

과제번호
120045-
02

농
업
부
산
물
을

이
용
한

양
돈
용
급
이
기
술
개
발

2022

농
림
축
산
식
품
부

농
림
식
품
기
술
기
획
평
가
원

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
‘유용농생명자원산업화기술개발사업’ 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004014-01

농업부산물을 이용한 양돈용 액상급이기술키개발

2022.04.08

주관연구기관 / 애니팜영농조합법인
공동연구기관 / 전남식품산업연구센터

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “농업부산물을 이용한 양돈용 액상급이기술훈발”(개발기간 : 20.04.29 ~ 21.12.31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

주관연구기관명 : 애니팜영농조합법인 (대표자) 장을자 (인)
공동연구기관명 : 전남식품산업연구센터 (대표자) 고철종 (인)
위탁연구기관명 : 서울대학교산학협력단 (대표자) 최해천 (인)

주관연구책임자 : 장수철

공동연구책임자 : 방미애

위탁기관책임자 : 김유용

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

최종보고서							보안등급						
							일반[<input type="radio"/>], 보안[<input type="checkbox"/>]						
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명	사업명		유용농생명자원산업화 기술개발사업					
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원				내역사업명 (해당 시 작성)							
공고번호		농축 2020-64호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)				120045-2				
					연구개발과제번호								
기술분류	국가과학기술표준분류	LB06	70%	LB16	20%	LB99	10%						
	농림식품과학기술분류	AB0201	70%	AB0299	20%	AB0203	10%						
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문											
		영문											
연구개발과제명		국문		농업부산물을 이용한 양돈용 액상급이기술품개발									
		영문		Development of liquid feeding technology for swine by using agricultural by-products									
주관연구개발기관		기관명	애니팜영농조합법인			사업자등록번호		671-88-00834					
		주소	(우)전라남도 영광군 불갑면 함영로 5길 28-117			법인등록번호		205871-0005751					
연구책임자		성명		장수철		직위		이사					
		연락처	직장전화				휴대전화						
			전자우편				국가연구자번호						
연구개발기간		전체		2020. 04. 29 - 2021. 12. 31 (21개월)									
		1년차		2020. 04. 29 - 2020. 12. 31 (09개월)									
		2년차		2021. 01. 01 - 2021. 12. 31 (12개월)									
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		합계		연구개발비 외 지원금			
						지방자치단체 기타()							
		현금		현금		현물		현금			현물		
총계		528,000	13,250	119,250				541,250	119,250	660,500			
1년차		226,000	5,650	50,850				231,650	50,850	282,500			
2년차		302,000	7,600	68,400				309,600	68,400	378,000			
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고	
												역할 기관유형	
공동연구개발기관		전남식품산업연구센터		방미애		팀장							
위탁연구개발기관		서울대학교 산학협력단		김유용		교수							
연구개발담당자 실무담당자		성명		김성원		직위				과장			
		연락처	휴대전화				휴대전화						
			전자우편				국가연구자번호						

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021 년 12 월 31 일

연구책임자: 장 수 철 (인)

주관연구개발기관의 장: 장을자 (직인)

공동연구개발기관의 장: 고철중 (직인)

위탁연구개발기관의 장: 최해천 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		유용농생명자원산업화 기술개발사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		
내역사업명 (해당 시 작성)					연구개발과제번호		120045-2
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB06	70%	LB16	20%	LB99	10%
	농림식품 과학기술분류	AB0201	70%	AB0299	20%	AB0203	10%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명		농업부산물을 이용한 양돈용 액상급이기술훈발					
전체 연구개발기간		2020. 04. 01 - 2021. 12. 31 (21개월)					
총 연구개발비		총 660,500 천원 (정부지원연구개발비: 528,000천원, 기관부담연구개발비 : 132,500천원)					
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	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 대규모 양돈장에 정착되고 있는 양돈용 액상급이 (liquid feeding) 시설을 이용할 때 농업부산물을 함께 이용하는 기술 개발 ○ 30kg 육성돈부터 비육후기까지 농업부산물 (카사바박, 액상비타민부산물)을 첨가하여 성장률, 돈육의 도체품질까지 평가하도록 함 ○ 양돈용 액상급이 시설을 이용 시 농업부산물을 얼마나 첨가할 수 있는지를 규명하고 첨가 시 유의사항 등을 살펴서 일반농가들도 이용할 수 있도록 기술지도 ○ 농업부산물을 양돈용 액상급이 시설에서 활용할 때 사료 내 영양소 이용률이 얼마나 개선되는지를 검증 					
	전체 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 이미 개발된 액상급이시설을 단순히 사료에 물을 섞어서 급여하기보다는 농업부산물들을 활용하여 이용성을 높이도록 함 ○ 외국에서 수입되는 저렴한 타피오카를 양돈용 액상급이에 활용하여 사료비의 절감과 경지방 돈육이 생산될 수 있는 방안을 모색함 ○ 육성 비육돈을 이용하여 타피오카 또는 비타민부산물을 첨가하였을 때 사료 내 영양소 이용률은 어떻게 되는지를 검증, 평가함 					
연구개발성과		<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내에서 양돈용 액상급이시설을 활용하여 돼지의 성장과 돈육품질까지 평가하는 과학적 분석방법에 의거한 최초의 연구논문이 출판될 수 있음. ○ 국내에서 이용 가능한 농업부산물을 선정하여 적정 첨가비율까지 제시할 수 있음 ○ 액상급이시설의 software에 농업부산물을 첨가시 고려해야 할 사항들이 무엇인지를 규명하여 software의 update에 활용할 수 있음 					

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내 대규모 양돈장에서 액상급이시설을 설치한 농가들이 사료에 물을 섞어서 급여하는 것보다는 농업부산물을 섞어 급여하는 것이 효과적이란 것을 증명 ○ 양돈용 액상급이시설에 농업부산물을 첨가하여 활용한다면 적절한 첨가비율이 얼마나 되는지를 검증하여 일반 양돈 농가에게 보급 ○ 검증된 결과로 액상급이시설의 컴퓨터 software의 update시 적용가능 ○ 농업부산물을 이용할 때 사료 내 영양소 이용률이 얼마나 개선되는지를 고려하여 사료 formulation에 적용할 수 있음
---------------------------	--

연구개발성과의
비공개여부 및 사유

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
								Y	Y			
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)	액상급이		성장		돼지고기 품질		영양소 이용률		돼지			
영문핵심어 (5개 이내)	Liquid feeding		Growth		Pork quality		Nutrient bioavailability		Swine			

< 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 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

별첨 자료 (참고 문헌 등)

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발의 개요

- 국내 대형화된 양돈장에는 약 120여대의 양돈용 액상급이기가 보급되어 있는 실정.
- 양돈선진국인 EU와는 달리 국내에서 액상급이기의 활용은 양돈사료와 물을 1:2~1:3으로 섞어서 급여하는 것이 대부분인 현실임.
- 현재까지 국내에서 육성/비육돈 액상급이와 관련된 연구가 수행된 바는 없음. 액상급이 장치가 대규모 시설투자가 필요하기 때문에 국내 양돈장에서는 액상급이시설을 설치하는 것에 재정적 부담을 갖고있기 때문임.
- 우리나라 양돈장에서는 건식급이를 하는 농장이 대부분이며 액상급이를 하는 양돈장이 많지 않지만 네덜란드를 포함한 유럽 국가들은 액상급이를 하고 있는 농가가 더 많음.
- EU에서는 양돈용 액상급이기를 사용할 때, 농업부산물인 유청, 감자껍질, 밀부산물, 비지, 주정박, 치즈분말, 곡류전분 등의 다양한 농업부산물들을 적극 활용하여 부산물의 이용을 극대화하고 있는 실정임.
- 양돈용 액상급이기를 사용하면 약 10~30%의 사료비가 절감되고, 돈사 내에서 먼지 발생이 줄어서 쾌적한 환경에서 돼지의 사육이 가능하여 질병이 감소되며, 일당증체량이 높아짐. 액상급이는 건식급여에 비해 사료효율이 높으며, 부산물의 활용이 가능하여 사료비 절감이 가능한 방법임.
- 이우자돈에게 액상급이 (1:2)를 하였을 때 건식급이를 했을 때보다 성장성적, 사료효율, 외관상 소화율이 향상되었음 (Geary 등, 1996).
- 자돈에게 액상급이 (1:2.5)를 하였을 때 건식급이를 했을 때보다 소장의 용모 길이가 더 길었으므로 액상급이가 갖 이유한 자돈에게 유리하다고 보고하였음 (Plumed-Ferrer과 Von Wright, 2009).
- 액상급이는 장내 건강을 증진시킬 수 있으며 건식급이에 비해 액상급이를 하였을 때 돼지의 장 건강이 향상되는 결과를 나타냈음 (Hurst 등, 2008).
- 비육돈에게 액상급이를 하면 건식급이를 할 때에 비해 사료섭취시간이 줄어들었음 (Zoric 등, 2015).
- 양돈장에서 액상급이를 사용하면 먼지, 악취발생이 줄어들어 지역주민들의 민원이 획기적으로 감소되는 것을 기대할 수 있음.
- 돈사 내 먼지가 많으면 폐 질환이 발생하기 쉬운데 액상급이는 건식급이와 비교하였을 때 먼지로 인한 사료 허실을 줄일 수 있으며, 사료의 산성도 및 인의 가용성을 증가시키고 장의 점도를 증가시켜 사료효율을 증가시킬 수 있음.
- 액상급이는 살모넬라균 발생을 감소시킴. 선택된 유산균을 사용하고 발효 조건을 잘 조절한다면 병원균을 빠르고 정확하게 배제하는 사료를 제공할 수 있음. 따라서 살모넬라와 같은 병원균을 배제하는 액상급이는 식품안전에 중요한 기여를 할 수 있음.

전남식품산업연구센터



서울대학교 영양생화학실



애니팜영농조합법인



농업부산물을 활용한 양돈용 액상급이기 활용기술개발

1-2. 연구개발 대상의 국내·외 현황

가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 2010년부터 EU에서 많이 사용되는 양돈용 액상급이기들이 소개되기 시작 하여 현재 국내에는 약 120여대가 보급되었으며, 이중 약 65%에 해당하는 80여대의 급이기는 외국산 사우어 (Shauer)가 점유하고 있음.
- 국내에 소개된 유럽산 액상급이기를 바탕으로 국내업체에서 자체 제작하여 보급된 양돈용 액상 급이시설이 나타남.
- 최근의 대규모양돈장은 양돈장의 돈사구조가 기존의 단층에서 3~4층까지 높아지는 추세인데, 기술력이 떨어지는 일부 제품은 고층에 사료를 공급하는데 어려움이 있는 국내산 액상급이시설도 있는 실정.
- 대규모 양돈장을 중심으로 액상급이기가 보급되고 있지만, 급이기의 미세한 조절기술, software 기술은 아직 국내기업들이 외국기업을 따라가지 못하고 있는 실정.
- 양돈용 액상급이기에 농업부산물을 이용하는 것이 가능하다는 것을 인지하면서도 검증된 자료가 부족하여, 일반농가들이 적극 활용하기에는 부담이 되고 있음.

- 현재까지 국내에서 농가부산물을 이용한 액상급이와 관련된 연구가 수행된 바는 없음.

○ 시장현황

- 국내에서 양돈용 액상급이기 설치업체는 총 7개이며, 지금까지 전국에 약 120개의 액상급이기가 설치되어 있으며, 이중 외국산 S사 제품이 80여개가 설치되어 있는 실정으로 국내 시장규모는 연간 약 40억원 수준임.
- 정부에서도 축산농가들에게 ICT를 접목한 스마트팜(smart farm)사업을 통해 적극 추천하는 양돈용 액상급이기의 설치에 초기 설치비용이 많이 들어 소규모 농가들이 설치하기에는 재정부담이 많이 됨.
- 국내에서는 식품부산물의 활용보다는 남은음식물의 사료화에 많은 연구가 진행되었지만, 최근 ASF의 발생으로 남은음식물의 사료화는 불가능한 실정임.
- 국내로 수입되는 카사바박은 에탄올제조 부산물이라 조단백질 함량이 17%로 일반 주정박의 조단백질함량 13%보다 높고, 토사의 혼입이 없으며, 전분함량이 68%로 높아서 베트남 현재에서도 비육돈의 육질개선을 위해 많이 사용되고 있음.
- 액상비타민발효부산물은 국내에 위치한 BASF공장에서 B2를 제조하고 남은 부산물로 원료물질인 대두박, 대두유, 효모추출물 등의 성분이 남아있고 조단백질 함량이 15%, 조지방함량이 12.7%나 되어 영양적인 측면에서 우수한 부산물 원료임.
- 국내 양돈용 사료에 많이 사용되는 당밀과 비교하여도 영양소함량이 풍부하고, 가격이 저렴하여 경쟁력이 있는 농업부산물임.

〈액상비타민발효 부산물과 당밀의 일반성분 비교〉

Sample	수분(%)	조단백(%)	조지방(%)	조섬유(%)	조회분(%)	리보플라빈
액상비타민 발효부산물	54.15	15.09	12.78	0.15	9.15	9,993mg
당밀	25.00	3.00	0.10	-	8.10	-
차이	29.15	12.09	12.68	0.15	1.05	

○ 경쟁기관현황

- 국내 양돈용 액상급이기의 시장은 외국산 2개업체, 국내산 5개 업체가 양돈시장에서 경쟁하며 발전하고 있는 실정
- 유럽에서 이미 약 30~40년전부터 농업부산물을 활용할 수 있는 액상급이기가 고안되어 양돈장의 규모에 따라 다양한 형태의 기기가 보급되고 있는 실정.
- 국내 기업들은 수입된 외국산 액상급이기의 형태를 모방하여 제조, 보급되고 있는 실정이므로 검증된 외국산에 비해 시행착오가 많은 실정.

○ 지식재산권현황

- 액상급이기에 대한 지적재산권은 이미 EU에서 30~40년 동안 축적된 기술로 개발된 액상급이기 생산업체가 대부분을 보유하고 있는 실정임.

- 국내의 액상급이기 제조회사들은 지적재산권 축적보다는 외국산 액상급이기의 모방을 통해 저렴한 가격에 국내에서 생산하는 것에 중점을 두고 있음.

○ 표준화현황

- 국내에서 양돈용 액상급이기는 크게 자돈과 모돈용으로 스팟믹스 (spotmix)가, 육성/비육돈을 위한 리퀴믹스로 구분되어 보급되고 있는 실정.
- 자돈을 위한 스팟믹스를 사용할 때 육성율과 일당증체량이 높아지며, 균일한 체중(uniformity)의 육성돈을 생산할 수 있는 것으로 유럽에서 보고되고 있음.

○ 기타현황

- 국내에서 양돈용 액상급이기는 사료회사에서 공급되는 펠렛사료나 크럼블사료에 물을 희석하여 죽사료 (soup feed)를 급여하는 것에서 벗어나지 못하고 있는 실정.
- EU의 양돈용 액상급이기 이용결과와 같이 돼지의 성장, 사료비 절감, 균일성 향상 등의 장점이 나타나려면 유럽처럼 농업부산물을 적극 활용하는 기술이 필요함.

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 독일과 오스트리아를 비롯한 유럽에서는 이미 30~40 년전부터 양돈장이 대형화되어 양돈용 액상급이기의 보급과 활용이 많아짐.
- 대규모농장에 액상급이기가 설치되어도 돈방별, 체중별로 액상사료를 급이할 수 있으며, 하루에 2~8회까지 급여할 사료를 나누어 공급할 수 있음.
- 네덜란드는 연간 양돈사료 515만톤의 약 7%에 해당하는 40여만톤의 농업부산물을 활용하여 효과적으로 액상급이기를 사용하고 있음.
- 미국과 캐나다도 출하돈의 약 20% 정도가 농업부산물을 활용한 액상사료가 이용됨.
- 양돈용 액상급이기를 활용하여 유럽에서는 40%, 일본은 20%, 미국과 캐나다는 15%, 대만은 10% 정도의 식품부산물을 이용하고 있는 실정.

○ 시장현황

- 유럽과 미국 및 캐나다에서는 양돈장이 대형화되면서 양돈산업에 대한 대규모 투자가 진행되고 있으며, 많은 대형농장들은 액상급이기를 활용한 액상사료를 사용중.
- 액상급이기의 기술도 발전하여 액상급이기를 활용한 돼지의 성장단계별 사료급여 (phase feeding)도 현장에서 무리없이 활용되고 있음.
- 유럽시장에서도 액상급이기의 보급은 오스트리아산의 시장점유율이 가장 높으며, 네덜란드산 기기가 그 다음을 차지하고 있음.
- 전세계 양돈용 액상급이기 시장규모는 연간 1,000억원 규모로 알려지고 있음.

○ 경쟁기관현황

- 유럽에서 오래전부터 양돈용 액상급이시설을 생산해온 오스트리아 사우어 (Schauer) 제품이 선도하며, 네덜란드산 네답 (Nedap)사의 제품이 다음을 차지하고 있음.
- 양돈용 액상급이기는 유럽이나 미국에서는 지적재산권 문제로 인해, 일반 회사들이 쉽게 시장에 참여하지 못하는 상황임. 국내 시장은 외국산 2개 업체, 국내업체 5개사 등 총 7개가 시장에서 경쟁하고 있음.

○ 지식재산권현황

- 액상급이기의 지적재산권은 주로 오스트리아, 네덜란드 두 회사가 대부분 보유하고 있으며 다른 외국 업체들의 참여가 어려운 상황임.
- 액상급이기 자체에는 지적재산권이 있지만, 이를 활용한 농업부산물을 액상급이기에 이용하는 기술은 지적재산권과는 무관한 사양기술임.
- 국내에서 양돈용 액상급이기를 제조하는 업체들은 지적재산권에 대한 인식이 부족하고 외국 업체들과 같이 급이기에 대해 충분한 지적재산권을 가지고 있지 못한 현실임.

○ 표준화현황

- 양돈용 액상급이기는 크게 자돈용, 모돈용, 육성/비육돈용으로 나누어 생산, 시판되고 있으며, 농장크기에 따라 액상급이기의 규모도 다르게 생산되고 있음.
- 자돈용, 모돈용 액상급이기는 키친룸에서 사료, 부산물, 첨가제 등을 사육단계 및 성장단계별로 영양소요구량을 고려하여 다단계 정밀사양이 가능한 기기가 개발됨.
- 육성/비육돈용 액상급이기는 사료와 부산물을 적정비율 혼합한 액상사료가 파이프라인을 통해 각 급이기로 이송되어 돈방별 다단계 정밀사양이 가능하도록 설계됨.

○ 기타현황

- 국내에서 가장 먼저 보급된 양돈용 액상급이기는 오스트리아산 제품으로 시장점유율도 가장 높은 상황임.

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2-1. 연구개발의 목표 및 내용

가. 최종목표

- 농업부산물인 카사바박과 액상비타민부산물을 양돈용 액상급이기에 몇 퍼센트까지 첨가하여 활용할 수 있는지를 규명하고, 사료와 농업부산물의 혼합기술을 개발
- 농·식품 부산물을 활용한 액상 사료첨가제의 개발 (2건)과 양돈실증실험을 통한 액상사료 첨

가제 효과 검증 및 안정화 기술개발

- 돼지를 활용하여 농업부산물을 섞은 양돈용 액상사료가 체내 영양소 소화율이 얼마나 개선되는지를 검증
- 농업부산물의 영양소함량 및 물리적 특징을 분석하고 액상사료첨가제 급여에 따른 돈육의 품질검증

나. 세부목표

- 국내최초로 액상급이시설을 활용하여 농업부산물 두가지를 선발하여 양돈사료와 물을 섞을 때 함께 이용할 수 있는 적정 비율을 설정.
- 국내에서 양돈용 액상급이기에 사용이 가능한 농업부산물로는 국내에서 비타민제조시 생산되는 액상비타민제조부산물과 외국에서 수입되어 비육돈사료에 많이 첨가되기도하는 카사바박(casava meal)이 돈육의 상강도(marbling)를 높이고 경지방(hard lard) 돈육을 생산할 수 있는지를 검증하기 위해 본 실험에서 활용하도록 함.
- 선정된 액상비타민부산물과 카사바박을 이용하여 양돈사료와 혼합하여 액상급이 할 때, 양돈사료내 영양소 이용률(소화율)은 어떻게 달라지는지를 소화율실험을 통해 검증함.
- 체중 30kg의 육성돈부터 비육돈까지 농업부산물을 활용한 액상급이로 실험을 종료한 후 돈육의 품질은 어떻게 되는지 도축 후 도체등급, 돈육의 pH, 전단력, 산패도, WHC (water holding capacity), 지방산조성, 일반성분분석 등을 분석할 예정임.

다. 연차별 개발목표 및 내용

- 주관연구기관(애니팜영농조합법인)

<1차년도>

- 양돈용 액상급이시설에 적정 카사바박의 첨가비율의 설정실험

1) 연구목표

- 전라남도 식품산업연구센터에서 카사바박의 영양소함량과 화학적·물리학적 특징을 분석한 후 애니팜영농조합법인에서 카사바박의 첨가비율에 따라 3처리 3반복 반복당 100두, 총 900두를 공시하여 실험을 실시한다. 본 실험은 육성돈을 위한 액상급이시설이 6개가 설치되어 있는 애니팜영농조합법인에서 3개의 액상급이기를 동시에 이용하며 실시한다.



