.00±0.70	x	x
복지 1등급	4.14±0.69 ^a	3.14±0.69	2.71±0.95 ^a	2.85±0.37	x	x
복지 2등급	4.20±0.83 ^a	3.00±0.70	2.80±0.44 ^{ab}	2.80±0.44	x	x

1점 : 이취가 매우 심함, 육색이 매우 창백함, 조직감이 매우 연약함, 5점 : 이취가 나지 않음, 육색이 매우 어두움, 조직감이 매우 단단함; PSE/DFD 관정 - 1점 : PSE육 2점 : 약간 PSE육 3점 : 정상육 4점 : 약간 DFD육 5점 : DFD육명들의 유무, 뼈의 이상유무를 O or X

^{a, b}Means±SD with different superscript letters indicate significant differences (p<0.05).

○ [표 2-6-8]에서는 도드람, 일반 동물 복지 돈육의 관능평가 비교를 나타내었다. 이취, 다즙성에서는 모든 처리구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 풍미에서는 동물 복지 1등급이 동물 복지 2등급, 도드람 처리구에 비해 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다 (p>0.05). 조직감에서는 1등급 처리구가 일반 2등급 처리구에 비해 유의적으로 높은 수준을 나타내었다(p>0.05). 전체 기호도에서는 1등급 처리구가 2등급 처리구에 비해 유의적으로 높은 수준을 나타내었다(p>0.05).

[표 2-6-8] 도드람, 일반, 동물복지 관능평가 비교

Treatment	Off-flavor	flavor	Juiciness	Texture	Overall acceptance
도드람	2.80±0.17	3.28±0.15 ^b	2.97±0.24	3.05±0.37 ^{ab}	2.85±0.34 ^b
일반 1등급	2.51±0.32	3.52±0.14 ^{ab}	3.00±0.32	3.34±0.37 ^a	3.22±0.21 ^a
일반 2등급	2.84±0.43	3.52±0.26 ^{ab}	2.64±0.32	2.92±0.17 ^b	2.88±0.17 ^b
복지 1등급	2.62±0.28	3.62±0.17 ^a	2.94±0.39	3.42±0.35 ^a	3.25±0.18 ^a
복지 2등급	2.60±0.31	3.32±0.36 ^b	2.88±0.46	3.24±0.21 ^{ab}	2.92±0.22 ^b

1점 : 매우 옹취가 심함, 풍미가 매우 나쁨, 매우 다즙하지 않음, 매우 질김, 매우 나쁨

5점 : 매우 옹취가 나지않음, 풍미가 매우 좋음, 매우 다즙함, 매우 연함, 매우 좋음

^{a, b}Means±SD with different superscript letters indicate significant differences (p<0.05).

○ [표 2-6-9]에서는 도드람, 일반 동물 복지 돈육의 맛성분 비교를 나타내었다. 단맛, 감칠

맛에서는 모든 처리구가 유의적으로 차이를 나타내지 않았다. 짠맛에서는 동물 복지 1등급 처리구가 유의적으로 다른 처리구와 비교 했을 때 낮은 수준을 나타내었고, 신맛에서는 동물 복지 처리구가 일반 1등급 처리구에 비해 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다 ($p>0.05$). 쓴맛에서는 일반 2등급 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮은 수준을 나타내었지만 값이 크지 않은 것으로 나타내었다($p>0.05$).

[표 2-6-9] 도드람, 일반, 동물복지 돈육 맛성분 비교

Treatment	Sweet taste	Salt taste	Sour taste	Bitter taste	Umami taste
도드람	2.71±0.44	2.25±0.22 ^{ab}	1.54±0.32 ^{ab}	1.45±0.19 ^a	2.54±0.22
일반 1등급	2.74±0.34	2.31±0.42 ^{ab}	1.65±0.32 ^a	1.45±0.15 ^a	2.77±0.13
일반 2등급	3.04±0.51	2.48±0.33 ^a	1.44±0.21 ^{ab}	1.12±0.17 ^b	2.52±0.48
복지 1등급	3.02±0.32	1.80±0.36 ^c	1.22±0.29 ^b	1.40±0.23 ^a	2.60±0.41
복지 2등급	2.80±0.14	2.00±0.20 ^{bc}	1.28±0.22 ^b	1.48±0.17 ^a	2.48±0.10

1점 (단맛이 없음, 짠맛이 없음, 신맛이 없음, 감칠맛이 없음)에서 5점(매우 달다, 매우 짜다, 매우 시다, 매우 쓰다, 매우 감칠맛이 난다)

^{a-c}Means±SD with different superscript letters indicate significant differences ($p<0.05$).