그림 1. 애니팜 영농조합법인에 설치되어 있는 양돈용 액상급이기

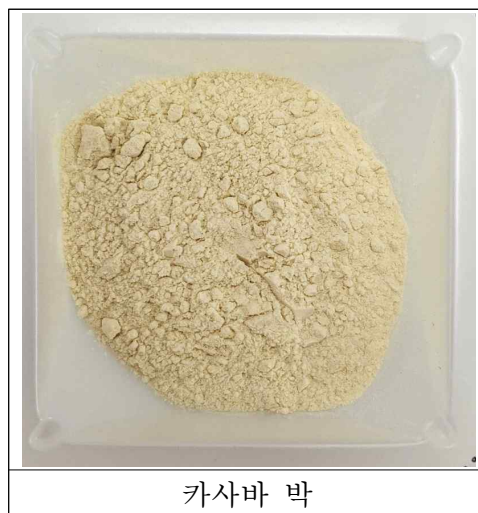
2) 연구방법

○ 실험동물

- 체중 30kg 내외의 육성돈을 선발하여 3처리 3반복, 반복당 100두, 총 900두를 공시하여 실험을 실시함.

○ 사료 첨가제 카사바박

- 카사바는 열대지방에서 이용되는 탄수화물이 풍부한 작물로 에탄올을 이용하여 추출하고 남은 카사바박을 건조 및 분쇄하여 분말 상태로 사료에 첨가하여 사용함.



카사바 박

○ 실험설계

- 농업부산물은 1년차에는 이미 선행 예비실험이 수행되었던 카사바박으로 적정 첨가비율을 규명하기 위해 양돈사료에 2% 또는 4%를 첨가함.

처리 1: 옥수수-대두박 위주의 기초사료

처리 2: 카사바박 2.0%를 옥수수와 대체

처리 3: 카사바박 4.0%를 옥수수와 대체

○ 분석항목

- 성장능력, 사료섭취량, 사료효율, 110kg 도달일령
- 도축 후 돈육의 품질분석 (pH, 전단력, 산패도, WHC 등)
- 돈육 내 지방산 및 아미노산 조성, 일반성분 분석

○ 실험결과

- Cassava 박의 수준별 첨가에 따른 사료 프로그램을 표1에 나타내었다. 처리구별로 각각의 recipe를 만들었고, 육성기 6주 후에는 4일동안의 육성돈 사료 적응기간을 설정하였다. 사료는 오전 8시, 오후 3시, 밤 11시 3번 급이 되었으며, 사료 섭취량을 매일 확인하고, 무제한 급이 하였다.

표1. Cassava 박의 수준별 첨가에 따른 사료 프로그램

일령	T0			T3			T6		
	R1	R2	%R1, %R2	R1	R2	%R1, %R2	R1	R2	%R1, %R2
60~82	젓먹이	젓먹이	100,0	젓먹이 +3%C	젓먹이 +3%C	100,0	젓먹이 +6%C	젓먹이 +6%C	100,0
83~110	젓먹이	젓먹이	1000,0	젓먹이 +3%C	젓먹이 +3%C	1000,0	젓먹이 +6%C	젓먹이 +6%C	1000,0
111	젓먹이	육성돈	80,20	젓먹이 +3%C	육성돈 +3%C	80,20	젓먹이 +6%C	육성돈 +6%C	80,20
112	젓먹이	육성돈	60,40	젓먹이 +3%C	육성돈 +3%C	60,40	젓먹이 +6%C	육성돈 +6%C	60,40
113	젓먹이	육성돈	40,60	젓먹이 +3%C	육성돈 +3%C	40,60	젓먹이 +6%C	육성돈 +6%C	40,60
114	젓먹이	육성돈	20,80	젓먹이 +3%C	육성돈 +3%C	20,80	젓먹이 +6%C	육성돈 +6%C	20,80
115~118	육성돈	육성돈	100,0	육성돈 +3%C	육성돈 +3%C	100,0	육성돈 +6%C	육성돈 +6%C	100,0
119~145	육성돈	육성돈	100,0	육성돈 +3%C	육성돈 +3%C	100,0	육성돈 +6%C	육성돈 +6%C	100,0
146~153	육성돈	육성돈	100,0	육성돈 +3%C	육성돈 +3%C	100,0	육성돈 +6%C	육성돈 +6%C	100,0
154~210	육성돈	육성돈	100,0	육성돈 +3%C	육성돈 +3%C	100,0	육성돈 +6%C	육성돈 +6%C	100,0

○ 카사바박을 함유한 액상사료의 시제품가공 및 평가

○ 실험 설계(Experimental animal and design)

- Cassava 박의 보수력을 검증하기 위하여, 사료와 물을 1:3의 비율로 혼합하여 시간에 따라 메스 실린더의 사료 높이를 측정하였다. Cassava 박의 첨가비율에 따라 1) T1 (기초사료+ 1% 카사바박), 2) T3 (기초사료+3% 카사바박), 3) T6 (기초사료 + 6% 카사바박), 4) T9 (기초사료

+9% 카사바박)로 나눈다. 4처리 3반복으로 유지력 실험을 진행하였고, 2분, 4분, 6분, 8분, 10분후의 사료 높이를 각각 측정하였다.

○ 보수력 측정

- Cassava 박의 수준별 첨가가 사료의 보수력에 미치는 영향을 표2에 나타내었다. 첨가 수준이 증가할수록 전체적으로 사료의 높이가 증가하였다. 특히, 6%의 Cassava 박을 첨가한 처리구가 T1, T3 처리구보다 높게 측정이 되었고, T9처리구와 비교하였을 때 비슷한 결과를 나타내었다. 액상사료에서 물과 사료를 혼합하여 일정시간이 지나면 층이 분리되는 현상이 발생하는 데, 사료 내에 Cassava 박을 첨가하면 보수력을 증가시켜, 층 분리 현상을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

표 2. Cassava 박의 수준별 첨가에 따른 보수력 측정.

TIME	T1	T3	T6	T9
Hight, mm				
2 min	293	310	365	362
4 min	290	307	355	357
6 min	288	307	353	355
8 min	288	305	348	352
10 min	290	310	348	353

○ 육성, 비육돈 사료내 카사바 부산물의 수준별 첨가와 액상급이가 성장성적, 혈액성상, 영양소 대사, 도체 특성에 미치는 영향

○ 실험동물 및 실험 설계(Experimental animal and design)

- 본 실험은 종돈 P (Yorkshire×Landrace, 평균 체중 33.7 ± 1.09 kg) 육성돈 720두를 공시하여, 체중에 따라 3처리에 완전임의 배치법(Completely randomized design; CRD)으로 배치하여 실시하였다. 평균 70일령의 자돈을 비육사에서 육성기에서 비육기까지 12주 동안 사양 실험을 진행하였다. 처리구는 Cassava 박의 첨가비율에 따라 1) T0 (기초사료), 2) T3 (기초사료 +3%카사바박), 3) T6 (기초사료 + 6%카사바박)로 나눈다. 액상급이기를 이용하여 사료와 물을 1:3 비율로 혼합하여 급이 하였다.

○ 실험 사료(Experimental diet)

- 옥수수-대두박 위주로 기초 사료(Basal diet)를 사용하였으며, 각 처리구에 따라 Cassava 박을 3% 및 6%를 추가로 첨가하여 실험을 진행하였다. T3 처리구는 기초사료에 Cassava을 3% 추가로 첨가하였고, T6 처리구는 기초사료에 Cassava을 6%을 추가로 첨가하여 급이하였다.

○ 성장성적(Growth performance)

- Cassava 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 성장성적에 미치는 영향을 표3에 나타내었다. 육성 6주 동안 cassava 박을 첨가한 처리구와 대조구를 비교 하였을 때 일당사료섭취량에 있어서 유의적인 차이가 나타났다(P<0.05). 전체 실험기간 동안 각각의 처리구에 대하여 최소 유의차(LSD) 다중 검정법에 의해 결과를 비교하였다. T6 처리구의 경우 0-3주의 일당사료섭취량에서 대조구에 비해 높은 수치를 보였고(P<0.05), 3-6주에서는 T3, T6 처리구가 대조구에 비해 높은 일당사료섭취량을 나타내었다(P<0.01). 체중, 일당증체량, 사료효율에 있어서는 통

계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Cassava 박을 3%, 6% 첨가한 처리구와 대조구간의 차이가 없는 것으로 보아 cassava 박을 첨가할 경우에는 육성돈의 성장에 부정적인 영향을 미치지 않으며, 옥수수과 대두박을 대체 가능한 것으로 판단된다. 비육기에서 T3, T6 처리구의 경우 6-9주 일당사료섭취량에서 대조구에 비해 높은 수치를 보였고(P<0.05), 6-9주와 실험전체기간에서 사료효율은 T6처리구가 대조구와 T3처리구에 비해 유의적으로 낮은 수치를 보였고(P<0.05). T6 처리구의 비육기 6-9주의 ADG에서 대조구와 비교하였을 때 통계적으로 유의적인 차이는 없었지만 수치상으로 낮은 경향을 보였다(P=0.06). 비육기에서는 체중, 일당증체량에서 통계적인 유의차가 나타나지 않았다(P>0.10). 실험전체 기간을 기준으로 살펴보면, 실험 종료시 체중과 일당증체량에서 3%의 cassava 박 첨가구가 가장 높은 수치를 보였고, 6%의 cassava박 첨가구는 가장 낮은 수치를 보였다. 또한 cassava박 첨가구의 일당사료섭취량이 대조구보다 높게 나타났으며, 6%의 cassava박 첨가구가 가장 높게 나타났다. 결과를 바탕으로, cassava박의 첨가는 돼지의 사료 기호성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다. 사료효율(G:F ratio)에서는 3%의 cassava박 첨가구와 대조구에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 6%의 cassava박 첨가구가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다.

표 3. Cassava 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 성장에 미치는 영향

Item.	T0 ¹	T3 ¹	T6 ¹	SEM ²	P-value
Body weight, kg					
Initial	33.93	33.52	33.65		
3 week	47.72	46.68	45.67	0.691	0.17
6 week	63.58	62.09	60.62	0.802	0.19
9 week	80.39	78.95	76.07	0.911	0.18
12 week	93.39	94.72	89.83	1.203	0.41
ADG, g					
0-3 week	689	658	601	22.204	0.27
3-6 week	721	701	679	7.661	0.25
6-9 week	801 ^{ab}	803 ^{ab}	736 ^c	13.098	0.06
9-12 week	619	751	655	27.709	0.37
0-12 week	708	729	669	12.716	0.46
ADFI, g					
0-3 week	1,469 ^{ab}	1,518 ^{abc}	1,573 ^{bc}	32.642	0.02
3-6 week	1,923 ^c	2,023 ^{ba}	2,077 ^{ba}	31.791	0.01
6-9 week	2,080 ^c	2,214 ^{ba}	2,247 ^{ba}	33.121	0.03
9-12 week	2,129	2,582	2,341	85.855	0.12
0-12 week	1,931	2,115	2,128	44.451	0.14
G/F ratio					

0-3 week	0.468	0.433	0.383	0.011	0.23
3-6 week	0.375	0.347	0.328	0.006	0.07
6-9 week	0.385 ^{ab}	0.363 ^{ab}	0.328 ^c	0.008	0.01
9-12 week	0.291	0.291	0.279	0.005	0.49
0-12 week	0.367 ^{ab}	0.345 ^{ab}	0.314 ^c	0.006	0.03

^{a,b,c} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05).

¹ T0 : Basal diet, T3 : Basal diet+3% cassava residue, T6: Basal diet +6% cassava residue.

² Standard error of means.

○ 혈액분석(Blood analysis)

· Cassava 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 혈액성상에 미치는 영향을 표4에 나타내었다. 혈액 분석의 모든 항목에서 각 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 육성기에서 T3 처리구의 경우 3-6주차 간수치 검사(ALT)에서 다른 처리구보다 높은 경향을 보였고(P>0.10), 육성후기 3-6주의 혈중 요소태 질소 함량(BUN)이 카사바박 첨가에 따라 증가하는 경향이 나타났다(P>0.10). Cassava 박의 급여는 육성-비육돈의 혈액성상에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 4. Cassava 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 혈액성상에 미치는 영향

ITEM.	T0 ¹	T3 ¹	T6 ¹	SEM ²	P-value
ALT, U/L					
0-3 week	32.6	38.0	36.1	0.897	0.27
3-6 week	29.5	46.4	39.7	1.206	0.06
6-9 week	31.8	35.0	35.9	0.946	0.55
9-12 week	34.0	43.2	37.7	1.367	0.20
AST, U/L					
0-3 week	36.9	37.2	32.6	1.027	0.83
3-6 week	35.6	38.3	29.8	1.556	0.52
6-9 week	36.8	33.8	29.7	1.170	0.63
9-12 week	30.1	33.9	33.1	1.434	0.41
BUN, mg/dL					
0-3 week	9.5	8.2	7.8	0.328	0.16
3-6 week	10.7	8.9	8.2	0.371	0.07
6-9 week	11.2	9.0	9.1	0.420	0.47
9-12 week	12.1	11.0	10.3	0.322	0.45
Creatinine, mg/dL					
0-3 week	1.10	1.20	1.20	0.024	0.89
3-6 week	1.30	1.20	1.30	0.021	0.50
6-9 week	1.60	1.40	1.60	0.025	0.68

9-12 week	1.50	1.50	1.60	0.025	0.50
T.cholesterol, mg/dL					
0-3 week	88.60	92.30	90.30	1.378	0.29
3-6 week	83.80	91.80	94.30	1.269	0.67
6-9 week	84.80	90.10	89.30	1.562	0.57
9-12 week	86.50	86.70	86.40	1.631	0.54
Glucose, mg/dL					
0-3 week	88.90	88.30	88.00	0.775	0.73
3-6 week	96.80	97.80	102.00	1.544	0.59
6-9 week	89.80	92.60	106.60	1.364	0.15
9-12 week	78.50	87.30	97.50	1.715	0.32

^{a,b,c} Means with different superscripts in the same row significantly differ (P<0.05).

¹ T0 : Basal diet, T3 : Basal diet+3% cassava residue, T6: Basal diet +6% cassava residue.

² Standard error of means.

○ 출하 도달일령(Days to market weight)

- Cassava 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 출하 도달일령에 미치는 영향을 표 5.에 나타내었다. 출하 도달일령은 실험 개시 체중 33.7kg부터 110kg 체중 도달 시점까지 일 수를 측정하였다. 출하 도달일령에서 Cassava 박의 수준별 급여에 따른 처리구간의 유의적인 차이는 없었다.

표 5. Cassava 박의 수준별 급여가 육성-비육돈의 출하 도달일령에 미치는 영향

Item.	Days to market weight (110kg) from 33.7kg , days
T0	107.7
T3	105.0
T6	114.3
SEM	2.154
P-value	0.46

<2차년도>

○ 양돈용 액상급이시설에 적정 보리가공부산물의 첨가비율의 설정실험

1) 연구목표

- 국내 오비 맥주공장에서 맥주 제조 시 생산되는 보리가공부산물을 액상사료에 첨가시 적정 첨가비율이 어떻게 되는지 규명하고자 함.

2) 연구방법

○ 실험동물

- 체중 30kg 내외의 육성돈을 선발하여 3처리 3반복, 반복 당 100두, 총 900두를 공시하여 실험을 실시함.

○ 사료첨가제 보리가공부산물

- 보리가공 부산물은 맥주 제조 공정에서 발효 후 남은 보리 및 효모 부산물을 회수하여 액상 상태로 사료에 첨가하여 사용함.



○ 실험설계

- 2년차 실험의 농업부산물은 맥주 생산공장에서 발생하는 맥주 발효 후 남은 보리 및 효모 부산물(보리가공부산물)을 사용하여 예비시험과 본 실험을 수행하고자 함.

처리 1: 옥수수-대두박 위주의 기초사료

처리 2: 보리가공부산물 2.0%를 옥수수와 대체

처리 3: 보리가공부산물 4.0%를 옥수수와 대체

○ 분석항목

- 성장능력, 사료섭취량, 사료효율, 110kg 도달일령
- 도축후 돈육의 품질분석 (pH, 전단력, 산패도, WHC 등)
- 돈육 내 지방산 및 아미노산조성, 일반성분 분석

○ 성장성적(Growth performance)

· BW, ADG, ADFI 및 G:F 비율에 대한 성장성적은 전체 시험 기간에 걸쳐 표 6에 제시되었다. 체중은 각 군별로 실험 전체 구간에서 처리구보다 대조구에서 유의적으로 높게 나타났다 ($P < 0.05$). ADG는 보리가공부산물을 첨가한 그룹보다 대조구가 육성기(0-6)에서 유의적으로 높았고($P < 0.01$), 비육기에서는 유의적으로 차이가 나타나지 않았다. 즉, T0(기초사료) 과 T2(기초사료+ 2% 보리가공부산물) 그리고 T4 (기초사료+ 4% 보리가공부산물)의 12주째 최종 체중은 각각 99.5 kg 과 97.4 kg 그리고 94.3 kg 으로 나타나 보리 부산물을 먹었을 때 보다 첨가지 않았을 때 성장성적이 높은 것을 볼 수 있었다. ADFI에 있어서는 보리 부산물을 첨가한 그룹이 비육기(6-12주)에서 대조구보다 유의적으로 높은 수치를 보였고($P < 0.05$), 보리가공부산물 첨가 수준이 높을수록 사료 섭취량이 증가하였다. G:F에서는 육성기(1-6주), 전체 실험기간

(0-12주)에서 대조구가 첨가구보다 유의적으로 높은 사료효율을 보였다(P<0.01). 이는 보리가 공부산물 첨가가 사료섭취량을 증가시켰지만, 성장성적에는 긍정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 6. 보리가공부산물의 수준별 급여가 육성-비육돈의 성장성적에 미치는 영향

Item	CON	LY2	LY4	SEM	P-value	
					Lin.	Quad.
Body weight, kg						
Initial	30.75	31.76	30.81	0.700	0.93	0.17
3 week	47.15	46.32	44.13	0.775	0.01	0.33
6 week	68.02	65.51	63.67	1.011	0.01	0.66
9 week	80.96	79.26	77.27	0.982	0.02	0.87
12 week	99.48	97.39	94.29	1.110	0.04	0.75
ADG, g						
0-3 week	781	693	634	22.346	*0.01	0.07
3-6 week	994	914	930	14.791	*0.01	*0.01
6-9 week	616	655	648	10.937	0.36	0.44
9-12 week	882	863	811	20.919	0.21	0.70
0-12 week	818	781	756	11.487	0.04	0.77
ADFI, g						
0-3 week	1,330	1,372	1,400	0.023	0.14	0.74
3-6 week	1,886	1,938	1,934	0.018	0.07	0.23
6-9 week	2,093	2,324	2,339	0.530	*0.01	*0.01
9-12 week	1,986	2,200	2,326	0.056	0.02	0.48
0-12 week	1,840	1,976	2,045	0.037	0.02	0.23
G/F ratio						
0-3 week	0.59	0.51	0.48	0.020	*0.01	0.38
3-6 week	0.53	0.47	0.48	0.009	*0.01	*0.01
6-9 week	0.30	0.28	0.28	0.005	0.12	0.67
9-12 week	0.45	0.39	0.35	0.017	0.03	0.88
0-12 week	0.45	0.40	0.37	0.012	*0.01	0.41

○ 혈액성상(Blood profiles)

· 육성비육돈 사료 내 보리가공부산물이 혈액 내 ALT, AST, BUN, Creatinine, Total cholesterol, Glucose, HDL cholesterol 및 Triglycerides 농도에 미치는 영향은 표 7에 제시되었다. 3주차, 6주차, 9주차 혈액 내 ALT, AST, Creatinine, Glucose 및 Triglycerides 농도에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 하지만 6주차 혈액 내 BUN 농도에서는 사료 내 보리가공부산물 농도가 증가함에 따라 유의적으로 linear하게 감소하는 것으로 나타났다 (linear, P=0.02). 6주차 혈액 내 total cholesterol 농도에서 사료 내 보리가공부산물 농도가 증가함에 따라 유의적으로 linear하게 감소하는 것으로 나타났다 (linear, P<0.01). 또한, 3주차 혈액 내 HDL cholesterol 농도에서 사료 내 보리가공부산물 농도가 증가함에 따라 유의적으로 linear하게 감소하는 것으로 나타났다 (linear, P<0.01). 따라서, 육성비육돈 사료 내 보리가공부산물을 첨가하였을 때 혈액성상에 긍정적인 효과를 나타낸 것으로 사료된다.

표 7. 보리가공부산물의 수준별 급여가 육성-비육돈의 혈액성상에 미치는 영향

Item	CON	LY2	LY4	SEM	P-value	
					Lin.	Quad.
ALT, U/L						
0-3 week	39.2	34.8	39.3	1.446	0.96	0.17
3-6 week	39.4	42.4	36.9	1.858	0.60	0.31
6-9 week	40.8	45.3	41.4	1.708	0.89	0.27
9-12 week	40.9	43.1	45.1	1.443	0.27	0.98
AST, U/L						
0-3 week	55.6	47.5	44.8	4.404	0.31	0.77
3-6 week	40.3	55.3	39.6	5.109	0.95	0.17
6-9 week	33.5	37.8	27.9	2.004	0.25	0.10
9-12 week	26.5	32.7	27.1	1.491	0.88	0.09
BUN, mg/dL						
0-3 week	13.1	10.3	11.1	0.353	*0.01	*0.01
3-6 week	12.8	10.4	10.4	0.488	0.05	0.24
6-9 week	16.5	13.9	13.6	0.546	0.02	0.26
9-12 week	14.5	13.6	15.4	0.596	0.05	0.24
Creatinine, mg/dL						
0-3 week	0.86	1.06	1.03	0.039	0.08	0.18
3-6 week	0.95	0.98	0.83	0.038	0.37	0.88
6-9 week	1.36	1.29	1.35	0.041	0.91	0.46
9-12 week	1.47	1.53	1.48	0.030	0.87	0.32
T.cholesterol, mg/dL						
0-3 week	88.8	79.3	73.3	2.126	*0.01	0.66
3-6 week	87.1	79.6	72.1	2.344	0.02	0.99
6-9 week	99.6	93.6	81.0	2.471	*0.01	0.45
9-12 week	109.6	100.5	100.3	2.442	0.14	0.41
Glucose, mg/dL						
0-3 week	108.2	100.1	107.1	1.618	0.76	0.02
3-6 week	75.6	77.6	73.4	1.785	0.68	0.48
6-9 week	79.8	82.3	88.0	1.585	0.05	0.63
9-12 week	79.1	82.3	83.5	1.124	0.15	0.70
HDL, mg/dL						
0-3 week	43.8	34.3	33.1	1.520	*0.01	0.14
3-6 week	47.4	41.9	38.1	1.467	0.02	0.80
6-9 week	79.8	82.3	88.0	1.585	0.05	0.63
9-12 week	54.5	49.0	54.3	1.516	0.96	0.11
Triglycerides, mg/dL						
0-3 week	53.9	42.1	45.3	3.037	0.12	0.11
3-6 week	32.6	39.5	31.0	1.917	0.70	0.05
6-9 week	63.9	52.7	56.7	2.846	0.21	0.07
9-12 week	45.8	41.9	42.4	2.485	0.60	0.70

○ 분변 내 미생물 조성(fecal microbial)

- 육성비육돈 사료 내 보리가공부산물이 분변 내 총 세균 수, 대장균 수 및 효모균 수에 미치는 영향은 표 8에 제시되었다. 3주차 분변 내 총 세균 수에서 사료 내 보리가공부산물 농도가 증가할수록 유의적으로 linear하게 감소하는 것으로 나타났다 (linear, P=0.02). 3주차와 9주차 분변 내 대장균 수에서 사료 내 보리가공부산물 농도가 증가할수록 유의적으로 linear하게 증가하는 것으로 나타났다 (linear, P=0.01; P=0.04). 3주차와 6주차 분변 내 효모균 수에서 사료 내 보리가공부산물 농도가 증가할수록 유의적으로 linear하게 증가하는 것으로 나타났다

(linear, P=0.02; P<0.01). 따라서, 육성비육돈 사료 내 보리가공부산물을 첨가하였을 때 4%까지 첨가하는 것은 분변 내 대장균 수가 증가하여 부정적인 효과를 나타낼 것으로 사료된다.

표 8. 보리가공부산물의 수준별 급여가 육성-비육돈의 분변에 미치는 영향

Item	CON	LY2	LY4	SEM	P-value	
					Lin.	Quad.
T. bacteria, *10⁷ CFU/mL						
0-3 week	1.46	3.45	2.11	0.45	0.44	0.04
3-6 week	0.92	0.27	2.39	0.34	0.02	0.02
6-9 week	0.36	0.26	4.30	1.09	0.17	0.39
9-12 week	0.60	1.07	1.15	0.29	0.54	0.80
E-coli, *10⁵ CFU/mL						
0-3 week	3.67	10.90	22.33	2.91	0.01	0.75
3-6 week	4.02	0.43	17.84	2.56	0.01	0.02
6-9 week	14.65	9.88	41.70	10.17	0.07	0.15
9-12 week	7.65	11.62	36.00	5.12	0.04	0.35
Yeast, *10⁴ CFU/mL						
0-3 week	160.8	395.2	876.5	358.13	0.02	0.59
3-6 week	170.0	31.3	515.0	128.45	0.02	0.02
6-9 week	34.9	162.3	726.7	71.42	*0.01	0.22
9-12 week	208.7	403.3	501.7	100.37	0.29	0.84

○ 출하 도달일령(Days to market weight)

· 육성비육돈 사료 내 보리가공부산물이 출하 도달일령에 미치는 영향은 표 9에 제시되었다. 실험개시 체중 31.1kg부터 110kg 체중 도달 시점까지 측정하였다. 육성비육돈 사료 내 보리가공부산물이 출하 도달일령에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 따라서, 육성비육돈 사료 내 보리가공부산물이 출하 도달일령에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

표 9. 보리가공부산물의 수준별 급여가 육성-비육돈의 출하 도달일령에 미치는 영향

Item	CON	LY2	LY4	SEM	P-value
Days to market weight from 31.1kg to 100kg	98.5	101.4	102.5	2.15	0.46

- 협동기관((재)전남바이오산업진흥원 식품산업연구센터)

<1차년도>

○ 사료첨가제 효능검정을 위한 혈액 및 돈육 분석

- 사양시험은 애니팜영농조합법인에서 진행하였으며, 사료와 물을 1:3의 비율로 혼합하여 무제한 급여함. 사료는 Cassava박의 첨가 비율에 따라 1) T0(기초사료), 2) T3(기초사료+ 3% 카사바박), 3) T6(기초사료+ 6% 카사바박) 혼합 후 급여하여 진행하였으며, 각각의 Cassava박, 사료, 돼지 혈액, 돈육을 제공받아 분석을 진행함.

표 10. 주관기관의 농가 운영 일정 및 분석 시료 수령 일정

	8월				9월				10월				11월			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
일정																
		8.11 (0d 혈액)			9.1 (3w 혈액)			9.22 (6w 혈액)		10.13 (9w 혈액)			11.3 (12w 혈액)		11.17 (등심 1차)	11.26 (등심 2차)

○ 시료의 명명

- 주관기관에서 제공 받은 시험 시료의 종류는 아래와 같고 각 시료의 약어를 표 11.와 같이 사용하고자 함.

표 11. 분석용 시료의 명명

Sample	Sample	Abbreviation
카사바 박 A-1	Cassava residue	1A-1
카사바 박 A-2	Cassava residue	1A-2
카사바 박 B	Cassava residue	1B
카사바 박 C	Cassava residue	1C
기초사료*	Growing pig Diet	1T0GD
	Finishing pig Diet	1T0FD
기초사료+3% 카사바박	Growing pig Diet	1T3GD
	Finishing pig Diet	1T3FD
기초사료+6% 카사바박	Growing pig Diet	1T6GD
	Finishing pig Diet	1T6FD
기초사료 급여 양돈의 혈액	Blood	1T0B
기초사료+3% 카사바박 급여 양돈의 혈액	Blood	1T3B
기초사료+6% 카사바박 급여 양돈의 혈액	Blood	1T6B
기초사료 급여 돈육	Meat	1T0M
기초사료+3% 카사바박 급여 돈육	Meat	1T3M
기초사료+6% 카사바박 급여 돈육	Meat	1T6M

* Farmsco 액상사료용 크럼블

표 12. 분석 샘플 수량

Abbreviation	수량(n)
1T0GD	n=1
1T0FD	n=1
1T3GD	n=1
1T3FD	n=1
1T6GD	n=1
1T6FD	n=1
1T0B	n=60 (12ea×5(0, 3, 6, 9, 12week))
1T3B	n=60 (12ea×5(0, 3, 6, 9, 12week))
1T6B	n=60 (12ea×5(0, 3, 6, 9, 12week))
1T0M	n=10
1T3M	n=9
1T6M	n=12

- 양돈용 사료 및 사료첨가제(Cassava 박)의 성분 분석
 - 양돈용 사료 및 사료첨가제인 Cassava 박의 일반성분, 아미노태질소, 미생물 분석을 진행함.
- 일반성분 분석
 - 사료의 수분, 회분, 조단백, 조지방, 탄수화물을 분석함. 영양성분은 AOAC 방법에 의하여 분석함. 수분은 105℃ 상압건조법, 회분 함량은 550℃ 에서 직접 회화법을 이용하여 분석함. 조지방은 에테르를 이용하여 Soxhlet 추출 장치로 분석하였으며, 조단백은 단백질 분석기를 이용한 Kjeldahl 질소정량법에 따라 분석함. 탄수화물은 검체 100g 중에서 수분, 조지방, 회분 및 조단백질의 양을 감하여 얻은 양으로서 산출함.

표 13. 추출방법에 따른 Cassava 박의 일반성분 분석

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Crude Protein (%)	Crude Fat (%)	Carbohydrate (%)	Calorie (Kcal)
1A-1	6.45±0.32 ^{NS}	1.98±0.11 ^{NS}	1.89±0.01 ^{NS}	0.21±0.01 ^{NS}	89.47±0.21 ^{NS}	367.36±0.93 ^{NS}
1A-2	6.46±0.28 ^{NS}	1.88±0.26 ^{NS}	1.91±0.00 ^{NS}	0.35±0.00 ^{NS}	89.41±0.53 ^{NS}	368.39±2.13 ^{NS}
1B	10.59±0.48 ^{NS}	1.75±0.03 ^{NS}	2.35±0.05 ^{NS}	0.22±0.00 ^{NS}	85.09±0.46 ^{NS}	351.73±2.06 ^{NS}
1C	9.77±0.28 ^{NS}	1.17±0.03 ^{NS}	1.94±0.01 ^{NS}	0.24±0.02 ^{NS}	86.89±0.24 ^{NS}	357.46±1.07 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 추출방법에 따른 카사바박 원료의 일반성분을 분석함. 수분의 경우 6.45 ~ 10.59% 수준으로 분석되었으며, 회분은 1.17 ~ 1.98%, 조단백 1.89 ~ 2.35%, 조지방 0.21 ~ 0.35%, 탄수화물 85.09 ~ 89.47% 범위로 시료 간 유의적인 차이를 나타내지 않았음.

표 14. 육성돈 사료(1TGD)의 일반성분 분석

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Crude Protein (%)	Crude Fat (%)	Carbohydrate (%)	Calorie (Kcal)
1T0GD	8.23±0.40 ^{NS}	4.53±0.09 ^{NS}	17.85±0.60 ^{NS}	3.62±0.09 ^{NS}	65.77±0.23 ^{NS}	367.11±0.69 ^{NS}
1T3GD	8.19±0.38 ^{NS}	4.36±0.18 ^{NS}	17.34±0.02 ^{NS}	3.53±0.05 ^{NS}	66.50±0.28 ^{NS}	367.10±0.59 ^{NS}
1T6GD	8.07±0.01 ^{NS}	4.41±0.09 ^{NS}	16.91±0.12 ^{NS}	3.50±0.00 ^{NS}	67.14±0.03 ^{NS}	367.72±0.37 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 육성돈 사료의 일반성분을 분석한 결과 수분 8.07 ~ 8.23%, 회분 4.36 ~ 4.53%, 조단백 16.91 ~ 17.85%, 조지방 3.50 ~ 3.62%, 탄수화물 65.77 ~ 67.14% 수준으로 분석되었으며, cassava 박의 첨가비율이 높아질수록 조단백 함량이 감소하는 경향을 나타내었지만 유의적인 차이는 나타나지 않았음. 따라서 육성돈의 사양시험 기간 동안 모든 처리구에서 유사한 영양 수준의 사료를 급여 하였음을 확인할 수 있었다.

표 15. 비육돈 사료(1TFD)의 일반성분 분석

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Crude Protein (%)	Crude Fat (%)	Carbohydrate (%)	Calorie (Kcal)
1T0FD	10.07±0.69 ^{NS}	4.39±0.03 ^{NS}	15.85±0.36 ^{NS}	4.51±0.09 ^{NS}	65.17±0.20 ^{NS}	364.70±3.05 ^{NS}
1T3FD	9.83±0.28 ^{NS}	4.19±0.10 ^{NS}	15.89±0.16 ^{NS}	4.40±0.03 ^{NS}	65.70±0.37 ^{NS}	365.96±0.54 ^{NS}
1T6FD	10.06±0.09 ^{NS}	4.18±0.09 ^{NS}	15.84±0.57 ^{NS}	4.33±0.03 ^{NS}	65.59±0.59 ^{NS}	364.68±0.14 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 비육돈 사료의 일반성분을 분석한 결과 수분 9.83 ~ 10.07%, 회분 4.18 ~ 4.39%, 조단백 15.84 ~ 15.89%, 조지방 4.33 ~ 4.51%, 탄수화물 65.17 ~ 65.70% 범위이며 시료간 유의적인 차이가 없어 비육돈의 사양시험 기간 동안 모든 처리구에서 유사한 영양 수준의 사료가 급여되었음.
- 돼지의 비육기에는 등지방 축적을 억제하며 정육량을 증가시키기 위하여 저단백의 비육돈 사료 제한급여를 해야한다고 알려짐. 육성돈 사료와 비육돈 사료를 비교했을 때 비육돈 사료의 조단백이 약간 더 낮은 것을 확인함.

· 아미노태질소(AN) 분석

- 사료의 아미노태 질소를 분석함. 아미노태질소는 시료 3 g에 증류수로 50 mL 정용 후 여과하여 1% phenolphthalein 지시약 2~3방울 가하고 0.1 N NaOH로 미홍색이 될 때까지 적정한 후 다른 용기에 Formalin 용액 30 mL를 넣고 1% phenolphthalein 지시약 2~3방울 가하여 0.1 N NaOH로 미홍색이 될 때까지 적정함. 두 용액을 혼합하여 0.1 N NaOH로 미홍색이 될 때까지 적정한 뒤, 하기의 식을 통해 계산함.

$$\text{AN (mg\%)} = \frac{\text{소비된 0.1 N NaOH} \times 0.0014 \times 100 \times 1000 \times \text{희석배수}}{\text{시료량 (g)}}$$

표 16. 육성돈 사료(TGD)의 아미노태 질소 함량

Sample	Amino nitrogen (mg%)
1T0GD	96.75±1.35 ^{NS}
1T3GD	94.03±0.80 ^{NS}
1T6GD	97.31±1.14 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 아미노태질소 함량은 protease의 작용에 의하여 단백질이 아미노산의 형태로 분해되는 정도를 나타내는 것으로, 보통 발효식품의 품질과 구수한 맛의 지표로 사용되고 있음.
- 사료의 아미노태 질소 함량은 육성돈 사료에서는 Cassava 박이 0% 함유된 1T0GD에서 96.75%, 3% 함유된 1T3GD에서는 94.03%, 6% 함유된 1T6GD에서는 97.31%를 나타내었으며 그룹간에 유의적인 차이는 없었음.

표 17. 비육돈 사료(1TFD)의 아미노태 질소 함량

Sample	Amino nitrogen (mg%)
1T0FD	95.12±0.10 ^{NS}
1T3FD	92.40±1.32 ^{NS}
1T6FD	98.53±0.89 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 비육돈 사료에서는 Cassava 박이 0% 함유된 1T0FD에서 95.12%, 3% 함유된 1T3FD에서는 92.40%, 6% 함유된 1T6FD에서는 98.53%를 나타냄.
- Cassava 박 함유에 따른 육성돈과 비육돈 사료의 아미노태 질소함량은 그룹간에 유의적인 차이를 나타내지 않음.
- 유리아미노산 분석
 - 사료의 유리아미노산 함량은 자동아미노산 분석기(Hitach L-8900, Japan)를 이용하여 표 18의 조건으로 분석함. 건조된 시료에 75% 에탄올을 가해 혼합한 후 Sonication에 1 h 처리하고 원심분리 후 0.2 μm syringe filter로 여과하여 아미노산 자동분석기로 분석함.

표 18. 유리아미노산 분석조건

Items	Conditions			
HPLC	Dionex Ultimate 3000			
Column	Inno C18 column (4.6mm x 150mm, 5um/Younjinbiochrom/Korea)			
FL Detector	Emission 450nm, Excitation 340nm(OPA), Emission 305nm, Excitation 266nm(FMOC)			
UV Detector	338nm			
Temperature	Column Temperature : 40°C, Sample Temperature : 20°C			
Injection	0.5 uL			
Mobile Phase	Mobile Phase A : 40mM Sodium phosphate, pH 7 Mobile Phase B : 3DW / Acetonitrile / Methanol (10 : 45 : 45 v/v%)			
Oven	Time	Flow Rate	Mobile phase A	Mobile phase B
	0.0	1.5	95	5
	3.0	1.5	95	5
	24.0	1.5	45	55
	25.0	1.5	20	80
	31.0	1.5	20	80
	34.5	1.5	95	5
	35.0	1.5	95	5

- 육성돈 사료와 비육돈 사료의 유리아미노산 함량을 분석한 결과는 표 19, 표 20과 같음. 육성돈 사료의 유리아미노산 함량을 분석한 결과 총 함량의 경우 그룹간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 Valine, Phenylalanine, Isoleucine 및 Leucine의 경우 Cassava 박이 6% 함유된 1T6GD에서 유의적으로 낮게 분석됨. 반면에 Arginine의 경우 Cassava 박이 첨가된 그룹에서 유의적으로 높은 함량을 나타냄. 사료의 일반성분 분석결과에서 조단백의 함량에는 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 유리아미노산의 조성은 Cassava 박의 첨가 여부에 따라 차이가 나타나는 것을 확인하였음.

표 19. 육성돈 사료의 유리아미노산

Free amino acid	1T0GD	1T3GD	1T6GD
Aspartic acid	121.79±2.49 ^{NS}	120.69±3.03 ^{NS}	116.91±8.28 ^{NS}
Glutamic acid	281.38±1.64 ^{NS}	284.87±1.48 ^{NS}	268.90±14.72 ^{NS}
Asparagine	211.63±4.91 ^{NS}	206.94±3.74 ^{NS}	198.39±8.07 ^{NS}
Serine	32.99±1.18 ^{NS}	31.06±0.07 ^{NS}	30.10±1.09 ^{NS}
Glutamine	15.40±0.09 ^{NS}	15.30±0.06 ^{NS}	18.88±4.23 ^{NS}
Histidine	32.88±0.09 ^{NS}	32.68±0.45 ^{NS}	31.50±0.24 ^{NS}
Glycine	35.45±0.26 ^{NS}	33.53±1.16 ^{NS}	32.89±1.95 ^{NS}
Threonine	1124.43±29.55 ^{NS}	1068.06±4.01 ^{NS}	1068.74±37.93 ^{NS}
Arginine	175.88±1.88 ^a	184.69±0.77 ^b	193.22±1.44 ^c
Alanine	156.01±5.31 ^{NS}	152.94±3.74 ^{NS}	143.37±5.32 ^{NS}
GABA	82.63±0.78 ^{NS}	82.00±0.14 ^{NS}	77.87±2.59 ^{NS}
Tyrosine	129.34±1.34 ^{NS}	126.37±0.12 ^{NS}	121.63±6.11 ^{NS}
Valine	45.01±1.41 ^b	41.98±0.25 ^b	39.86±0.21 ^a
Methionine	32.35±1.08 ^{NS}	32.12±0.84 ^{NS}	30.11±0.28 ^{NS}
Tryptophane	179.99±8.33 ^{NS}	174.67±2.33 ^{NS}	169.57±8.52 ^{NS}
Phenylalanine	49.35±1.16 ^b	46.39±0.38 ^{ab}	44.19±0.88 ^a
Isoleucine	31.12±0.04 ^b	30.15±0.57 ^{ab}	28.17±0.65 ^a
Ornithine	18.66±2.74 ^{NS}	15.71±0.61 ^{NS}	19.41±6.19 ^{NS}
Leucine	53.93±1.66 ^b	46.88±1.06 ^a	44.64±0.43 ^a
Lysine	1598.94±55.05 ^{NS}	1541.03±17.81 ^{NS}	1544.98±125.98 ^{NS}
Proline	214.24±25.75 ^{NS}	235.23±7.77 ^{NS}	165.65±67.21 ^{NS}
합계	4623.40±90.68 ^{NS}	4503.27±18.66 ^{NS}	4388.98±156.28 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

표 20. 비육돈 사료의 유리아미노산

Free amino acid	1T0FD	1T3FD	1T6FD
Aspartic acid	141.98±1.24 ^{NS}	144.91±3.42 ^{NS}	134.56±7.19 ^{NS}
Glutamic acid	292.06±4.33 ^{NS}	298.59±9.69 ^{NS}	285.14±11.85 ^{NS}
Asparagine	237.01±5.65 ^{NS}	230.38±6.93 ^{NS}	219.21±14.65 ^{NS}
Serine	34.30±0.29 ^{NS}	34.15±1.32 ^{NS}	32.46±1.61 ^{NS}
Glutamine	21.22±0.71 ^{NS}	22.21±0.21 ^{NS}	21.08±0.77 ^{NS}
Histidine	28.96±0.25 ^{NS}	28.33±1.27 ^{NS}	26.10±1.59 ^{NS}
Glycine	39.52±0.78 ^{NS}	37.25±0.71 ^{NS}	35.96±4.09 ^{NS}
Threonine	899.74±25.64 ^{NS}	851.85±24.96 ^{NS}	827.73±44.01 ^{NS}
Arginine	167.75±3.17 ^a	194.44±10.78 ^a	198.25±3.48 ^b
Alanine	154.80±1.99 ^{NS}	154.96±5.08 ^{NS}	149.65±5.69 ^{NS}
GABA	88.80±1.31 ^{NS}	89.20±1.89 ^{NS}	85.70±4.07 ^{NS}
Tyrosine	104.83±2.86 ^{NS}	107.87±4.53 ^{NS}	103.19±3.34 ^{NS}
Valine	34.15±0.48 ^{NS}	34.01±0.41 ^{NS}	33.78±0.51 ^{NS}
Methionine	33.44±0.34 ^{NS}	33.06±0.87 ^{NS}	32.28±1.37 ^{NS}
Tryptophane	164.65±0.78 ^{NS}	166.92±5.05 ^{NS}	158.42±2.90 ^{NS}
Phenylalanine	37.69±0.93 ^{NS}	39.34±1.66 ^{NS}	37.15±0.97 ^{NS}
Isoleucine	22.95±0.50 ^{NS}	24.91±0.79 ^{NS}	23.76±1.17 ^{NS}
Ornitine	22.02±1.70 ^{NS}	26.53±0.20 ^{NS}	23.34±5.61 ^{NS}
Leucine	31.63±0.77 ^{NS}	31.52±0.68 ^{NS}	30.59±0.64 ^{NS}
Lysine	2074.80±32.92 ^{NS}	2050.22±93.07 ^{NS}	1937.85±158.53 ^{NS}
Proline	168.55±8.49 ^{NS}	139.29±3.36 ^{NS}	188.25±81.81 ^{NS}
합계	4800.86±59.98 ^{NS}	4739.97±176.05 ^{NS}	4584.43±190.69 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

· 비육돈 사료의 유리아미노산 함량을 분석한 결과 Lysine, Threonine, Glutamic acid 순으로 높은 함량을 나타내었으나 Arginine을 제외한 나머지 유리아미노산은 대조구(1T0FD)와 처리군들(1T3FD, 1T6FD) 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았음. Arginine의 경우 육성돈 사료와 유사하게 Cassava 박을 첨가한 처리구에서 유의적으로 높게 나타남.