제 3 장 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1. 연구수행 결과

가. 정성적 연구개발성과

- 동물복지 축산물의 품질인증 제도 및 시스템 구축
 - 동물복지 축산물의 차별화를 위한 과학적인 근거 마련
 - 국내 여건 및 소비자 중심의 동물복지 기준 개선안 제시
 - 동물복지 농장 및 축산물의 확대를 위한 법적, 제도적 선진화에 활용함
 - 동물복지 축산물의 판별기술 개발을 통한 유통되고 있는 축산물의 안전성 홍보
 - 동물복지 축산물의 객관적인 품질특성을 바탕으로 소비자에게 더욱 객관적인 정보제공과 시장에서의 차별화된 브랜드 시장 구축 가능
 - 일반 및 동물복지 축산물의 맛 성분 비교를 통한 차별화 시스템 구축
 - 일반농장과 동물복지 농장의 사육 환경에 따라 실질적으로 농장 동물이 받는 스트레스의 여부 확인
 - 가축의 생산단계 스트레스 지표 분석 방법 확립
 - 동물복지 축산물을 이용한 식육 가공 및 유통 현장에 적용하기 위해 관련 산업의 법적, 제도적 선진화에 활용함
 - 동물복지 축산물의 객관적인 품질특성을 바탕으로 소비자에게 더욱 객관적인 정보제공과 시장에서의 차별화된 브랜드 시장 구축 가능
 - 동물복지 축산농가, 가공 및 유통 업체에 품질보증 기술을 제공하며, 관련 국가 정책에도 활용
 - 개발기술의 산업재산권 취득을 통한 권리 확보 및 우수 논문게재
-

나. 정량적 연구개발성과

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계 (2018~2021)	계	가중치 (%)	
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	논문 (SCI)	목표(단계별)	?+2+2+2	6		
		실적(누적)	1+1+3+1	6		
	논문 (비SCI)	목표(단계별)	2+2+2+2	8		
		실적(누적)	2+2+3+1	8		
	학술발표	목표(단계별)	3+3+3+3	12	5	
		실적(누적)	2+6+5+3	16		
	특허출원	목표(단계별)	?+1+?+1	3	15	
		실적(누적)	?+?+?+1	2		
	특허등록	목표(단계별)	?+?+1+1	2	15	
		실적(누적)	?+?+?+1	1		
	연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	기술이전	목표(단계별)	?+?+?+1	1	10
			실적(누적)	?+?+?+1	1	
교육지도		목표(단계별)	2+2+2+2	8	10	
		실적(누적)	2+2+2+2	8		
인력양성		목표(단계별)	2+2+2+1	7	5	
		실적(누적)	1+1+4+6	12		
정책활용		목표(단계별)	?+?+1+2	3	25	
		실적(누적)	?+?+?+2	2		
홍보전시		목표(단계별)	1+1+1+1	4	10	
		실적(누적)	2+1+1+?	4		
계				54	100	
				60		

* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구 시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신품 중 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자 유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다 (연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

다. 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Quality comparison between imported hams from black and white pigs available in the market	Korean Journal of Agricultural science	남기창	45	대한민국	한국농업과 학회	비SCIE	2018.06.11	2466-2402	
2	Comparison of physicochemical traits of dry-cured ham from purebred Berkshire and crossbred Landrace×Yorkshire×Duroc(LYD) pigs	Journal of Animal Science and Technology	임동균	61	대한민국	BMC	SCI	2019.01.21	2055-0391	
3	Comparison of Meat Quality Traits in Salami Added by Nitrate-free Salts or Nitrate Pickling Salt during Ripening	Food Science of Animal Resources	남기창	40	대한민국	Korean society for food science of animal resources	SCIE	2018.08.25	2636-0772	
4	동물복지 인증 농장에서 생산된 돈육의 품질 특성	Annals of animal resource sciences	이성윤	31	대한민국	강원대	비SCIE	2020.03.	1225-2964	
5	Comparative meat qualities of Boston butt muscles from different pig breeds available in Korean market	Food Science of Animal Resources	Mahabbat Ali	40	대한민국	Korean society for food science of animal resources	SCIE	2020.09.09	2636-0772	
6	북분자 부산물 급여에 의한 버크셔 등심의 이화학적 품질 특성 비교	농업생명과학연구	박지영	54	대한민국	경상국립대 농업생명과학연구원	비SCIE	2020.09.23	1598-5504	
7	국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 냉장 저장 기간 중 품질과 생리활성기능 성분 비교	한국가금학회지	김희진	45	대한민국	한국가금학회	비SCIE	2018.12.01.	1225-6625	100
8	Comparison of the quality characteristics of chicken breast meat from conventional and animal welfare farms under refrigerated storage	Poultry Science	김희진	99	네덜란드	Elsevier	SCIE	2020.03.01.	1525-3171	50
9	육계(Cobb)다리육의 이화학적 특성과 생리활성기능 성분	Food & Life	김희진	2021	대한민국	한국축산식품학회	비SCIE	2021.07.31.	2714-0865	100
10	한우 암소의 부위별 뼈육수 추출시간에 따른 무기 성분의 변화	한국식품조리과학지	홍영신	35(5)	대한민국	한국식품조리과학회	비SCI	2019년10월	2287-1772	100
11	Elemental composition of pork meat from conventional and animal welfare	Meat Science	송옥연	172	영국	ELSEVIER	SCIE	2021월02월		100
12	Authentication and multi-elemental analysis of chicken breast meat from conventional and animal welfare farms by	게재중	-	-	-	-	-	-	-	-

13	ICP-OES and ICP-MS Effect of Fatty Acid Compositions on Eating Quality on Pork Loin	Annals of animal resource sciences	박진룡,	30(2)	대한민국	강원대	비SCIE	2019.06	1225-1964	100%
14	Comparison of stress indicators in blood and muscle of pigs in conventional and animal welfare farms	Korean journal of organic agriculture	이정은,	28	대한민국	한국유기농업학회	비SCIE	2020.11	1229-3571	100%
15	Comparison of blood gas, biochemical factors, and hormone concentrations, and muscle stress response factors of chickens in general farms and animal welfare farms	Korean journal of organic agriculture	김희은,	29	대한민국	한국유기농업학회	비SCIE	2021.08	1229-3571	100%
16	Quality traits, fatty acids, mineral content of meat and blood metabolites changes of broiler chickens after artificial infection with sporulated Eimeria tenella oocysts	Italian journal of animal science	차장욱,	19	이탈리아	Taylor & Francis	SCI	2020.11	1472-1481	50%

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	50th International Symposium and Annual Meeting	박지영	2018.05.24	제주대	대한민국
2	2018 한국가금학회 학술발표회	김희진	2018.10.18.	전남대학교	대한민국
3	51st KoSFA International Symposium and Annual Meeting	이성윤	2019.05.23	전남대	대한민국
4	51th KoSFA International Symposium and Annual Meeting	조진우	2019.05.23.	전남대학교	대한민국
5	65th International Congress of Meat Science and Technology	김희진	2019.08.04.	포츠담	독일
6	Comparison of Macro and Micro Element between Animal Welfare and Non-Welfare Pork by ICP-OES & ICP-MS	송옥연	2019.10.25.	제주	대한민국
7	Comparison of Vitamin A and Vitamin E amount between Animal Welfare and Non-Welfare Pork by HPLC-DAD	송옥연	2019.10.25.	제주	대한민국
8	2019 한국유기농업학회 동계학술대회	이정은	2019.12.11	서울	대한민국
9	Analysis of Volatile Flavor Components in Pork Meat from Conventional and Animal Welfare Farm by SDE-GC/MS	송옥연	2020.07.01.	광주	대한민국
10	한국축산학회 종합심포지움 및 학술발표회	이정은	2020.08.28	서울	대한민국
11	한국축산학회 종합심포지움 및 학술발표회	김희은	2020.08.28	서울	대한민국
12	52nd KoSFA International Symposium and Annual Meeting	이성윤	2020.10.29	온라인	대한민국
13	52nd KoSFA International Symposium and Annual Meeting	김희진	2020.10.30.	온라인	대한민국
14	53rd KoSFA International Symposium and Annual Meeting	김희진	2021.05.28.	온라인	대한민국
15	Authentication and Multi-Elemental Analysis of Chicken Breast Meat from Conventional and Animal Welfare farms by ICP-OES and ICP-MS	정지영	2021.10.27.	부산	대한민국
16	2021년도 한국가금학회 학술발표회	김동욱	2021.11.18.	대전컨벤션센터	대한민국