· 지방산 분석

- 사료의 지방산 조성 분석은 건조된 사료의 조지방을 추출한 후 추출된 조지방 시료를 Gas chromatography를 이용하여 표 21의 조건으로 분석함. 일정량의 시료를 Teflon cap이 있는 4 mL 바이알에 넣어 Methylation mixture [MeOH : Benzen : DMP (2,2-Dimethoxy-propane)

: H2SO4 = 39:20:5:2]를 2 mL, heptane 1 mL를 넣어 흔든 후 80°C 에서 2시간 추출하여 시료를 준비함(정량 시 ISTD를 함께 첨가). 추출 후 상온 냉각하여 상층액 일정량 추출하여 GC로 분석함.

표 21. 지방산 분석조건

Items	Conditions
GC	Agilent 7890A(Agilent, USA)
column	DB-23(Agilent, 60mm*0.25mm*0.25um)
Detector	FID(280°C, H2 35, Air 350, He 35ml/min)
Injector	250°C
Injection	1uL (spilt ratio 10)
oven	50°C 1min Hold 130°C 25°C/min, 0min Hold 170°C 8°C/min, 0min Hold 215°C 1.5°C/min, 0min Hold 250°C 5°C/min, 5min Hold

- 육성돈 사료와 비육돈 사료의 지방산 함량을 분석한 결과는 표 22과 표 23에 나타냄. 육성돈 사료의 지방산 함량을 분석한 결과 Erucic acid를 제외한 모든 항목에서 대조구와 처리구들간에 유의적인 차이가 없었음.

표 22. 육성돈 사료의 지방산

Fatty acid (%)	1T0GD	1T3GD	1T6GD
Myristic acid (C14:0)	0.40±0.01 ^{NS}	0.40±0.01 ^{NS}	0.38±0.02 ^{NS}
Palmitic acid (C16:0)	17.06±0.15 ^{NS}	17.06±0.34 ^{NS}	16.95±0.13 ^{NS}
Stearic acid (C18:0)	3.89±0.03 ^{NS}	3.91±0.02 ^{NS}	3.92±0.03 ^{NS}
Arachidic acid (C20:0)	0.47±0.01 ^{NS}	0.48±0.03 ^{NS}	0.48±0.01 ^{NS}
Behenic acid (C22:0)	0.34±0.05 ^{NS}	0.42±0.03 ^{NS}	0.43±0.01 ^{NS}
Lignoceric acid (C24:0)	0.56±0.17 ^{NS}	0.50±0.07 ^{NS}	0.53±0.03 ^{NS}
Total SFA	22.72±0.04^{NS}	22.77±0.13^{NS}	22.70±0.04^{NS}
Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.24±0.01 ^{NS}	0.23±0.01 ^{NS}	0.22±0.01 ^{NS}
Oleic acid (C18:1n9)	9.81±0.19 ^{NS}	9.62±0.18 ^{NS}	9.40±0.11 ^{NS}
Linoleic acid (C18:2n6)	16.56±0.16 ^{NS}	16.12±0.02 ^{NS}	15.74±0.03 ^{NS}
Alpha-linolenic acid (C18:3n3)	1.00±0.02 ^{NS}	0.98±0.01 ^{NS}	0.95±0.00 ^{NS}
Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.16±0.01 ^{NS}	0.16±0.02 ^{NS}	0.16±0.00 ^{NS}
Erucic acid (C22:1n9)	0.18±0.04 ^a	0.22±0.01 ^b	0.22±0.01 ^b
Total USFA	77.28±0.04^{NS}	77.23±0.01^{NS}	77.30±0.04^{NS}
MFUA/SFA	1.26±0.01^{NS}	1.27±0.01^{NS}	1.28±0.01^{NS}
PUFA/SFA	2.14±0.00^{NS}	2.12±0.01^{NS}	2.13±0.00^{NS}

Means±SD, P<0.05

SFA, Saturated Fatty acid; USFA, Unsaturated fatty acid; MUFA, Monounsaturated fatty acid; PUFA, Polyunsaturated fatty acid

표 23. 비육돈 사료의 지방산

Fatty acid (%)	1T0GD	1T3GD	1T6GD
Myristic acid (C14:0)	0.63±0.03 ^{NS}	0.62±0.01 ^{NS}	0.63±0.00 ^{NS}
Palmitic acid (C16:0)	18.08±0.32 ^{NS}	18.07±0.18 ^{NS}	18.05±0.07 ^{NS}
Stearic acid (C18:0)	5.00±0.08 ^{NS}	5.01±0.03 ^{NS}	5.01±0.01 ^{NS}
Arachidic acid (C20:0)	0.42±0.02 ^{NS}	0.42±0.01 ^{NS}	0.42±0.00 ^{NS}
Behenic acid (C22:0)	0.34±0.03 ^{NS}	0.34±0.01 ^{NS}	0.33±0.01 ^{NS}
Lignoceric acid (C24:0)	0.43±0.04 ^{NS}	0.48±0.04 ^{NS}	0.42±0.02 ^{NS}
Total SFA	24.89±0.13^{NS}	24.92±0.07^{NS}	24.85±0.06^{NS}
Palmitoleic acid (C16:1n7)	1.17±0.02 ^{NS}	1.17±0.01 ^{NS}	1.17±0.00 ^{NS}
Oleic acid (C18:1n9)	29.89±0.24 ^{NS}	29.96±0.10 ^{NS}	29.94±0.09 ^{NS}
Linoleic acid (C18:2n6)	40.89±0.01 ^{NS}	40.87±0.01 ^{NS}	40.96±0.02 ^{NS}
Alpha-linolenic acid (C18:3n3)	2.16±0.01 ^{NS}	2.16±0.00 ^{NS}	2.17±0.00 ^{NS}
Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.47±0.01 ^{NS}	0.47±0.01 ^{NS}	0.47±0.00 ^{NS}
Erucic acid (C22:1n9)	0.52±0.05 ^{NS}	0.45±0.00 ^{NS}	0.44±0.04 ^{NS}
Total USFA	75.11±0.13^{NS}	75.08±0.07^{NS}	75.15±0.06^{NS}
MFUA/SFA	1.29±0.01^{NS}	1.29±0.01^{NS}	1.29±0.00^{NS}
PUFA/SFA	1.73±0.01^{NS}	1.73±0.01^{NS}	1.74±0.00^{NS}

Means±SD, P<0.05

SFA, Saturated Fatty acid; USFA, Unsaturated fatty acid; MUFA, Monounsaturated fatty acid; PUFA, Polyunsaturated fatty acid

- 비육돈 사료의 지방산 함량을 분석한 결과 모든 항목에서 대조구와 처리구들간에 유의적인 차이가 없었음.
- 미생물 분석
 - 본 실험에서 사용하는 액상사료를 돼지에게 급이하는 동안의 미생물학적 위해요소를 평가하고자 함. 미생물학적 위해요소 평가는 액상 사료 보관 시간에 따른 미생물의 증식을 확인하였으며, 미생물의 증식여부는 일반세균수를 확인하였음.
 - 일반세균은 AC(일반세균용) 필름배지를 사용하였고, 액상 사료 1g을 증류수를 이용하여 10-fold로 희석한 희석액을 준비함. 희석액 1 mL를 필름배지에 접종하고 누름판으로 눌러서 균현 후 37°C에서 24시간 배양하여 집락수를 계산함.

표 24. 육성돈 사료(1TGD)의 미생물학적 위해요소 평가(보관 시간에 따른 일반세균수)

Sample	0시간	1시간	2시간	3시간	4시간	5시간	6시간
1T0GD	2.28±0.01 ^{NS}	2.19±0.02 ^{NS}	2.28±0.01 ^{NS}	2.30±0.01 ^{NS}	2.31±0.02 ^{NS}	2.32±0.01 ^{NS}	2.30±0.01 ^{NS}
1T3GD	2.18±0.01 ^{NS}	2.20±0.04 ^{NS}	2.15±0.01 ^{NS}	2.16±0.03 ^{NS}	2.12±0.04 ^{NS}	2.13±0.02 ^{NS}	2.09±0.03 ^{NS}
1T6GD	2.13±0.02 ^{NS}	2.18±0.01 ^{NS}	2.27±0.02 ^{NS}	2.16±0.03 ^{NS}	2.16±0.02 ^{NS}	2.15±0.01 ^{NS}	2.05±0.02 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

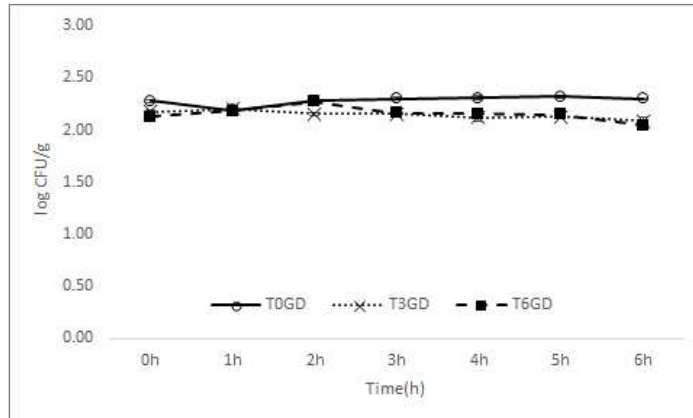


그림 2. 육성돈 사료의 미생물학적 위해요소 평가(보관 시간에 따른 일반세균수)

- 육성돈 액상사료의 보관 시간에 따른 일반세균수를 분석한 결과 제조 시 3종의 사료에서 2.13 ~ 2.28 log CFU/g로 유사한 수준으로 분석되었으며, 1T0GD의 경우 보관 6시간에는 2.30±0.01 log CFU/g 수준으로 제조 시와 유사한 수준으로 확인되었음. 1T3GD와 1T6GD 사료도 보관 6시간에 각각 2.09±0.03, 2.05±0.02 log CFU/g 수준으로 제조 시와 유사한 수준으로 분석되었음.

표 25. 비육돈 사료(1TFD)의 미생물학적 위해요소 평가(보관 시간에 따른 일반세균수)

Sample	0시간	1시간	2시간	3시간	4시간	5시간	6시간
1T0FD	1.78±0.05 ^{NS}	1.68±0.03 ^{NS}	1.68±0.05 ^{NS}	1.86±0.04 ^{NS}	1.83±0.03 ^{NS}	1.99±0.05 ^{NS}	1.94±0.05 ^{NS}
1T3FD	1.71±0.08 ^{NS}	1.73±0.02 ^{NS}	1.81±0.05 ^{NS}	1.77±0.05 ^{NS}	1.71±0.05 ^{NS}	1.75±0.02 ^{NS}	1.81±0.04 ^{NS}
1T6FD	2.02±0.01 ^{NS}	2.08±0.05 ^{NS}	2.07±0.01 ^{NS}	1.88±0.03 ^{NS}	1.86±0.03 ^{NS}	1.80±0.05 ^{NS}	1.77±0.03 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

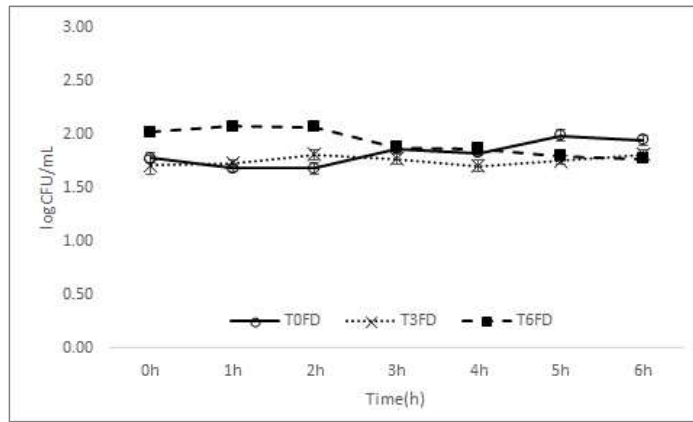


그림 3. 비육돈 사료의 미생물학적 위해요소 평가(보관 시간에 따른 일반세균수)

- 비육돈 액상사료의 보관 시간에 따른 일반세균수를 분석한 결과 제조 시 3종의 사료에서 1.78 ~ 2.02 log CFU/g로 유사한 수준으로 분석되었으며, 육성돈보다는 낮은 일반세균수를 나타냄, 1T0FD의 경우 보관 6시간에는 1.94 ± 0.05 log CFU/g 수준으로 제조 시와 유사한 수준으로 확인되었음. 1T3FD와 1T6FD 사료는 보관 6시간에 각각 1.81 ± 0.04 , 1.77 ± 0.03 log CFU/g 수준으로 제조 시와 유사한 수준으로 분석되었음.
- 액상 사료의 미생물 오염관리를 위하여 액상 사료 보관 시간에 따른 미생물의 증식을 확인한 결과 육성돈과 비육돈 사료 모두 사료의 액상화에 따른 미생물학적 위해요소는 없을 것으로 사료됨.
- 사료첨가제(카사바박) 급이 돼지의 혈액 면역지표 분석
- 혈액 면역지표 분석을 위하여 애니팜영농조합법인에서 사양시험 시작일, 3주, 6주, 9주, 12주 시점에 돼지의 경정맥으로부터 혈액을 채취하여 SST관(Vacutainer, 456073KR)에 옮긴 상태로 수령하였음.
- 혈액 면역학적 분석
 - Cassava 박 첨가 액상사료를 급여한 돼지의 면역력에 대한 영향을 평가하기 위하여 IgA, IgG, IgM 지표를 평가함.
 - 애니팜영농조합법인에서 수령한 전혈을 3,000 rpm에서 15분 원심분리한 후 혈청을 회수하여 분주한 다음 동결 보존 후 분석함.
 - 면역지표인 IgA, IgG, IgM의 평가는 Pig ELISA Kit(Bethyl Laboratories, Inc. USA)를 사용하여 평가함.
 - Dilution buffer로 희석한 혈청 100 μ g/mL을 각 pre-coated well에 넣고 1시간 반응 후 세척하고 detection antibody 100 μ g/mL를 처리하고 1 h 반응시킴. 세척 후 HRP solution 100 μ g/mL을 처리하고 30 min 반응시킴. 세척 후 TMB substrate solution 100 μ g/mL을 처리하고 30 min 반응시킨 뒤 stop solution 100 μ g/mL를 처리 하고 450 nm에서 흡광도 측정함. 흡광도 값을 standard curve에 대입하여 면역지표의 함량을 산출함.

표 26. Cassava 박을 급여한 돼지 혈액의 immunoglobulin A 분석 결과

Item	time	Sample		
		1T0B	1T3B	1T6B
IgA (mg/mL)	0 day	2.47±0.06 ^{NS}	2.39±0.07 ^{NS}	2.24±0.04 ^{NS}
	3 week	3.85±0.10 ^{NS}	3.86±0.11 ^{NS}	3.06±0.13 ^{NS}
	6 week	5.73±0.14 ^a	4.39±0.25 ^{ab}	3.30±0.12 ^b
	9 week	8.56±0.21 ^a	6.98±0.39 ^{ab}	5.93±0.21 ^b
	12 week	8.90±0.23 ^{NS}	9.03±0.31 ^{NS}	8.79±0.24 ^{NS}

Means±SE, P<0.05, unit : mg/ml

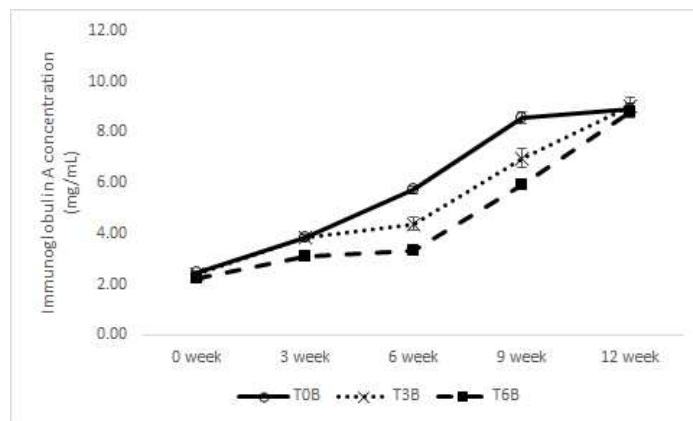


그림 4. Cassava 박을 급여한 돼지 혈액의 IgA 분석 결과

- 실험동물에서 immunoglobulin (Ig)은 혈액 내 주요 항체로써 면역 상태를 나타내는 지표로 Cassava박의 급여에 따른 돼지의 면역에 영향을 미치는지 여부를 확인하기 위하여 혈액의 IgA의 함량을 분석한 결과 6%의 Cassava박을 급여한 돼지에서 6주차와 9주차에 다른 그룹보다 유의적으로 낮은 경향을 나타내었으나 12주차에는 유사한 수준으로 분석되었음.

표 27. Cassava 박을 급여한 돼지 혈액의 immunoglobulin G 분석 결과

Item	time	Sample		
		1T0B	1T3B	1T6B
IgG (mg/mL)	0 day	42.21±2.92 ^{NS}	24.00±1.33 ^{NS}	30.20±2.28 ^{NS}
	3 week	178.88±10.06 ^{NS}	148.92±8.75 ^{NS}	189.42±8.02 ^{NS}
	6 week	475.41±23.75 ^{NS}	362.00±23.05 ^{NS}	372.01±32.62 ^{NS}
	9 week	626.94±18.43 ^{NS}	598.75±32.34 ^{NS}	611.61±31.63 ^{NS}
	12 week	834.10±55.22 ^a	426.96±15.45 ^b	345.40±17.83 ^b

Means±SE, P<0.05, unit : mg/ml

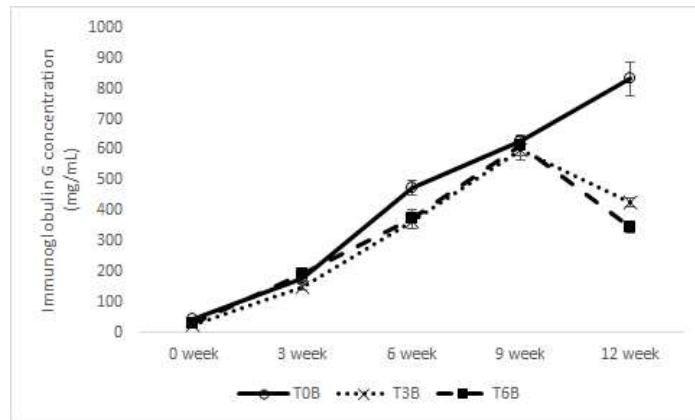


그림 5. Cassava 박을 급여한 돼지 혈액의 IgG 분석 결과

- 혈중 IgG는 autoimmune response를 매개하는 중요한 단백질로 체내에서 좀 더 높은 수치를 보인다는 것은 체내 면역반응이 활발하게 일어날 수 있다는 것을 의미하나, 너무 낮은 수치를 보이면 다양한 면역성 저하가 유발되고, 너무 높은 수치를 보이게 되면 이에 반응하여 체내 IgA가 상승되고 이는 역복합체의 생성을 유도하여 신 독성을 유발한다고 보고됨. 위의 결과와 같이 1T3B와 1T6B는 1T0B에 비해 IgG의 농도가 유의적으로 저하되었으며 이는 체내의 면역성 증가에 좋지 않은 작용을 할 것으로 사료됨.