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
	무기원소 함량분석에 따른 동물복지 육계와 일반 육계의 판별방법	대한민국	정영철	2021-07-06	10-2021-0088275					50%	
	복지형 부가가치 신선육 및 그의 제조방법	대한민국	순천대학교 산학협력 단	2019-02-21	특허-2019-0020304						

지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

○ 국내표준

번호	인증구분 ¹⁾	인증여부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	제안/인증일자

- * 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

번호	표준화단계구분 ¹⁾	표준명	표준기구명 ²⁾	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 ³⁾	제안자	표준화 번호	제안일자

- * 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	기타	동물복지	다산육종	2021.12.10	-	-

- * 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

- * 1) 기술이전 또는 자기실시
- * 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- * 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
합계					

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내			
	국외				
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획				
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출				

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			yyyy년	yyyy년	
합계					

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	
		생산인력	
	개발 후	연구인력	
		생산인력	

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원
1	동물복지 축산물의 품질차별화 방안(제도보완) 및 인증시스템 구축	2018.07.11	부경양돈농협 양돈계열화 사업단	부경양돈회의실	15
2	동물복지 축산물의 품질차별화 방안(제도보완) 및 인증시스템 구축	2018.09.10	(주)돈마루 동물복지팀	돈마루회의실	10
3	동물복지 축산물의 품질차별화 방안(제도보완) 및 인증시스템 구축	2019.06.11	선진 임직원	선진 회의실	15
4	동물복지 축산물의 품질차별화 방안(제도보완) 및 인증시스템 구축	2019.08.10	농협중앙회 종돈개량사업소 직원 제주양돈농협	농협종돈개량사업소 회의실	10
5	국내외 동물복지 축산물 현황 및 발전방안	2020.08.12	퓨리나코리아 임직원	남원 동편제마을 회의실	15
6	[동물복지 양돈산업] 저용취용돈개발 및 활용방안	2020.10.15	농협중앙회 종돈개량사업소 임직원	농협종돈개량사업소	10
7	동물복지 양돈장 개선방안	2021.10.10	대한한돈협회 직원	대한한돈협회 회의실(서초)	10
8	동물복지 양돈장의 인증방안	2021.11.29	팜스코 임직원	팜스코회의실(안성)	20

□ 기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/ 수입

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	제안	동물복지 양돈장 인증규정 개선방안	농림축산검역본부 (동물보호과)	2021	인증규정 개선방안
2	제안	동물복지 축산물의 과학적 검증방법	농림축산검역본부 (동물보호과)	2021	인증규정 개선방안

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	학위취득	2018	0	1				1				1	
2	학위취득	2019		1			1					1	
3	학위취득	2020	2	2			2	2				2	2
4	학위취득	2021	2	3	1		3	3				4	2

□ 산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전문지홍보	중돈개량	유럽연합의 양돈장에서 동물복지 규정	2018년 5월호
2	전문지홍보	중돈개량	미국의 모돈의 스톨사육 및 군사시스템 비교	2018년 6월호
3	전문지홍보	월간양돈	양돈장 사료 곰팡이독소에 의한 피해 및 제거 예방대책(정중현)	2019년 6월호
4	주간지	축산신문	한국양돈산업의 블루오션화 전략	2020년 0.27

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

라. 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

- 동물복지 축산물의 차별화를 위한 과학적인 근거 마련
- 동물복지 농장 및 축산물의 확대를 위한 법적, 제도적 선진화에 활용함
- 동물복지 축산물의 판별기술 개발을 통한 유통되고 있는 축산물의 안전성 홍보
- 동물복지 축산물의 객관적인 품질특성을 바탕으로 소비자에게 더욱 객관적인 정보제공과 시장에서의 차별화된 브랜드 시장 구축 가능
- 일반 및 동물복지 축산물의 맛 성분 비교를 통한 차별화 시스템 구축
- 동물복지 축산물을 이용한 식육 가공 및 유통 현장에 적용하기 위해 관련 산업의 법적, 제도적 선진화에 활용함
- 동물복지 축산물의 객관적인 품질특성을 바탕으로 소비자에게 더욱 객관적인 정보제공과 시장에서의 차별화된 브랜드 시장 구축 가능
- 동물복지 축산농가, 가공 및 유통 업체에 품질보증 기술을 제공하며, 관련 국가 정책에도 활용