표 28. Cassava 박을 급여한 돼지 혈액의 immunoglobulin M 분석 결과

Item	time	Sample		
		1T0B	1T3B	1T6B
IgM (mg/mL)	0 day	3.95±0.11 ^{NS}	4.23±0.13 ^{NS}	4.35±0.14 ^{NS}
	3 week	4.22±0.07 ^{NS}	4.41±0.10 ^{NS}	4.52±0.07 ^{NS}
	6 week	5.85±0.23 ^{NS}	4.56±0.12 ^{NS}	4.88±0.09 ^{NS}
	9 week	5.84±0.16 ^{NS}	5.16±0.22 ^{NS}	5.35±0.18 ^{NS}
	12 week	13.00±0.22 ^{NS}	13.73±0.25 ^{NS}	13.82±0.26 ^{NS}

Means±SE, P<0.05, unit : mg/ml

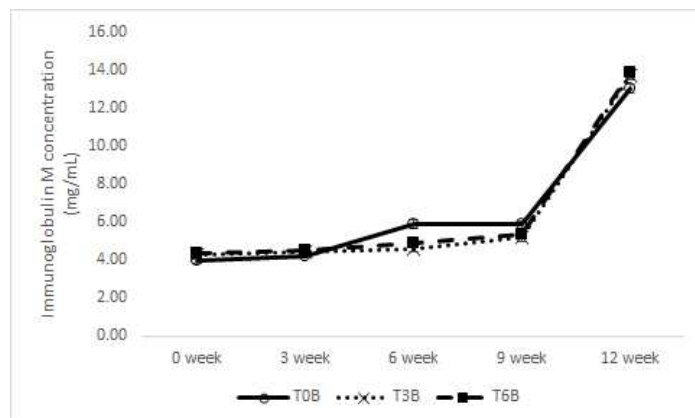


그림 6. Cassava 박을 급여한 돼지 혈액의 IgM 분석 결과

- Cassava박의 급여에 따른 돼지 혈액의 IgM의 함량을 분석한 결과 모든 주차에서 1T0B, 1T3B, 1T6B 간에 유의적인 차이는 없는 것으로 분석됨. 따라서 Cassava 박의 급여가 IgM의 함량에는 영향을 주지 않은 것으로 나타남.
- 사료첨가제 급이 돈육의 성분 및 육질 특성 평가
 - Cassava 박을 급이한 돈육의 성분, 항산화 활성, 육질분석 및 저장 안정성 분석을 통해 Cassava 박의 첨가 비율이 돈육의 품질에 미치는 영향을 조사함.
 - 돈육의 품질 분석에 사용한 돈육은 주관기관에서 사양시험 종료 후 도축한 돼지의 등심부위를 냉장상태로 수령하여 각 항목에 대한 분석을 진행함.
- 돈육의 성분 분석
 - Cassava 박의 급여가 돈육의 성분에 미치는 영향을 평가하기 위하여 돈육 등심의 일반성분, 아미노태질소, 유리아미노산, 지방산 함량 분석을 시행하여 Cassava 박의 급여에 따른 돈육의 성분을 비교 분석함
- ① 일반성분 분석
 - 돈육의 등지방과 근막을 제거하여 근육 부분만 준비하고, 시료를 믹서기에 분쇄하여 상기와 동일한 방법으로 분석함.

표 29. 돈육의 일반성분 분석

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Crude Protein (%)	Crude Fat (%)	Carbohydrate (%)	Calorie (Kcal)
1T0M	73.11±0.46 ^{NS}	1.20±0.11 ^{NS}	22.88±2.01 ^{NS}	0.20±0.09 ^a	2.85±2.31 ^{NS}	104.33±1.97 ^{NS}
1T3M	73.29±0.89 ^{NS}	1.20±0.14 ^{NS}	21.34±1.68 ^{NS}	0.30±0.08 ^{ab}	3.72±2.17 ^{NS}	102.94±4.84 ^{NS}
1T6M	72.87±0.77 ^{NS}	1.14±0.06 ^{NS}	21.72±1.18 ^{NS}	0.40±0.12 ^b	3.78±1.46 ^{NS}	105.30±4.25 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 돈육 등심의 일반성분을 분석한 결과 수분, 회분, 조단백, 탄수화물, 열량의 경우 대조구와 처리구들간에 유의적인 차이가 없었음. 조지방의 경우 Cassava 박을 첨가하지 않은 1T0M은 0.20%, Cassava 박을 3% 첨가한 1T3M은 0.30%, 6% 첨가한 1T6M은 0.40%로 T6M에서 유의적으로 높게 분석되었음.

② 아미노태질소

- 돈육의 등지방과 근막을 제거하고 근육 부분만 준비하여 진공동결건조기(PVTFD 10R, Ilshin lab., korea)를 이용하여 건조시킴. 건조된 돈육 5 g에 증류수 100 mL를 넣어 혼합한 후 여과하여 여액 50 mL를 준비하여 분석용 시료로 사용하였으며 분석방법은 상기와 동일하게 진행함.

표 30. Cassava 박을 급여한 돈육의 아미노태 질소

Sample	Amino nitrogen (mg%)
1T0M	291.40±16.19 ^a
1T3M	316.19±15.53 ^b
1T6M	312.97±10.93 ^b

Means±SD, P<0.05

- 돈육의 아미노태질소 함량을 분석한 결과 Cassava 박을 첨가하지 않은 1T0M은 291.40 mg%, Cassava 박을 3%와 6% 첨가한 1T3M과 1T6M은 각각 316.19 mg%와 312.97 mg%로 Cassava 박을 첨가한 처리구에서 유의적으로 높게 분석되었음.

③ 유리아미노산

- 돈육의 등지방과 근막을 제거하고 근육 부분만 준비하여 진공동결건조기(PVTFD 10R, Ilshin lab., korea)를 이용하여 건조시켜 준비함. 유리아미노산 함량은 상기와 동일한 방법으로 분석함.

표 31. 돈육의 유리아미노산

Free amino acid	1T0M	1T3M	1T6M
Aspartic acid	9.67±2.41 ^{NS}	15.17±7.42 ^{NS}	15.71±8.19 ^{NS}
Glutamic acid	165.64±53.54 ^a	179.92±56.08 ^a	250.07±57.00 ^b
Asparagine	56.79±6.80 ^{NS}	57.12±8.68 ^{NS}	62.06±13.18 ^{NS}
Serine	115.51±22.23 ^{NS}	115.78±22.89 ^{NS}	148.04±41.40 ^{NS}
Glutamine	704.64±182.11 ^{NS}	761.79±208.22 ^{NS}	798.76±110.01 ^{NS}
Histidine	59.97±5.54 ^{NS}	61.67±9.02 ^{NS}	71.65±14.78 ^{NS}
Glycine	246.28±22.96 ^{NS}	246.48±44.69 ^{NS}	256.40±40.64 ^{NS}
Threonine	132.56±10.40 ^{NS}	139.85±14.28 ^{NS}	156.27±27.37 ^{NS}
Citrulline	42.54±9.30 ^{NS}	37.04±7.21 ^{NS}	37.71±7.34 ^{NS}
Arginine	182.37±56.59 ^{NS}	152.60±34.43 ^{NS}	205.82±65.69 ^{NS}
Alanine	516.49±57.36 ^{NS}	537.03±78.45 ^{NS}	554.91±62.29 ^{NS}
Taurine	660.24±65.59 ^{NS}	859.11±284.85 ^{NS}	938.75±357.48 ^{NS}
Valine	154.28±19.58 ^{NS}	165.33±29.21 ^{NS}	177.35±26.43 ^{NS}
Methionine	63.30±12.74 ^{NS}	61.04±9.17 ^{NS}	81.70±31.74 ^{NS}
Tryptophane	84.26±12.07 ^{NS}	90.31±10.87 ^{NS}	91.42±16.24 ^{NS}
Phenylalanine	119.30±14.33 ^{NS}	117.32±12.95 ^{NS}	144.16±34.63 ^{NS}
Isoleucine	109.39±18.25 ^{NS}	105.75±21.15 ^{NS}	122.51±25.91 ^{NS}
Ornitine	106.70±35.43 ^{NS}	85.08±±22.46 ^{NS}	98.74±28.08 ^{NS}
Leucine	202.16±36.74 ^{NS}	197.30±39.64 ^{NS}	243.42±57.68 ^{NS}
Lysine	164.17±39.21 ^{NS}	147.74±29.53 ^{NS}	206.19±53.57 ^{NS}
Proline	109.32±40.09 ^{NS}	123.90±32.52 ^{NS}	121.59±46.92 ^{NS}
합계	3995.92±439.90 ^a	4242.16±590.05 ^{ab}	4767.53±415.26 ^b

Means±SD, P<0.05

- 돈육 등심의 유리아미노산 함량을 분석한 결과는 표 31에 나타냄. 우마미와 짠맛을 나타내는 Glutamic acid의 함량이 Cassava 박을 6% 첨가한 1T6M에서 유의적으로 높은 함량을 나타냈었 으며, 총 유리아미노산 함량의 경우도 Cassava 박을 첨가한 처리구에서 유의적으로 높은 함량 을 나타내었음.

④ 지방산

- 돈육의 지방산 조성 분석은 건조된 시료의 조지방을 추출한 후 추출된 조지방 시료를 Gas chromatography를 이용하여 상기와 동일한 방법으로 분석함.

표 32. 돈육 등심의 지방산

Fatty acid (%)	1T0M	1T3M	1T6M
Myristic acid (C14:0)	1.39±0.09 ^a	1.53±0.09 ^b	1.49±0.18 ^{ab}
Palmitic acid (C16:0)	25.45±1.10 ^{NS}	26.41±0.24 ^{NS}	25.99±1.28 ^{NS}
Stearic acid (C18:0)	15.08±0.60 ^{NS}	14.99±0.32 ^{NS}	15.00±0.80 ^{NS}
Arachidic acid (C20:0)	0.28±0.02 ^{NS}	0.27±0.01 ^{NS}	0.29±0.01 ^{NS}
Total SFA	42.20±1.40 ^{NS}	43.46±0.51 ^{NS}	43.11±1.75 ^{NS}
Palmitoleic acid (C16:1n7)	3.10±0.24 ^{NS}	3.25±0.17 ^{NS}	3.30±0.36 ^{NS}
Oleic acid (C18:1n9)	37.82±3.09 ^{NS}	40.45±1.83 ^{NS}	39.45±1.62 ^{NS}
Linoleic (C18:2n6)	12.02±3.00 ^{NS}	9.61±1.16 ^{NS}	10.38±2.23 ^{NS}
Alpha-linolenic acid (C18:3n3)	0.34±0.06 ^{NS}	0.30±0.04 ^{NS}	0.30±0.04 ^{NS}
Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.95±0.06 ^{NS}	0.93±0.04 ^{NS}	0.96±0.04 ^{NS}
Eicosadienoic acid (C20:2)	0.41±0.10 ^{NS}	0.36±0.03 ^{NS}	0.39±0.08 ^{NS}
Dihomo-gamma-linolenic acid (C21:3n6)	0.41±0.13 ^b	0.28±0.05 ^a	0.34±0.10 ^{ab}
Lignoceric acid (C24:0)	2.76±1.39 ^{NS}	1.64±0.27 ^{NS}	2.11±0.81 ^{NS}
Total USFA	57.80±1.40 ^{NS}	56.54±0.51 ^{NS}	56.89±1.75 ^{NS}
MFUA/SFA	0.99±0.04 ^{NS}	1.03±0.05 ^{NS}	1.01±0.03 ^{NS}
PUFA/SFA	0.37±0.11 ^{NS}	0.27±0.03 ^{NS}	0.31±0.08 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

SFA, Saturated Fatty acid; USFA, Unsaturated fatty acid; MUFA, Monounsaturated fatty acid; PUFA, Polyunsaturated fatty acid

- 돈육의 지방산 함량을 분석한 결과 포화지방산인 Myristic acid이 경우 Cassava 박을 첨가한 처리구에서 유의적으로 높게 분석되었으며, 불포화지방산인 Dihomo-gamma-linolenic acid는 Cassava 박을 첨가하지 않은 대조구에서 높게 분석되었음. 나머지 지방산 항목들은 대조구와 처리구간 유의적인 차이가 없었음.

○ 돈육의 항산화 활성

- Cassava 박의 급여가 돈육의 항산화 활성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 돈육 등심의 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능 평가를 시행하여 대조구와 시험구의 돈육 항산화 활성을 비교함.
- 항산화 활성을 평가하기 위하여 분쇄된 돈육 시료 5 g에 증류수 15 mL를 넣어 200 rpm으로 15분간 추출한 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리함. 상등액을 whatman No. 1 paper filter 로 여과하고, hexane으로 지방을 3회 제거한 다음 분석 시료로 사용함.

① DPPH 라디칼 소거능 평가

- DPPH 라디칼 소거능 측정은 가수량별 단삼박 추출물의 농도별 시료 20 μL에 0.1 mM DPPH

(1,1-diphenyl -2-picrylhydrazyl) 190 μ L를 혼합하여 상온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정함. 각 농도별 시료의 DPPH 라디칼 소거능은 아래의 식으로 계산하여 백분율로 나타냄.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무처리 구의 흡광도}}\right) \times 100$$

② ABTS 라디칼 소거능

· ABTS 용액은 7 mM ABTS(2,2' -azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)와 2.45 mM potassium persulfate를 암소에서 16시간 동안 반응시켜 ABTS 양이온을 형성시킨 후 사용직전 734 nm에서 흡광도가 0.80 \pm 0.02가 되도록 조정함. ABTS 라디칼 소거능 측정은 각 농도별 추출물 10 μ L에 ABTS 용액 190 μ L를 혼합하여 실온에서 6분 동안 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정함. 각 시료의 ABTS 라디칼 소거능을 아래의 식으로 계산하여 백분율로 나타냄.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무처리 구의 흡광도}}\right) \times 100$$

표 33. Cassava 박을 급여한 돈육의 항산화 활성

Sample	DPPH radical scavenging activity (%)	ABTS radical scavenging activity (%)
1T0M	19.71 \pm 1.09 ^{NS}	61.36 \pm 4.37 ^{NS}
1T3M	22.25 \pm 5.55 ^{NS}	61.39 \pm 2.85 ^{NS}
1T6M	20.37 \pm 4.68 ^{NS}	60.48 \pm 3.51 ^{NS}

Means \pm SD, P<0.05

- 항산화 활성을 평가하는 방법은 여러 가지가 있으며, DPPH 라디칼 소거능 평가는 전자공여능 측정에 사용하는 방법으로, DPPH는 비교적 안정한 라디칼을 갖는 물질이며 다른 자유라디칼과 결합하여 안정한 복합체를 만들고 있어 항산화 기능을 포함하는 물질과 만나면 라디칼이 소거되어 변색되는 것을 비색 정량하여 항산화 활성을 검정하는 방법임. ABTS assay는 potassium persulfate와의 반응으로 생성된 peroxide radical 성격의 ABTS가 항산화성 물질에 의해 제거되면서 청록색이 탈색되는 것을 이용하여 평가하는 방법임. 사료의 항산화 활성 평가는 Table 15에 나타냄. 영암의 사료는 항산화능이 유의적인 차이가 없었음.
- 돈육의 항산화 활성을 평가한 결과 DPPH 라디칼 소거능의 경우 19.71 ~ 22.25% 수준으로 그룹 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, ABTS 라디칼 소거능은 60.48 ~ 61.39% 수준으로 모든 시료가 유사하게 분석되어 유의적인 차이 나타내지 않았음.

○ 돈육의 육질 분석

- 양돈에서 Cassava 박의 급여가 돈육의 육질에 미치는 영향을 분석하기 위하여 돈육 등심의 pH, 가열감량, 육즙감량, 육색, 조직감을 평가하고, 관능적 특성에 대한 기호도 평가를 수행함.

① pH

- 살아있는 동물의 근육 pH는 중성에 가까우며, 도축 후 혐기적 해당작용에 의해 젖산이 축적되어 근육의 pH가 서서히 감소함. 사후 24시간 경에 측정되는 pH는 더이상 pH의 저하가 일어나지 않는 고정화된 값으로, pH 값 자체가 어떤 육질의 특성이 된다고는 볼 수 없으나, 많은 물리 화학적 메커니즘과 관련된 육질 특성 보고를 통해 pH 값이 다른 육질 특성과 밀접한 관계가 있는 것으로 밝혀져 육질 특성을 비교적 쉽고 객관적으로 평가하기 위하여 간접적으로 사용되고 있는 지표임.
- pH 분석은 세절육 5 g에 증류수 15 mL를 가하여 vortex mixer로 15 min 진탕한 후, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리함. 원심분리한 상등액을 whatman No. 1 paper filter로 여과한 다음 여액을 pH meter를 이용하여 측정함.

표 34. Cassava 박을 급여한 돈육의 pH

Sample	pH
1T0M	5.58±0.12 ^{NS}
1T3M	5.72±0.32 ^{NS}
1T6M	5.76±0.37 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 돈육의 pH를 분석한 결과 Cassava 박의 비율이 증가할수록 pH가 높아지는 경향을 나타내었으나 그룹 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았음.

② 돈육 보수력 분석(육즙감량, 가열감량)

- 식육 내 수분은 근육 단백질 전하에 완전히 결합하여 물리화학적 반응에 관여하지 않는 결합수, 단백질 전하의 영향력이 전혀 미치지 않는 유리수로 구분되며, 근육의 보수력은 여러 가지 처리에 의해 고정화된 부분의 유리수의 이탈과 관계됨. 보수력이 나쁜 식육은 수분손실이 많아 식육의 감량이 크고 영양적 손실도 크기 때문에 육즙감량과 가열감량을 분석하여 돈육의 수분 보유력을 측정하고자 함.
- 육즙감량(Drip loss)은 돈육 등심을 2 × 2 × 2 cm 크기로 절단하여 준비한 시료의 무게를 칭량하고, whatman No. 1 paper filter 위에 올려 밀봉한 후 냉장 온도에서 24시간 보관한 다음 무게를 칭량하여 감량된 무게를 백분율로 산출하여 계산하였음.
- 가열감량(Cooking loss)은 돈육 등심을 2 × 2 × 2 cm 크기로 절단하여 준비한 시료의 무게를 칭량하고, 75℃ 항온수조에서 1시간 가열한 후 실온에서 1시간 동안 방냉한 다음 감량된 무게를 백분율로 산출하여 계산하였음.

표 35. Cassava 박을 급여한 돈육의 육즙감량, 가열감량

Sample	Drip loss(%)	Cooking loss(%)
1T0M	4.81±1.88 ^{NS}	31.23±1.52 ^a
1T3M	4.49±1.38 ^{NS}	30.45±2.61 ^{ab}
1T6M	4.02±0.65 ^{NS}	28.75±3.42 ^b

Means±SD, P<0.05, unit : %

- 돈육의 육즙감량을 분석한 결과 Cassava 박의 비율이 증가할수록 육즙감량이 낮아지는 경향을 나타내었으나 그룹 간에 유의적인 차이는 나타나지 않았음.
- 가열감량의 함량을 분석한 결과 Cassava 박의 비율이 증가할수록 가열감량이 낮아지는 경향을 나타내었으며, Cassava 박을 6% 첨가한 1T6M 돈육이 대조구보다 유의적으로 낮은 결과를 나타내었음(P<0.05).
- 가열감량은 단백질을 가열 처리하면 원래의 구조를 잃고 응고가 일어나게 되는데 이러한 응고는 단백질의 변성과 함께 일어나서 가열하는 동안에 수분과 지방의 분리에 의해 감량이 발생됨. 고기의 보수력은 고기가 압력, 가열 냉동, 해동, 분쇄, 절단 등의 물리적 변형이 생겼을 경우 근육 단백질이 수분을 잃지 않고 보유할 수 있는 능력을 말하며, 근육 단백질의 pH에 의해 많은 영향을 받는다고 알려져 있으며, pH가 높으면 보수력이 양호하고 바람직한 품질을 지닌다고 알려진 바가 있음, pH 분석 결과에서 그룹간에 유의적인 차이는 없었으나 Cassava 박의 첨가 비율이 증가할수록 pH가 높아지는 경향을 나타내었는데, 이러한 pH 경향성이 돈육의 가열감량에 영향을 미쳤을 것으로 사료됨.

③ 육색

- 육색의 변화는 육색소 내의 산소 유무, 양, 조직 내의 효소 활동, 저장 온도, 미생물의 오염도, pH 등에 따라 다르게 나타나는 것으로 알려져 있음. 통상적으로 쇠고기의 경우 특유의 선홍색을 표현하기 위해 적색도값이 중요한 측정값으로 활용되나, 돼지고기의 경우에는 품질특성과 관련된 pH값과 높은 상관관계를 지닌 명도값이 활용도가 높은 색깔지수로 이용됨.
- 돈육의 육색을 분석은 돈육 등심의 등지방, 근막 등을 제거하고, 4.0 × 4.0 × 1.0 cm로 절단하여 공기 중에 1시간 노출하여 발색시킨 뒤 시료를 평평하게 펼친 다음 색차계(CM-350d, KONICA, MINOLTA)로 명도(CIE L*), 적색도(CIE a*), 황색도(CIE b*)를 측정함. 이때 사용된 표준색판의 L*값은 99.03, a*값은 -0.19, b*값은 -0.29였음.

표 36. Cassava 박을 급여한 돈육의 색도

Sample	L* (lightness)	a* (redness)	b* (yellowness)
1T0M	55.37±1.92 ^{NS}	4.44±1.23 ^{NS}	11.62±0.56 ^{NS}
1T3M	55.53±2.08 ^{NS}	5.16±0.92 ^{NS}	12.13±0.88 ^{NS}
1T6M	55.85±3.19 ^{NS}	4.78±0.67 ^{NS}	12.15±0.96 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 돈육의 색도를 분석한 결과 돼지고기의 품질 특성과 관련된 명도의 경우 55.37 ~ 55.85 수준으로 그룹간에 유의적인 차이가 나타나지 않았음. 적색도의 경우 4.44 ~ 4.78 수준으로 그룹간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 황색도 역시 11.62 ~ 12.15 수준으로 모든 시료에서 유사한 수준으로 분석되었음.

④ 조직감

- 조직감은 돈육의 품질을 평가하는데 있어 중요한 항목 중의 하나이며, 육류의 조직은 소비자들이 돈육의 맛을 평가하는데 중요한 기준임. 따라서 돈육의 전단력과 텍스처를 평가하여 대조군과 처리군의 조직적 특성을 비교함.
- 돈육의 조직감은 생육과 가열육으로 구분하여 평가하였음. 생육은 근섬유 방향과 수평되게 가로, 세로, 높이를 각각 40×15×5 mm로 자른 시료에 대해서 rheometer(compac-100 II, Sun Scientific Co., Japan)를 이용하여 전단력을 측정함. 이 때 전단력은 전단력 칼날(angle adapter 10번)을 이용하여 table speed 120 mm/min, load cell(Max) 10 kg의 조건에서 측정함. 가열육의 조직적 특성 평가는 돈육의 등지방과 근막을 제거하고 근육 부분만 준비하여 사용함. 돈육 등심을 끓는 물에 30분간 가열한 뒤 30분간 실온에서 냉각한 후 근섬유 방향과 수직되게 가로, 세로, 높이를 각각 40×15×5 mm로 자른 시료에 대해서 rheometer를 이용하여 전단력과 텍스처를 측정함. 이 때 전단력은 신선육과 동일한 조건에서 측정하고, 경도, 탄력성, 응집성, 검성, 깨짐성은 점탄성용(round adapter 25번)을 이용하여 table speed 120 mm/min, load cell(Max) 2 kg의 조건으로 측정함.

표 37. Cassava 박을 급여한 돈육(생육)의 전단력

Sample	Shear force (kg/cm ²)
1T0M	4.43±0.17 ^{NS}
1T3M	4.90±0.15 ^{NS}
1T6M	4.47±0.10 ^{NS}

Means±SE, P<0.05

- 전단력(Shear force)은 무딘 칼날을 이용하여 전단하면서 고기를 자를 때 필요한 힘의 크기를 나타내는 지표로 고기의 연한 정도를 과학적으로 측정할 수 있는 표준 측정법임. Cassava 박 급여에 의한 생육의 전단력은 표 37.에서 보는 바와 같음. 1T0M의 전단력은 4.43 kg/cm²이고, 1T3M은 4.90 kg/cm² 1T6M은 4.47 kg/cm² 로 분석되었으며, 그룹 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았음. 가열하지 않은 돼지고기의 연도를 평가하는 것은 골격근 생성과정 또는 도축 후 숙성과정에서 일어나는 구성성분의 변화가 물성에 어떻게 반영되는가를 검토하는 지표이지만 본 실험에서 생육의 전단력은 유의미한 차이가 나타나지 않아 Cassava 박 급여가 생육의 물성에는 영향을 미치지 않은 것으로 사료됨.

표 38. Cassava 박을 급여한 돈육(가열육)의 조직적 특성

Sample	Shear force (kg/cm ²)	Hardness (kg/cm ²)	Springness (%)	Cohesiveness (%)	Gumminess (kg)	Brittleness (kg)
1T0M	19.09±0.17 ^{NS}	56.13±0.29 ^a	91.44±0.29 ^{NS}	86.50±0.25 ^{NS}	78.10±2.47 ^a	7.64±0.20 ^{NS}
1T3M	19.05±0.17 ^{NS}	52.05±0.46 ^{ab}	92.16±0.26 ^{NS}	86.17±0.22 ^{NS}	55.70±1.83 ^{ab}	5.41±0.12 ^{NS}
1T6M	17.98±0.26 ^{NS}	47.93±0.54 ^b	91.31±0.27 ^{NS}	84.56±0.21 ^{NS}	49.21±1.64 ^b	5.34±0.27 ^{NS}

Means±SE, P<0.05

- 가열육의 전단력을 평가한 결과는 표 38.에 나타냄. 가열육의 전단력은 1T6M에서 17.98 kg/cm²로 분석되어 약간 낮은 값을 나타내었지만 유의적인 차이는 없었음. 물질을 변형시킬 때 필요한 힘을 나타내는 경도(Hardness)의 경우 Cassava 박을 6% 급여한 돈육(1T6M)에서 47.93 kg/cm²로 유의적으로 낮은 값을 나타내어 Cassava 박의 급여가 돈육의 근육조직을 연화시키는 것으로 사료됨. 제품의 형태를 구성하는 내부적 결합에 필요한 힘을 나타내는 응집성(Cohesiveness)과 제품의 외부로부터 힘을 가한 후 생긴 변형이 힘을 제거시 원상복귀하는 성질을 나타내는 탄력성(Springness), 제품을 부수는데 필요한 힘을 나타내는 파쇄성(Brittleness)은 그룹간에 유의적인 차이가 없었음. 제품을 삼킬 수 있을 정도로 씹는데 필요한 에너지를 나타내는 점성(Gumminess)의 경우 1T0M은 78.10 kg, 1T3M은 55.70 kg, 1T6M은 49.21 kg으로 분석되었으며, Cassava 박을 6% 급여한 돈육(1T6M)에서 유의적으로 낮은 값을 나타내었음.
- 이는 Cassava 박을 6% 급여한 돈육(1T6M)의 가열감량이 유의적으로 낮아 1T6M의 보수력이 더 우수하다고 나타난 결과와 일치하였음.

⑤ 관능평가

- 양돈에서 Cassava 박을 급여한 돈육의 관능적 특성을 평가하기 위해 육색, 향, 맛, 조직감, 다즙성에 대한 기호도와 종합기호도 항목을 평가함. 관능검사는 돈육의 등지방과 근막을 제거하고 근육 부분만 준비하여 사용함. 돈육 등심을 끓는 물에 35분간 가열하여 충분히 익힌 후 1 cm 크기의 정사각형으로 절단하여 상온에서 20분간 식혀서 진행함. 훈련된 12명의 관능검사 요원을 대상으로 평가를 실시하였으며, 각 항목별로 7점 척도법으로 평가함(1=매우 나쁨, 4점=보통, 7점=매우 우수함).

표 39. Cassava 박을 급여한 돈육의 관능적 특성 평가

Sample	색	향	맛	이미	이취	연도	다즙성	종합 기호도
1T0M	5.80±0.79 ^{NS}	5.00±0.82 ^{NS}	4.60±0.97 ^a	4.20±1.23 ^a	4.20±1.03 ^a	3.70±1.06 ^a	4.00±0.82 ^a	3.70±0.95 ^a
1T3M	5.90±0.74 ^{NS}	5.40±0.52 ^{NS}	5.40±0.84 ^{ab}	5.30±0.67 ^b	5.20±0.79 ^b	4.20±1.03 ^a	4.20±0.79 ^a	4.90±0.88 ^b
1T6M	6.00±0.67 ^{NS}	5.70±0.67 ^{NS}	6.00±0.67 ^b	5.60±0.97 ^b	5.60±0.97 ^b	6.00±0.67 ^b	6.00±0.94 ^b	6.10±0.74 ^c

Means±SD, P<0.05

- Cassava 박을 급여한 돈육의 관능평가를 진행한 결과 모든 항목에서 1T6M 샘플의 점수가 가장 높게 나타남. 색, 향 항목의 경우 그룹 간의 유의적인 차이가 없었으나 맛, 이미, 이취, 연

도, 다즙성, 종합기호도 항목은 Cassava 박을 6% 급여한 돈육(1T6M)에서 유의적으로 높게 나타남. 특히 맛, 연도, 다즙성, 종합기호도는 6.0을 넘는 높은 점수를 나타내었음.

- 묘사 분석에서는 1T0M은 돈육이 딱딱하고 조직감이 매우 단단하여 육즙이 부족하다는 의견이 나타났고 1T3M은 이미와 이취는 없으나 1T0M과 유사하게 육즙이 적고 딱딱하다는 의견이 나타남. 1T6M에서는 조직감이 부드럽고 육즙이 풍부하며 단맛이 느껴진다고 나타남.
- 이는 돈육 등심의 유리아미노산 함량을 분석한 결과에서 우마미와 짠맛을 나타내는 Glutamic acid의 함량과 총 유리아미노산의 함량이 Cassava 박을 6% 첨가한 1T6M에서 유의적으로 높은 결과가 관능평가에 긍정적인 역할을 하는데 도움을 주었을 것으로 사료되며, 돈육의 아미노태 질소 함량이 Cassava 박을 첨가한 처리구에서 유의적으로 높게 분석된 결과가 도움을 주었을 것으로 사료됨.
- 또한 Cassava 박을 첨가한 처리구 돈육의 연도와 다즙성이 우수한 관능평가 결과는 가열육의 조직감 분석에서 1T6M의 Hardness와 Gumminess가 더 우수하다고 분석된 결과와도 일치하였음.

○ 저장 안정성 분석

- 양돈에서 Cassava 박의 급여에 따른 돈육의 저장 기간별 육질 안정성을 평가하기 위하여 돈육 등심의 pH, 색도, 지방산패도를 저장 기간에 따라 분석하였음.
- 저장 안정성 분석은 도축 후 농가에서 수령한 돈육의 등심 부위의 지방을 제거한 뒤 5cm 정육 면체로 절단하여 진공 포장하여 냉장고(4±0.5℃)에 넣어 20일간 저장하면서 0, 5, 10, 15, 20일에 각각 개별 포장된 시료를 개봉하여 분석에 사용함.

① pH

- 개별 포장된 시료를 믹서에 분쇄하여 5 g 취한 후 상기와 동일한 방법으로 분석함.

표 40. Cassava 박을 급여한 돈육의 저장기간별 pH

Sample	0 day	5 day	10 day	15 day	20 day
1T0M	5.58±0.01 ^{NS}	5.59±0.01 ^{NS}	5.59±0.01 ^{NS}	5.52±0.00 ^{NS}	5.60±0.01 ^{NS}
1T3M	5.72±0.03 ^{NS}	5.88±0.03 ^{NS}	5.75±0.03 ^{NS}	5.87±0.02 ^{NS}	5.69±0.02 ^{NS}
1T6M	5.76±0.03 ^{NS}	5.86±0.03 ^{NS}	5.85±0.03 ^{NS}	5.85±0.02 ^{NS}	5.73±0.02 ^{NS}

Means±SE, P<0.05

- 양돈에서 Cassava 박의 급여에 따른 돈육의 저장 기간별 육질 안정성을 평가하기 위하여 돈육 등심의 pH를 저장 기간에 따라 분석한 결과 저장기간에 따른 대조구와 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았음.

② 색도

- 개별 포장된 시료를 4.0 × 4.0 × 1.0 cm로 절단하여 상기와 동일한 방법으로 분석함.

표 41. Cassava 박을 급여한 돈육의 저장기간별 색도

Sample		0 day	5 day	10 day	15 day	20 day
L	1T0M	55.37±0.18 ^{NS}	57.22±0.22 ^{NS}	56.78±0.28 ^{NS}	55.37±0.19 ^{NS}	58.48±0.16 ^{NS}
	1T3M	55.53±0.19 ^{NS}	51.35±0.39 ^{NS}	55.24±0.38 ^{NS}	55.91±0.30 ^{NS}	57.23±0.34 ^{NS}
	1T6M	55.85±0.29 ^{NS}	53.41±0.28 ^{NS}	54.99±0.53 ^{NS}	51.56±0.27 ^{NS}	57.95±0.36 ^{NS}
a	1T0M	4.44±0.11 ^{NS}	4.44±0.12 ^{NS}	4.88±0.05 ^{NS}	6.35±0.13 ^{NS}	5.82±0.09 ^{NS}
	1T3M	5.16±0.08 ^{NS}	5.46±0.12 ^{NS}	5.42±0.03 ^{NS}	5.73±0.07 ^{NS}	5.99±0.05 ^{NS}
	1T6M	4.78±0.06 ^{NS}	4.79±0.07 ^{NS}	4.75±0.08 ^{NS}	5.65±0.06 ^{NS}	5.61±0.09 ^{NS}
b	1T0M	11.62±0.05 ^{NS}	12.20±0.08 ^{NS}	12.17±0.06 ^{NS}	12.78±0.08 ^{NS}	13.02±0.05 ^{NS}
	1T3M	12.13±0.08 ^{NS}	11.54±0.15 ^{NS}	12.79±0.12 ^{NS}	12.51±0.08 ^{NS}	12.95±0.12 ^{NS}
	1T6M	12.15±0.09 ^{NS}	11.52±0.08 ^{NS}	10.47±0.41 ^{NS}	11.65±0.05 ^{NS}	13.42±0.13 ^{NS}

Means±SE, P<0.05

- 돈육 등심의 색도를 저장 기간에 따라 분석한 결과 저장기간에 따른 대조구와 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았음.

③ 지방산패도

- 지방산패도는 Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)는 (Zeb, Ullah,2016) 방법을 수정하여 분석하였음. 잘게 분쇄한 등심 1 g을 50% acetic acid, glacial 5 mL, BHT 50 μ L를 넣고 1시간 교반 후, 3000rpm에서 10분간 원심분리 하였음. 상등액 1 mL를 취하여 4 mM TBA 1 mL를 첨가하여 90°C 항온 수조에서 1시간 가열한 후 상온에서 냉각 후 531nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식에 의하여 계산함.

$$TBARS(mg \text{ of malonaldehyde} / kg \text{ tissue}) = \text{absorbance at } 531nm \times 5.88$$

표 42. Cassava 박을 급여한 돈육의 저장기간별 지방산패도

Sample	0 day	5 day	10 day	15 day	20 day
1T0M	0.19±0.00 ^a	0.31±0.00 ^{NS}	0.30±0.00 ^{NS}	0.58±0.01 ^{NS}	0.63±0.01 ^{NS}
1T3M	0.39±0.01 ^{ab}	0.42±0.01 ^{NS}	0.58±0.02 ^{NS}	0.51±0.01 ^{NS}	0.74±0.03 ^{NS}
1T6M	0.47±0.01 ^b	0.38±0.01 ^{NS}	0.46±0.01 ^{NS}	0.56±0.00 ^{NS}	0.82±0.01 ^{NS}

Means±SE, P<0.05

- TBARS 값은 지질의 산패 정도를 나타내는 값으로 지방의 산화에 의해 발생하는 malonaldehyde(MDA)와 thiobarbituric acid 가 반응하여 생성되는 붉은색의 강도를 측정하는 값으로 그 값이 크면 지방의 산패가 많이 진행되었음을 나타냄 (Tarladhis BG, 1960).
- 지질산패도는 저장기간 중 증가하는 경향을 나타내는 것으로 알려져 있는데 이는 지방이 산화되어 1차 생성물인 hydroperoxide가 2차 산화 생성물로 분해되어 유기산, 알데하이드, 케톤,

알코올, 카르보닐기 및 중합체 등이 계속 생성되고 또한 미생물 대사와 지방 분해 효소에 의해 생성되는 분해 물질에 의한 것이라고 보고됨. 본 실험의 결과 또한 저장기간이 경과함에 따라 돈육의 TBARS 값이 증가하는 경향을 나타내었으나 대조구와 처리구간에 유의적인 차이는 없었음.

- 양돈에서 Cassava 박의 급여에 따른 돈육의 저장 기간별 육질 안정성을 평가하기 위하여 돈육 등심의 pH, 색도, 지방산패도를 저장 기간에 따라 분석한 결과 모든 분석 항목에서 대조구와 처리구간에 유의적인 차이가 없어 Cassava 박의 급여가 돈육의 저장 안정성에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료됨.
- 본 연구에서 Cassava 박 급여에 따른 돈육의 성분 및 육질 특성을 평가하기 위하여 일반성분, 아미노태질소, 유리아미노산, 지방산, 육즙감량, 조직감, 관능적 기호도 등에 대한 분석을 수행하였음.
- 분석 결과 Cassava 박을 급여하지 않은 대조구에 비해 Cassava 박이 급여된 시험구에서 감칠맛을 나타내는 아미노태질소, Glutamic acid 함량이 증가하여 맛이 우수한 돈육 제품의 생산이 가능함. 또한 Cassava 박이 급여된 처리구에서 돈육의 가열감량이 감소하고, 조직감 분석 결과 전단력과 경도가 대조구보다 낮게 나타났으며, 관능평가 결과에서도 연도와 다즙성이 우수하게 분석되어 Cassava 박의 급여가 돈육의 조직을 연화시키고 보수력을 높이는 결과를 확인하였음. 보수력은 식육의 외관 및 제품 제조 시 큰 영향을 주는 요소이며, 보수력이 높은 식육은 가공 시 제품의 수분량을 높이고 조직감을 좋게 하여 품질을 향상시키기 때문에 Cassava 박의 급여에 의하여 품질이 우수한 돈육 제품의 생산이 가능할 것으로 사료됨.

<2차년도>

○ 사료첨가제 효능검정을 위한 혈액 및 돈육 분석

- 사양시험은 애니팜영농조합법인에서 진행하였으며, 사료와 물을 1:3의 비율로 혼합하여 자유 급식 시켰음. 사료는 보리가공 부산물의 첨가 비율에 따라 1) 2T0(기초사료), 2) 2T2(기초사료+2% 보리가공 부산물), 3) 2T4(기초사료+4% 보리가공 부산물) 혼합 후 급이하여 진행하였으며, 각각의 보리가공 부산물, 사료, 돼지 혈액, 돈육을 제공받아 분석을 진행함.

표 43. 주관기관의 농가 운영 일정 및 분석 시료 수령 일정

	5월				6월				7월				8월			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
일정																
		5.12 (0d 혈액)			6.3 (3w 혈액)			6.22 (6w 혈액)		7.15 (9w 혈액)			8.4 (12w 혈액)			8.19 (출하 등심)

○ 시료의 명명

- 주관기관에서 제공 받은 시험 시료의 종류는 아래와 같고 각 시료의 약어를 표 44.와 같이 사용하고자 함.

표 44. 분석용 시료의 명명

Sample	Sample	Abbreviation
보리가공 부산물	Barley residue(Liquid)	2BR-L
	Barley residue(Solid)	2BR-S
기초사료*	Growing pig Diet	2T0GD
	Finishing pig Diet	2T0FD
기초사료+2% 보리가공 부산물	Growing pig Diet	2T2GD
	Finishing pig Diet	2T2FD
기초사료+4% 보리가공 부산물	Growing pig Diet	2T4GD
	Finishing pig Diet	2T4FD
기초사료 급이 양돈의 혈액	Blood	2T0B
기초사료+2% 보리가공 부산물 급이 양돈의 혈액	Blood	2T2B
기초사료+4% 보리가공 부산물 급이 양돈의 혈액	Blood	2T4B
기초사료 급이 돈육	Meat	2T0M
기초사료+2% 보리가공 부산물 급이 돈육	Meat	2T2M
기초사료+4% 보리가공 부산물 급이 돈육	Meat	2T4M

* Farmsco 액상사료용 크럼블

표 45. 분석 샘플 수량

Abbreviation	수량(n)
2T0GD	n=1
2T0FD	n=1
2T3GD	n=1
2T3FD	n=1
2T6GD	n=1
2T6FD	n=1
2T0B	n=60 (12ea×5(0, 3, 6, 9, 12week))
2T2B	n=60 (12ea×5(0, 3, 6, 9, 12week))
2T4B	n=60 (12ea×5(0, 3, 6, 9, 12week))
2T0M	n=12
2T2M	n=12
2T4M	n=12

○ 사료첨가제(보리가공 부산물) 분석

- 양돈용 사료 첨가제로 사용할 보리가공 부산물의 일반성분, 미생물 분석, 항산화 활성을 평가함. 제공받은 보리가공 부산물 2BR-L의 경우 액상으로 제공받아 동결건조하여 분석을 진행하였으며, 보리가공 부산물 2BR-S의 경우 건조 분말 상태로 제공받아 분석에 사용함. 보리가공 부산물 2BR-L의 수율은 표 46. 나타냄.

표 46. 보리가공 부산물의 건조 수율

Sample	Yield (%)
2BR-L	9.16±0.48

Means±SD

① 일반성분 분석

- 보리가공 부산물의 수분, 회분, 조단백, 조지방, 탄수화물을 분석함. 영양성분은 AOAC 방법에 의하여 분석함. 수분은 105℃ 상압건조법, 회분 함량은 550℃에서 직접 회화법을 이용하여 분석함. 조지방은 에테르를 이용하여 Soxhlet 추출 장치로 분석하였으며, 조단백은 단백질 분석기를 이용한 Kjeldahl 질소정량법에 따라 분석함. 탄수화물은 검체 100 g 중에서 수분, 조지방, 회분 및 조단백질의 양을 감하여 얻은 양으로서 산출함.