2. 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진국(미국, EU 등)의 동물 복지 축산물 관련 제도 및 유통, 시장 등 관련 현황 조사 ○ 일반 축산물/동물 복지 축산물의 사육, 유통 및 판매에 따른 경제성 평가 ○ 동물 복지 축산물의 품질 차별화를 위한 동물 복지 농장 인증 개선안 마련 ○ 해외사례, 국내여건, 동물 복지 축산물의 품질특성 및 경제성을 고려하여 동물 복지 축산물의 인증제도 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진국(미국, EU 등)의 동물 복지 축산물 관련 제도 및 유통, 시장 등 관련 현황을 조사하여 분석을 실시하였음 ○ 일반 축산물/동물 복지 축산물의 사육, 유통 및 판매에 따른 경제성 평가를 실시하였고, 문제점 및 해결방안을 제시하였음 ○ 국내 동물복지 축산물의 확대를 위해 동물 복지 축산물의 품질 차별화를 위한 동물 복지 농장 인증 개선안을 도출하 정책제안을 추진하였음 ○ 해외사례, 국내여건, 동물 복지 축산물의 품질 특성 및 경제성을 고려하여 동물 복지 축산물의 인증제도 제시하였음 	<p>100</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>100</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반농장/동물복지 돼지고기의 품질특성 비교 ○ 사육밀도에 따른 돼지고기의 도체특성, 육질 특성, 미량성분 분석비교 ○ 실내/실외사육에 의한 스트레스 지수 다변화에 따른 돼지고기의 도체 및 육질 특성분석 ○ 도축 변이에 따른 돼지고기의 품질특성 분석비교 및 표준화된 동물 복지 돼지고기 자격조건 설정 ○ 일반농장대비 동물복지 돼지고기의 우수성에 대한 과학적인 근거 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반농장과 동물복지 돼지고기의 품질특성 비교를 실시하였음 ○ 사육밀도에 따른 돼지고기의 도체특성, 육질 특성, 미량성분을 비교 분석하였음 ○ 실내/실외사육에 의한 스트레스 지수 다변화에 따른 돼지고기의 도체 및 육질 특성분석을 분석하였음 ○ 도축 변이에 따른 돼지고기의 품질특성 분석 비교 및 표준화된 동물 복지 돼지고기 자격조건 설정을 설정하였음 ○ 일반농장대비 동물복지 돼지고기의 우수성에 대한 과학적인 근거 제시하였음 	<p>100</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>100</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 유통 일반 농장과 동물복지농장의 육계(브로일러)의 품질·영양기능 평가 및 비교 ○ 일반농장과 동물 복지 육계(브로일러)농장의 환경에 의한 품질·영양기능성분의 차이규명 ○ 일반 및 동물 복지형 도축방법에 따른 육계(브로일러)의 품질·영양기능성분 차이규명 ○ 국내 육계(브로일러) 농장환경 및 도축과정과 육계의 품질·영양기능성분간의 상관도 분석 및 동물복지기준 개선안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 유통 일반 농장과 동물복지농장의 가금육의 도체 육질특성을 분석하였으며, 저장기간 중 품질변화를 규명하였음. 또한, 육계 내 영양 기능물질을 비교 분석하였음. ○ 육계 일반농장과 동물복지농장의 사육 환경을 조사하고, 사육밀도 및 환경(계절)에 따른 육계 내 품질 및 영양기능 물질을 비교 분석하였음. ○ 육계 일반농장과 동물복지농장의 사육 환경을 조사하고, 사육밀도 및 환경에 따른 육계 내 품질 및 영양기능 물질을 비교 분석하였음. ○ 환경(일반, 복지)요인과 도축요인(기절방법)에 의한 육계의 품질, 영양기능성분간의 상관도를 도출하였으며, 이를 통하여 동물복지기준 개선안을 제시하였음. 	<p>100</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>100</p>