표 47. 보리가공 부산물의 일반성분 분석

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Crude Protein (%)	Crude Fat (%)	Carbohydrate (%)	Calorie (Kcal)
2BR-L	1.24±0.00	6.90±0.28	50.44±0.71	0.32±0.03	41.21±0.60	368.44±1.07
2BR-S	4.92±0.11	9.33±0.09	62.66±0.36	1.30±0.02	22.10±0.77	347.29±3.45

Means±SD

- 보리가공 부산물의 일반성분을 분석한 결과 2BR-L의 경우 수분은 1.24%, 회분은 6.90%, 조단백 50.44%, 조지방 0.32%, 탄수화물 41.21%로 탄수화물을 제외한 나머지 항목에서 2BR-S 보다 낮게 수준으로 분석됨. 열량의 경우 2BR-L이 368.44 Kcal로 2BR-S보다 높은 수준으로 계산됨.

② DPPH 라디칼 소거능 평가

- 주관기관에서 제공받은 보리가공 부산물 2종 중 항산화 활성이 우수한 제품을 사료첨가제로 사용하기 위하여 DPPH 라디칼 소거능 평가를 시행함.
- DPPH 라디칼 소거능 측정은 보리가공 부산물 농도별 시료 10 μL에 0.1 mM DPPH (1,1-diphenyl -2-picrylhydrazyl) 190 μL를 혼합하여 상온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정함. 각 농도별 시료의 DPPH 라디칼 소거능은 아래의 식으로 계산하여 백분율로 나타냄.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무처리 구의 흡광도}}\right) \times 100$$

표 48. 보리가공 부산물의 DPPH 라디칼 소거능

Sample	DPPH radical 소거능 (%)					SC50 (µg/mL)
	50 µg/mL	100 µg/mL	200 µg/mL	400 µg/mL	500 µg/mL	
2BR-L	7.13±2.47	18.00±4.50	31.09±2.30	52.54±1.69	60.31±1.49	355.70±17.04
2BR-S	5.37±3.10	7.07±2.92	12.66±3.03	20.24±1.00	26.93±2.90	965.98±63.46

- 보리가공 부산물의 DPPH 라디칼 소거능을 평가한 결과 항산화 활성이 농도 의존적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 500 µg/mL 농도 조건에서 2BR-L은 60.31%, 2BR-S는 26.92%의 소거능을 나타내었으며, SC50은 보리가공 부산물 2BR-L이 355.70 µg/mL, 2BR-S는 965.98 µg/mL를 나타내어 보리가공 부산물 2BR-L이 항산화 활성이 더 우수하게 분석됨.

③ ABTS 라디칼 소거능 평가

- 보리가공 부산물 2종의 항산화 활성을 평가하기 위하여 ABTS 라디칼 소거능 평가를 시행함.
- ABTS 용액은 7 mM ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)와 2.45 mM potassium persulfate를 암소에서 16시간 동안 반응시켜 ABTS 양이온을 형성시킨 후 사용직전 734 nm에서 흡광도가 0.80±0.02가 되도록 조정함. ABTS 라디칼 소거능 측정은 각 농도별 추출물 10 µL에 ABTS 용액 190 µL를 혼합하여 실온에서 10분 동안 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정함. 각 시료의 ABTS 라디칼 소거능을 아래의 식으로 계산하여 백분율로 나타냄.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무처리 구의 흡광도}}\right) \times 100$$

표 49. 보리가공 부산물의 ABTS 라디칼 소거능

Sample	ABTS radical 소거능 (%)					SC50 (µg/mL)
	5 µg/mL	10 µg/mL	20 µg/mL	40 µg/mL	50 µg/mL	
2BR-L	10.85±0.68	17.18±1.34	36.36±0.41	58.58±4.12	66.53±1.57	31.94±0.95
2BR-S	6.67±0.07	12.64±0.71	25.28±0.26	43.70±0.32	46.91±3.46	43.90±0.41

- 보리가공 부산물의 ABTS 라디칼 소거능을 평가한 결과 항산화 활성이 농도 의존적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 40 µg/mL 농도 조건에서 2BR-L은 58.58%, 2BR-S는 43.70%의 소거능을 나타내었으며, SC50은 보리가공 부산물 2BR-L이 31.94 µg/mL, 2BR-S는 43.90 µg/mL를 나타내어 보리가공 부산물 2BR-L이 항산화 활성이 더 우수하게 분석되었으며, 2BR-L을 사료첨가제로 사용하여 사양실험을 진행함.

④ 미생물 분석

- 본 실험에서 사용하는 보리가공 부산물 2BR-L의 미생물학적 위해요소를 평가하고자 일반세균, 대장균군, 효모, 곰팡이를 확인하였음.
- 일반세균은 AC(일반세균용) 필름배지, 대장균군은 CC(대장균군용) 필름배지, 효모 및 곰팡이

는 YM(효모&곰팡이용) 필름배지를 사용하였고, 2BR-L 1 g을 증류수를 이용하여 10-fold로 희석한 희석액을 준비함. 희석액 1 mL를 필름배지에 접종하고 누름판으로 눌러서 굳힌 후 일반세균과 대장균군은 37°C에서 24시간 배양, 효모와 곰팡이는 30°C 96시간 배양하여 집락수를 계산함.

표 50. 보리가공 부산물 BR-L의 미생물 분석

Sample	미생물수(log CFU/g)			
	일반세균	대장균군	효모	곰팡이
2BR-L	4.96±0.64	4.54±0.21	7.88±0.83	-

Means±SD

· 보리가공 부산물 2BR-L의 미생물수를 분석한 결과 곰팡이는 검출되지 않았으며, 일반세균수는 4.96 log CFU/g, 대장균군수는 4.54 log CFU/g 수준으로 분석되었으며, 효모가 log 7.88 CFU/g 수준으로 높게 분석됨. 본 연구의 보리가공 부산물의 경우 맥주 가공 과정에서 생산되는 맥주 효모 슬러지를 회수하여 사용하는 것으로 미생물 분석결과 효모수가 많은 것은 맥주 효모에 의한 것으로 사료됨. 보리가공 부산물에서 검출된 일반세균과 대장균군의 경우 액상사료를 돼지에게 급이하는 동안 미생물학적 위해요소가 될 수 있으므로 액상 사료 보관 시간에 따른 미생물의 증식을 확인을 통해 안전성을 평가함.

○ 양돈용 사료의 분석

· 양돈용 사료의 성분 분석을 위하여 일반성분, 아미노태질소, 유리아미노산, 지방산 함량을 분석하였으며, 사양시험 급이 시 미생물 안전성을 확인하기 위하여 미생물 분석을 진행함.

① 일반성분 분석

· 사료를 믹서기로 분쇄하여 상기와 동일한 방법으로 수분, 회분, 조단백, 조지방, 탄수화물 함량을 분석함.

표 51. 육성돈 사료(TGD)의 일반성분 분석

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Crude Protein (%)	Crude Fat (%)	Carbohydrate (%)	Calorie (Kcal)
2T0GD	9.85±0.13 ^c	4.25±0.10 ^{NS}	17.56±0.16 ^a	2.75±0.12 ^{NS}	65.59±0.25 ^a	357.31±0.75 ^a
2T2GD	11.85±0.02 ^b	4.20±0.21 ^{NS}	16.89±0.05 ^b	2.91±0.11 ^{NS}	64.15±0.07 ^b	350.37±1.43 ^b
2T4GD	12.78±0.28 ^a	4.00±0.10 ^{NS}	16.54±0.07 ^c	2.90±0.02 ^{NS}	63.78±0.13 ^b	347.37±0.63 ^b

Means±SD, P<0.05

· 육성돈 사료의 일반성분을 분석한 결과 수분 9.85 ~ 12.78%, 회분 4.00 ~ 4.25%, 조단백 16.54 ~ 17.56%, 조지방 2.75 ~ 2.91%, 탄수화물 63.78 ~ 65.59% 수준으로 분석되었으며, 보리가공 부산물의 첨가비율이 높아질수록 수분 함량이 증가하고, 조단백, 탄수화물 및 열량은 감소하는 경향을 나타냄.

표 52. 비육돈 사료(TFD)의 일반성분 분석

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Crude Protein (%)	Crude Fat (%)	Carbohydrate (%)	Calorie (Kcal)
2T0FD	10.58±0.01 ^b	4.36±0.20 ^{NS}	15.58±0.67 ^{NS}	5.26±0.34 ^{NS}	64.22±0.53 ^{NS}	366.54±2.45 ^a
2T2FD	12.79±0.64 ^a	4.57±0.27 ^{NS}	14.81±0.18 ^{NS}	5.24±0.54 ^{NS}	62.59±1.64 ^{NS}	356.76±0.95 ^b
2T4FD	13.83±0.31 ^a	4.58±0.04 ^{NS}	14.86±0.26 ^{NS}	5.24±0.70 ^{NS}	61.49±0.80 ^{NS}	352.57±2.06 ^b

Means±SD, P<0.05

- 비육돈 사료의 일반성분을 분석한 결과 수분 10.58 ~ 13.83%, 회분 4.36 ~ 4.58%, 조단백 14.81 ~ 15.58%, 조지방 5.24 ~ 5.26%, 탄수화물 61.49 ~ 64.22% 범위이며 회분, 조단백, 조지방, 탄수화물의 경우 시료 간 유의적인 차이가 없어 비육돈의 사양시험 기간 동안 모든 처리구에서 유사한 영양 수준의 사료가 급이되었음.
- 돼지의 비육기에는 등지방축적을 억제하며 정육량을 증가시키기 위하여 저단백의 비육돈 사료 제한급여를 해야 한다고 알려짐. 육성돈 사료와 비육돈 사료를 비교했을 때 비육돈 사료의 조단백이 약간 더 낮은 것을 확인함.

② 아미노태질소(AN) 분석

- 사료의 아미노태질소를 분석함. 아미노태질소는 시료 3 g에 증류수로 50 mL 정용 후 여과하여 1% phenolphthalein 지시약 2~3방울 가하고 0.1 N NaOH로 미홍색이 될 때까지 적정한 후 다른 용기에 Formalin 용액 30 mL를 넣고 1% phenolphthalein 지시약 2~3방울 가하여 0.1 N NaOH로 미홍색이 될 때까지 적정함. 두 용액을 혼합하여 0.1 N NaOH로 미홍색이 될 때까지 적정한 뒤, 하기의 식을 통해 계산함

$$AN \text{ (mg\%)} = \frac{\text{소비된 } 0.1 \text{ N NaOH} \times 0.0014 \times 100 \times 1000 \times \text{희석배수}}{\text{시료량 (g)}}$$

표 53. 육성돈 사료(TGD)의 아미노태질소 함량

Sample	Amino nitrogen (mg%)
2T0GD	97.70±0.82 ^{NS}
2T2GD	96.69±0.93 ^{NS}
2T4GD	95.29±0.96 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 아미노태질소 함량은 protease의 작용에 의하여 단백질이 아미노산의 형태로 분해되는 정도를 나타내는 것으로, 보통 발효식품의 품질과 구수한 맛의 지표로 사용되고 있음.
- 사료의 아미노태질소 함량은 육성돈 사료에서는 보리가공 부산물이 0% 함유된 2T0GD에서 97.70%, 2% 함유된 2T2GD에서는 96.69%, 4% 함유된 2T4GD에서는 95.29%를 나타내었으며,

보리가공 부산물의 함량이 증가할수록 아미노태질소 함량은 감소하는 경향을 나타내었으나 그룹 간에 유의적인 차이는 없었음.

표 54. 비육돈 사료(TFD)의 아미노태 질소 함량

Sample	Amino nitrogen (mg%)
2T0FD	97.44±0.94 ^{NS}
2T2FD	96.01±1.35 ^{NS}
2T4FD	97.03±1.24 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 비육돈 사료에서는 보리가공 부산물이 0% 함유된 2T0FD에서 97.44%, 2% 함유된 2T2FD에서는 96.01%, 4% 함유된 2T4FD에서는 97.03%를 나타냄.
- 보리가공 부산물 함량에 따른 육성돈과 비육돈 사료의 아미노태질소 함량은 그룹간에 유의적인 차이를 나타내지 않음.

③ 총질소(TN) 분석

- 사료의 총질소는 AOAC의 Kjeldahl법을 이용하여 측정함. 유산지에 시료 약 0.5 g을 취하여 킬달플라스크에 넣은 후 분해 촉진제 2알과 진한 황산 15 mL를 투입함. 분해장치에 연결하여 분해 후 방냉하고 증류장치에 연결하여 H₂O 50 mL과 32% NaOH 65 mL를 넣어 증류함. 증류되어 나오는 NH₃를 4% H₃BO₃ 80 mL가 들어있는 수기에 포집 후 증류액을 0.1 N HCl로 pH 4.21가 되는 지점까지 적정함.

$$TN (\%) = \frac{[(\text{소비된 HCl mL} - \text{공시험 mL}) \times M \times 14.01 \times 100]}{\text{검체량(mg)}}$$

* 14.01 : 질소의 원자량

M : HCl의 몰농도

F : 질소계수

표 55. 육성돈 사료(TGD)의 총질소 함량

Sample	Total nitrogen (%)
2T0GD	2.81±0.03 ^a
2T2GD	2.70±0.01 ^b
2T4GD	2.65±0.01 ^c

Means±SD, P<0.05

- 유리아미노산, 펩타이드, 아미노태질소 등으로 구성되어 있는 총질소의 함량을 분석한 결과 육성돈 사료에서는 보리가공 부산물이 0% 함유된 2T0GD에서 2.81%, 2% 함유된 2T2GD에서는

2.70%, 4% 함유된 2T4GD에서는 2.65%를 나타내었으며, 보리가공 부산물의 함량이 증가할수록 총질소 함량은 감소하는 경향을 나타냄.

표 56. 비육돈 사료(TFD)의 총질소 함량

Sample	Total nitrogen (%)
2T0FD	2.49±0.11 ^{NS}
2T2FD	2.37±0.03 ^{NS}
2T4FD	2.38±0.04 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 비육돈 사료에서는 보리가공 부산물이 0% 함유된 2T0FD에서 2.49%, 2% 함유된 2T2FD에서는 2.37%, 4% 함유된 2T4FD에서는 2.38%를 나타내어 2T0FD에서 가장 높은 함량을 나타내었으나 그룹간에 유의적인 차이는 없었음.

④ 유리아미노산 분석

- 사료의 유리아미노산 함량은 자동아미노산 분석기(Hitach L-8900, Japan)를 이용하여 표 57의 조건으로 분석함. 건조된 시료에 75% 에탄올을 가해 혼합한 후 Sonication에 1 h 처리하고 원심분리 후 0.2 μm syringe filter로 여과하여 아미노산 자동분석기로 분석함.

표 57. 유리아미노산 분석조건

Items	Conditions			
HPLC	Dionex Ultimate 3000			
Column	Inno C18 column (4.6mm x 150mm, 5um/Younjinbiochrom/Korea)			
FL Detector	Emission 450nm, Excitation 340nm(OPA), Emission 305nm, Excitation 266nm(FMOC)			
UV Detector	338nm			
Temperature	Column Temperature : 40°C, Sample Temperature : 20°C			
Injection	0.5 uL			
Mobile Phase	Mobile Phase A : 40mM Sodium phosphate, pH 7 Mobile Phase B : 3DW / Acetonitrile / Methanol (10 : 45 : 45 v/v%)			
Oven	Time	Flow Rate	Mobile phase A	Mobile phase B
	0.0	1.5	95	5
	3.0	1.5	95	5
	24.0	1.5	45	55
	25.0	1.5	20	80
	31.0	1.5	20	80
	34.5	1.5	95	5
	35.0	1.5	95	5

표 58. 육성돈 사료의 유리아미노산

Free amino acid	2T0GD	2T2GD	2T4GD
Aspartic acid	311.36±10.44 ^{NS}	322.87±12.45 ^{NS}	341.76±0.58 ^{NS}
Glutamic acid	551.69±20.15 ^{NS}	541.27±10.40 ^{NS}	535.40±3.10 ^{NS}
Asparagine	290.68±15.63 ^{NS}	290.71±10.04 ^{NS}	288.86±7.31 ^{NS}
Serine	53.92±1.63 ^b	69.58±7.37 ^{ab}	85.70±1.43 ^a
Glutamine	25.43±1.53 ^b	34.82±4.10 ^{ab}	47.95±2.02 ^a
Histidine	53.16±5.16 ^{NS}	52.39±1.01 ^{NS}	49.95±0.31 ^{NS}
Glycine	46.81±0.41 ^c	60.22±2.90 ^b	72.12±2.37 ^a
Threonine	1546.98±48.81 ^{NS}	1472.59±2.81 ^{NS}	1470.45±34.92 ^{NS}
Arginine	398.40±25.45 ^{ab}	401.42±3.10 ^a	376.15±7.08 ^b
Alanine	205.31±3.55 ^b	229.35±13.87 ^{ab}	255.35±2.01 ^a
GABA	95.88±2.09 ^b	116.01±9.05 ^{ab}	136.37±4.23 ^a
Tyrosine	54.45±1.85 ^{NS}	53.36±1.42 ^{NS}	52.40±1.49 ^{NS}
Valine	53.98±1.90 ^b	73.07±9.56 ^{ab}	93.85±2.46 ^a
Methionine	32.48±1.58 ^b	36.74±2.85 ^{ab}	41.76±0.30 ^a
Tryptophane	165.61±3.82 ^{NS}	168.55±11.46 ^{NS}	169.29±2.43 ^{NS}
Phenylalanine	52.03±1.80 ^b	66.19±7.07 ^{ab}	79.91±1.09 ^a
Isoleucine	39.96±0.16 ^b	54.71±6.45 ^{ab}	71.73±2.20 ^a
Ornithine	21.60±0.34 ^b	23.51±0.20 ^a	27.52±1.46 ^a
Leucine	50.78±0.44 ^b	74.52±11.61 ^{ab}	97.40±1.58 ^a
Lysine	3346.05±124.51 ^{NS}	3100.12±28.44 ^{NS}	3093.39±27.86 ^{NS}
Proline	225.18±6.85 ^{NS}	237.32±10.66 ^{NS}	230.16±10.62 ^{NS}
합계	7621.74±263.72 ^{NS}	7479.35±160.61 ^{NS}	7617.48±57.94 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

· 육성돈 사료와 비육돈 사료의 유리아미노산 함량을 분석한 결과는 표 58, 표 59과 같음. 육성돈 사료의 유리아미노산 함량을 분석한 결과 총 함량의 경우 그룹 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 Serine, Glutamine, Valine, Phenylalanine 등의 함량이 보리가공 부산물이 4% 함유된 2T4GD에서 유의적으로 높게 분석됨. 반면에 사료의 주요한 유리아미노산인 Glutamic acid, Threonine, Lysine 등의 경우 모든 그룹에서 유사한 함량을 나타냄.

표 59. 비육돈 사료의 유리아미노산

Free amino acid	2T0FD	2T2FD	2T4FD
Aspartic acid	304.18±5.38 ^{NS}	319.52±16.37 ^{NS}	339.08±14.52 ^{NS}
Glutamic acid	396.19±3.82 ^{NS}	391.34±9.04 ^{NS}	401.66±21.63 ^{NS}
Asparagine	388.61±2.39 ^{NS}	389.48±2.74 ^{NS}	390.22±30.15 ^{NS}
Serine	60.14±2.31 ^b	80.03±6.93 ^{ab}	92.87±0.90 ^a
Glutamine	28.30±3.56 ^b	42.63±2.02 ^{ab}	48.42±0.94 ^a
Histidine	47.16±3.67 ^{NS}	51.74±1.74 ^{NS}	49.34±4.65 ^{NS}
Glycine	59.23±0.67 ^b	70.71±5.75 ^{ab}	81.80±0.68 ^a
Threonine	1449.99±44.51 ^{NS}	1414.14±41.53 ^{NS}	1348.48±45.74 ^{NS}
Arginine	305.84±23.72 ^{NS}	319.64±9.22 ^{NS}	312.47±21.61 ^{NS}
Alanine	215.23±9.57 ^b	247.78±15.33 ^{ab}	269.53±7.06 ^a
GABA	106.89±5.54 ^b	133.87±8.88 ^{ab}	150.23±2.64 ^a
Tyrosine	61.10±8.14 ^{NS}	65.36±2.58 ^{NS}	62.20±2.36 ^{NS}
Valine	53.27±5.50 ^b	79.41±9.08 ^{ab}	94.76±0.04 ^a
Methionine	587.70±9.70 ^{NS}	589.00±21.00 ^{NS}	554.52±10.88 ^{NS}
Tryptophane	183.03±20.88 ^{NS}	165.04±7.29 ^{NS}	167.73±9.39 ^{NS}
Phenylalanine	55.91±11.60 ^{NS}	79.68±9.92 ^{NS}	88.30±0.39 ^{NS}
Isoleucine	35.51±3.15 ^b	54.81±7.41 ^{ab}	67.39±0.75 ^a
Ornitine	58.90±2.26 ^{NS}	59.30±2.62 ^{NS}	58.80±0.83 ^{NS}
Leucine	61.87±17.86 ^{NS}	101.69±12.78 ^{NS}	114.97±2.86 ^{NS}
Lysine	3193.06±53.51 ^{NS}	3105.21±124.22 ^{NS}	3013.20±109.10 ^{NS}
Proline	296.44±4.40 ^{NS}	300.19±48.49 ^{NS}	268.62±16.24 ^{NS}
합계	7948.55±182.28 ^{NS}	8060.58±361.46 ^{NS}	7974.59±272.71 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 비육돈 사료의 유리아미노산 함량을 분석한 결과 Lysine, Threonine, Methionine 순으로 높은 함량을 나타내었으며, 총 함량과 주요한 아미노산의 경우 그룹 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 육성돈 사료와 유사하게 Serine, Glutamine, Valine 등의 함량이 보리가공 부산물이 4% 함유된 2T4GD에서 유의적으로 높게 분석됨.