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 동물복지 돼지고기 관별을 위한 이화학적 지표물질 탐색 및 선정	○ 동물복지 돼지고기 관별을 위한 이화학적 지표물질 탐색 및 선정하였음	100
○ 동물복지 돼지고기의 지표물질 분석법 개발 및 국내 동물복지 농장 적용 가능성 확인	○ 동물복지 돼지고기의 지표물질 분석법 개발 및 국내 동물복지 농장 적용 가능성 확인하였음	100
○ 닭 사육 농가 중 동물복지 농가를 관별할 수 있는 지표물질 탐색 및 규명	○ 닭 사육 농가 중 동물복지 농가를 관별할 수 있는 지표물질 탐색 및 규명하였음	100
○ 국내 동물복지 농장 생산 닭고기의 최적 지표물질의 관별법 기준 마련 및 모니터링	○ 국내 동물복지 농장 생산 닭고기의 최적 지표물질의 관별법 기준 마련 및 모니터링을 실시하였음	100
○ 일반농장과 동물복지 농장에서 돼지의 스트레스 지표 분석 및 비교	○ 일반농장과 동물복지 농장에서 돼지의 스트레스 지표 분석 및 비교를 실시하였음	100
○ 일반농장과 동물복지 농장에서 닭의 스트레스 지표 분석 및 비교	○ 일반농장과 동물복지 농장에서 닭의 스트레스 지표 분석 및 비교하였음	100
○ 동물복지 농장에서 생산된 축산물의 맛 성분 분석 및 관능평가	○ 동물복지 농장에서 생산된 축산물의 맛 성분 분석 및 관능평가를 실시하였음	100
○ 스트레스 지수에 따른 축산물의 맛 성분 분석 및 관능평가	○ 스트레스 지수에 따른 축산물의 맛 성분 분석 및 관능평가를 실시하였음	100

제 4 장 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

(1) 기술적 측면

- 국내 유통중인 동물복지 농장 육계의 품질·영양기능성분을 평가하고 비교함으로써 동물복지 육계에 대한 과학적인 차이점 제시
- 도축방법 및 환경요인에 따른 일반육계와 동물복지육계와의 품질·영양기능성분간의 비교를 통한 육계 생산에 영향을 미치는 요인 평가
- 동물복지 주요 사육환경 요인의 식육 가치에 미치는 효율성 입증을 통한 관련 산업 기술 선진화 및 생산성 향상

(2) 경제적·산업적 측면

- 동물복지 축산물의 품질 차별화 및 고급화를 통한 식육 산업 경쟁력 강화
- 동물복지 축산물에 대한 객관적 가치평가 기준 확립으로 시장에서 품질보증에 의한 고품질 식육 유통체계의 전환 가능
- 관련 기술 개발의 홍보효과로 인한 동물 복지형 농장 인식 및 확대에 기여

(3) 사회적 측면

- 동물복지 축산물의 우수성에 대한 과학적 근거 마련
 - 동물복지 축산물의 소비자 인식 확대
-

제 5 장 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 동물복지 축산물의 품질인증 제도 및 시스템 구축
 - 동물복지 축산물의 차별화를 위한 과학적인 근거 마련
 - 국내 여건 및 소비자 중심의 동물복지 기준 개선안 제시
 - 동물복지 농장 및 축산물의 확대를 위한 법적, 제도적 선진화에 활용제시
 - 동물복지 축산물의 객관적인 품질특성을 바탕으로 소비자에게 더욱 객관적인 정보제공과 시장에서의 차별화된 브랜드 시장 구축 가능
 - 동물복지 축산물을 이용한 식육 가공 및 유통 현장에 적용하기 위해 관련 산업의 법적, 제도적 선진화에 활용
 - 동물복지 축산물의 객관적인 품질특성을 바탕으로 소비자에게 더욱 객관적인 정보제공과 시장에서의 차별화된 브랜드 시장 구축 가능
 - 동물복지 축산농가, 가공 및 유통 업체에 품질보증 기술을 제공하며, 관련 국가 정책에도 활용
 - 개발기술의 산업재산권 취득을 통한 권리 확보 및 우수 논문게재
-

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE	매년 목표치	
	비SCIE	1	
	계	1	
국내논문	SCIE		
	비SCIE	1	
	계	1	
특허출원	국내		
	국외		
	계		
특허등록	국내	2	
	국외		
	계	2	
인력양성	학사		
	석사		
	박사		
	계		
사업화	상품출시		
	기술이전		
	공정개발		
제품개발	시제품개발		
비임상시험 실시			
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	
		2상	
		3상	
	의료기기		
진료지침개발			
신의료기술개발			
성과홍보		일반/동물복지 축산물의 과학적 우수성 제시	
포상 및 수상실적			
정성적 성과 주요 내용			

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농생명산업기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.