⑤ 지방산 분석

- 사료의 지방산 조성 분석은 건조된 시료의 조지방을 추출한 후 추출된 조지방 시료를 Gas chromatography를 이용하여 표 60의 조건으로 분석함. 일정량의 시료를 Teflon cap이 있는 4 mL 바이알에 넣어 Methylation mixture [MeOH : Benzen : DMP (2,2-Dimethoxy-propane) :

H2SO4 = 39:20:5:2]를 2 mL, heptane 1 mL를 넣어 흔든 후 80°C 에서 2시간 추출하여 시료를 준비함(정량 시 ISTD를 함께 첨가). 추출 후 상온 냉각하여 상층액 일정량 추출하여 GC로 분석함.

표 60. 지방산 분석조건

Items	Conditions
GC	Agilent 7890A(Agilent, USA)
Column	DB-23(Agilent, 60mm*0.25mm*0.25um)
Detector	FID(280°C, H2 35, Air 350, He 35ml/min)
Injector	250°C
Injection	1uL (spilt ratio 10)
Oven	50°C 1min Hold 130°C 25°C/min, 0min Hold 170°C 8°C/min, 0min Hold 215°C 1.5°C/min, 0min Hold 250°C 5°C/min, 5min Hold

표 61. 육성돈 사료의 지방산

Fatty acid (%)	2T0GD	2T2GD	2T4GD
Lauric acid(C12:0)	0.23±0.01 ^{NS}	0.20±0.01 ^{NS}	0.21±0.01 ^{NS}
Myristic acid (C14:0)	0.26±0.00 ^{NS}	0.26±0.01 ^{NS}	0.27±0.01 ^{NS}
Palmitic acid (C16:0)	17.67±0.18 ^{NS}	17.83±0.04 ^{NS}	17.70±0.04 ^{NS}
Stearic acid (C18:0)	3.22±0.01 ^{NS}	3.20±0.02 ^{NS}	3.18±0.01 ^{NS}
Arachidic acid (C20:0)	0.39±0.00 ^{NS}	0.36±0.01 ^{NS}	0.38±0.00 ^{NS}
Behenic acid (C22:0)	0.32±0.01 ^{NS}	0.31±0.01 ^{NS}	0.31±0.01 ^{NS}
Lignoceric acid (C24:0)	0.35±0.02 ^{NS}	0.36±0.01 ^{NS}	0.37±0.03 ^{NS}
Total SFA	22.43±0.18 ^{ab}	22.52±0.01 ^a	22.40±0.01 ^b
Palmitoleic acid (C16:1n7)	0.78±0.01 ^{NS}	0.80±0.03 ^{NS}	0.76±0.01 ^{NS}
Oleic acid (C18:1n9)	25.03±0.53 ^{NS}	24.86±0.13 ^{NS}	24.97±0.29 ^{NS}
Linoleic acid (C18:2n6)	47.81±0.25 ^{NS}	47.92±0.14 ^{NS}	47.94±0.25 ^{NS}
Alpha-linolenic acid (C18:3n3)	3.31±0.18 ^{NS}	3.29±0.08 ^{NS}	3.28±0.02 ^{NS}
Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.42±0.00 ^{NS}	0.42±0.01 ^{NS}	0.42±0.00 ^{NS}
Erucic acid (C22:1n9)	0.45±0.06 ^{NS}	0.40±0.03 ^{NS}	0.43±0.03 ^{NS}
Total USFA	77.79±0.17 ^{NS}	77.68±0.02 ^{NS}	77.68±0.02 ^{NS}
MFUA/SFA	1.19±0.04 ^{NS}	1.18±0.01 ^{NS}	1.19±0.01 ^{NS}
PUFA/SFA	2.28±0.00 ^{NS}	2.27±0.01 ^{NS}	2.29±0.01 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

SFA, Saturated Fatty acid; USFA, Unsaturated fatty acid; MUFA, Monounsaturated fatty acid; PUFA, Polyunsaturated fatty acid

- 육성돈 사료와 비육돈 사료의 지방산 함량을 분석한 결과는 표 61과 표 62에 나타냄. 육성돈 사료의 지방산 함량을 분석한 결과 총 포화지방산을 제외한 모든 항목에서 대조구와 처리구들 간에 유의적인 차이가 없었음.

표 62. 비육돈 사료의 지방산

Fatty acid (%)	2T0GD	2T2GD	2T4GD
Lauric acid(C12:0)	0.62±0.02 ^{NS}	0.60±0.00 ^{NS}	0.60±0.01 ^{NS}
Myristic acid (C14:0)	1.49±0.01 ^{NS}	1.49±0.02 ^{NS}	1.50±0.01 ^{NS}
Palmitic acid (C16:0)	20.42±0.03 ^{NS}	20.27±0.05 ^{NS}	20.48±0.02 ^{NS}
Stearic acid (C18:0)	8.06±0.03 ^{NS}	7.94±0.10 ^{NS}	7.95±0.08 ^{NS}
Arachidic acid (C20:0)	0.34±0.01 ^{NS}	0.32±0.00 ^{NS}	0.31±0.01 ^{NS}
Behenic acid (C22:0)	0.18±0.01 ^{NS}	0.18±0.00 ^{NS}	0.17±0.00 ^{NS}
Lignoceric acid (C24:0)	0.23±0.01 ^{NS}	0.22±0.01 ^{NS}	0.23±0.00 ^{NS}
Total SFA	31.34±0.06^{NS}	31.02±0.16^{NS}	31.24±0.08^{NS}
Palmitoleic acid (C16:1n7)	1.78±0.01 ^{NS}	1.73±0.01 ^{NS}	1.77±0.02 ^{NS}
Oleic acid (C18:1n9)	32.23±0.01 ^{NS}	32.08±0.18 ^{NS}	32.00±0.15 ^{NS}
Linoleic acid (C18:2n6)	32.83±0.03 ^{NS}	33.16±0.23 ^{NS}	33.12±0.19 ^{NS}
Alpha-linolenic acid (C18:3n3)	1.67±0.03 ^{NS}	1.75±0.02 ^{NS}	1.70±0.02 ^{NS}
Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.43±0.01 ^{NS}	0.45±0.01 ^{NS}	0.44±0.00 ^{NS}
Erucic acid (C22:1n9)	0.33±0.01 ^{NS}	0.41±0.10 ^{NS}	0.33±0.00 ^{NS}
Total USFA	69.28±0.04^{NS}	69.58±0.16^{NS}	69.58±0.16^{NS}
MFUA/SFA	1.11±0.00^{NS}	1.12±0.00^{NS}	1.11±0.00^{NS}
PUFA/SFA	1.10±0.00^{NS}	1.13±0.01^{NS}	1.11±0.01^{NS}

Means±SD, P<0.05

SFA, Saturated Fatty acid; USFA, Unsaturated fatty acid; MUFA, Monounsaturated fatty acid; PUFA, Polyunsaturated fatty acid

- 비육돈 사료의 지방산 함량을 분석한 결과 모든 항목에서 대조구와 처리구간에 유의적인 차이가 없었음.

⑥ 미생물 분석

- 본 실험에서 사용하는 액상사료를 돼지에게 급이하는 동안의 미생물학적 위해요소를 평가하고자 함. 미생물학적 위해요소 평가는 액상 사료 보관 시간에 따른 미생물의 증식을 확인하였으며, 미생물의 증식 여부는 일반세균수와 대장균군을 확인하였음. 미생물 분석은 액상 사료 1 g을 증류수를 이용하여 10-fold로 희석한 희석액을 준비하여 사용하였으며, 분석방법은 상기와 동일하게 진행함.

표 63. 육성돈 사료(TGD)의 미생물학적 위해요소 평가(보관 시간에 따른 일반세균수)

Sample	0시간	1시간	2시간	3시간	4시간	5시간	6시간
2T0GD	4.71±0.04 ^{NS}	4.69±0.02 ^{NS}	4.71±0.02 ^{NS}	4.71±0.05 ^{NS}	4.71±0.05 ^{NS}	4.73±0.03 ^{NS}	4.75±0.03 ^{NS}
2T2GD	4.72±0.03 ^{NS}	4.71±0.01 ^{NS}	4.72±0.01 ^{NS}	4.71±0.04 ^{NS}	4.72±0.04 ^{NS}	4.74±0.03 ^{NS}	4.74±0.05 ^{NS}
2T4GD	4.70±0.01 ^{NS}	4.71±0.03 ^{NS}	4.71±0.04 ^{NS}	4.71±0.02 ^{NS}	4.71±0.04 ^{NS}	4.73±0.03 ^{NS}	4.75±0.05 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

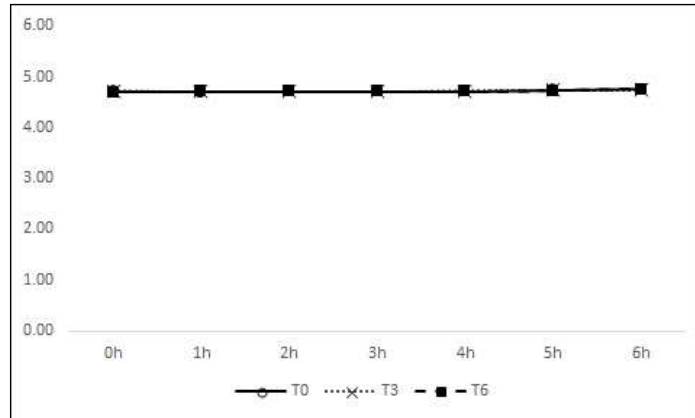


그림 7. 육성돈 사료의 미생물학적 위해요소 평가(보관 시간에 따른 일반세균수)

- 육성돈 액상사료의 보관 시간에 따른 일반세균수를 분석한 결과 제조 시 3종의 사료에서 4.70 ~ 4.72 log CFU/g로 유사한 수준으로 분석되었으며, 2T0GD의 경우 보관 6시간에는 4.75±0.03 log CFU/g 수준으로 제조 시와 유사한 수준으로 확인되었음. 2T2GD와 2T4GD 사료도 보관 6시간에 각각 4.74±0.05, 4.75±0.05 log CFU/g 수준으로 제조 시와 유사한 수준으로 분석되었음.

표 64. 육성돈 사료(TGD)의 미생물학적 위해요소 평가(보관 시간에 따른 대장균군수)

Sample	0시간	1시간	2시간	3시간	4시간	5시간	6시간
2T0GD	1.15±0.21 ^{NS}	1.00±0.00 ^{NS}	1.00±0.00 ^{NS}	1.00±0.00 ^{NS}	1.00±0.00 ^{NS}	1.24±0.34 ^{NS}	1.59±0.16 ^{NS}
2T2GD	1.15±0.21 ^b	1.30±0.43 ^b	1.54±0.09 ^b	1.45±0.21 ^b	1.48±0.00 ^b	2.15±0.11 ^a	2.36±0.03 ^a
2T4GD	1.39±0.12 ^b	1.24±0.34 ^b	1.69±0.12 ^b	1.65±0.07 ^b	1.92±0.11 ^b	2.27±0.05 ^a	2.58±0.07 ^a

Means±SD, P<0.05

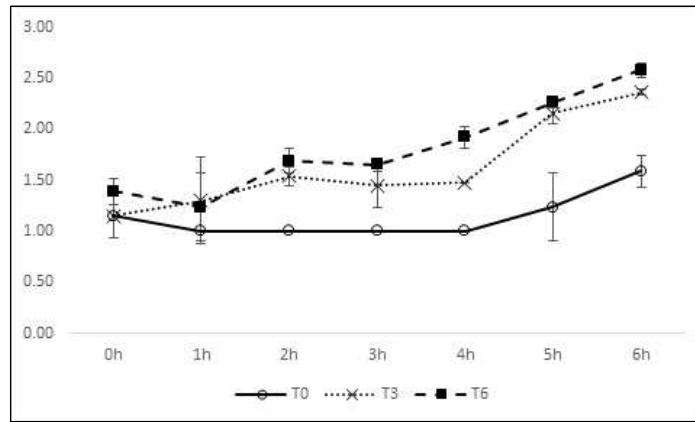


그림 8. 육성돈 사료의 미생물학적 위해요소 평가(보관 시간에 따른 대장균군수)

- 육성돈 액상사료의 보관 시간에 따른 대장균 군수를 분석한 결과 제조 시 3종의 사료에서 1.15 ~ 1.39 log CFU/g로 유사한 수준으로 분석되었으며, 2T0GD의 경우 보관 6시간에는 1.59±0.16 log CFU/g 수준으로 제조 시와 유사한 수준으로 확인되었음. 2T2GD와 2T4GD의 경우 제조 후 5시간에서 각각 2.15±0.11 log CFU/g와 2.27±0.05 log CFU/g 수준으로 유의적으로 증가하였음.

표 65. 비육돈 사료(TFD)의 미생물학적 위해요소 평가(보관 시간에 따른 일반세균수)

Sample	0시간	1시간	2시간	3시간	4시간	5시간	6시간
2T0FD	4.52±0.02 ^{NS}	4.52±0.05 ^{NS}	4.51±0.09 ^{NS}	4.52±0.06 ^{NS}	4.54±0.01 ^{NS}	4.54±0.02 ^{NS}	4.56±0.02 ^{NS}
2T2FD	4.54±0.03 ^{NS}	4.51±0.01 ^{NS}	4.50±0.02 ^{NS}	4.50±0.04 ^{NS}	4.52±0.05 ^{NS}	4.54±0.04 ^{NS}	4.56±0.03 ^{NS}
2T4FD	4.54±0.01 ^{NS}	4.52±0.04 ^{NS}	4.52±0.02 ^{NS}	4.52±0.06 ^{NS}	4.54±0.01 ^{NS}	4.56±0.03 ^{NS}	4.56±0.03 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

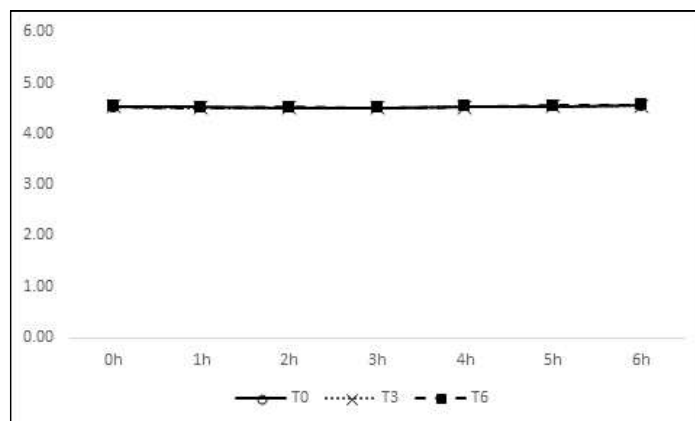


그림 9. 비육돈 사료의 미생물학적 위해요소 평가(보관 시간에 따른 일반세균수)

- 비육돈 액상사료의 보관 시간에 따른 일반세균수를 분석한 결과 제조 시 3종의 사료에서 4.52 ~ 4.54 log CFU/g로 유사한 수준으로 분석되었으며, 2T0GD의 경우 보관 6시간에는 4.56±0.02

log CFU/g 수준으로 제조 시와 유사한 수준으로 확인되었음. 2T2GD와 2T4GD 사료도 보관 6시간에 각각 4.56 ± 0.03 , 4.56 ± 0.03 log CFU/g 수준으로 제조 시와 유사한 수준으로 분석되었음.

표 66. 비육돈 사료(TFD)의 미생물학적 위해요소 평가(보관 시간에 따른 대장균 군수)

Sample	0시간	1시간	2시간	3시간	4시간	5시간	6시간
2T0FD	1.00 ± 0.00^{NS}	1.15 ± 0.21^{NS}	1.00 ± 0.00^{NS}	1.15 ± 0.21^{NS}	1.00 ± 0.00^{NS}	1.24 ± 0.34^{NS}	1.48 ± 0.00^{NS}
2T2FD	1.15 ± 0.21^b	1.45 ± 0.21^b	1.48 ± 0.00^b	1.45 ± 0.21^b	1.65 ± 0.07^b	2.07 ± 0.10^a	2.14 ± 0.09^a
2T4FD	1.15 ± 0.21^c	1.39 ± 0.12^c	1.59 ± 0.16^c	1.65 ± 0.07^c	1.93 ± 0.04^b	2.16 ± 0.06^a	2.19 ± 0.06^a

Means \pm SD, P<0.05

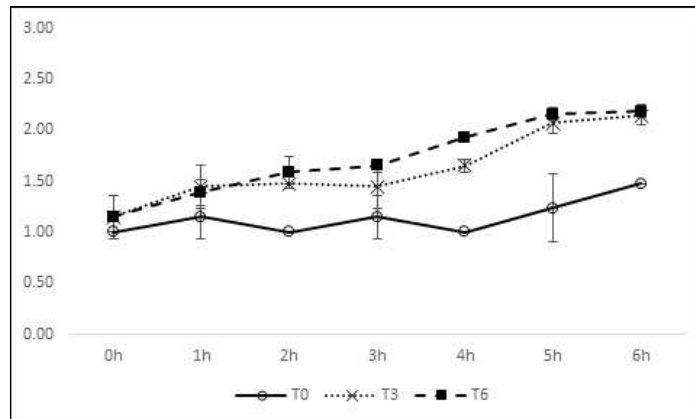


그림 10. 비육돈 사료의 미생물학적 위해요소 평가(보관 시간에 따른 대장균 군수)

- 비육돈 액상사료의 보관 시간에 따른 대장균 군수를 분석한 결과 제조 시 3종의 사료에서 1.00 ~ 1.15 log CFU/g로 유사한 수준으로 분석되었으며, 2T0GD의 경우 보관 6시간에는 1.48 ± 0.00 log CFU/g 수준으로 제조 시와 유사한 수준으로 확인되었음. 2T2GD의 경우 제조 후 5시간에서 2.07 ± 0.10 log CFU/g로 유의적으로 증가하였으며, 2T4GD 사료의 경우 보관 4시간에 1.93 ± 0.04 log CFU/g 수준으로 유의적으로 증가하였음.
- 액상 사료의 미생물 오염관리를 위하여 액상 사료 보관 시간에 따른 미생물의 증식을 확인한 결과 육성돈과 비육돈 사료 모두 일반세균의 경우 보관 시간에 따른 유의적인 차이가 없었으나 대장균군의 경우 보리가공 부산물의 첨가에 따라 보관 시간 4시간부터는 증가하는 경향을 나타내어 액상사료 제조 후 4시간 이내에 사료를 급이해야 할 것으로 사료됨.

○ 사료첨가제(보리가공 부산물) 급이 돼지의 혈액 면역지표 분석

- 혈액 면역지표 분석을 위하여 애니팜영농조합법인에서 사양시험 시작일, 3주, 6주, 9주, 12주 시점에 돼지의 경정맥으로부터 혈액을 채취하여 SST관(Vacutainer, 456073KR)에 옮긴 상태로 수령하였음.

① Immunoglobulin 분석

- 보리가공 부산물 첨가 액상사료를 급여한 돼지의 면역력에 대한 영향을 평가하기 위하여 IgA,

IgG, IgM 지표를 평가함.

- 애니팜영농조합법인에서 수령한 전혈을 3,000 rpm에서 15분 원심분리한 후 혈청을 회수하여 분주한 다음 동결 보존 후 분석함.
- 면역지표인 IgA, IgG, IgM의 평가는 Pig ELISA Kit(Bethyl Laboratories, Inc. USA)를 사용하여 평가함.
- Dilution buffer로 희석한 혈청 100 μ g/mL을 각 pre-coated well에 넣고 1시간 반응 후 세척하고 detection antibody 100 μ g/mL를 처리하고 1 h 반응시킴. 세척 후 HRP solution 100 μ g/mL을 처리하고 30 min 반응시킴. 세척 후 TMB substrate solution 100 μ g/mL을 처리하고 30 min 반응시킨 뒤 stop solution 100 μ g/mL를 처리하고 450 nm에서 흡광도 측정함. 흡광도 값을 standard curve에 대입하여 면역지표의 함량을 산출함.

표 67. 보리가공 부산물을 급여한 돼지 혈액의 immunoglobulin A 분석 결과

Item	Time	Sample		
		2T0B	2T2B	2T4B
IgA (mg/mL)	0 day	1.07±0.04 ^{NS}	1.16±0.03 ^{NS}	0.92±0.02 ^{NS}
	3 week	4.20±0.09 ^{NS}	4.50±0.14 ^{NS}	3.66±0.14 ^{NS}
	6 week	4.20±0.09 ^b	4.67±0.10 ^{ab}	6.09±0.20 ^a
	9 week	4.34±0.10 ^b	4.61±0.16 ^{ab}	5.73±0.13 ^a
	12 week	4.28±0.05 ^b	4.38±0.13 ^{ab}	5.22±0.12 ^a

Means±SE, P<0.05, unit : mg/ml

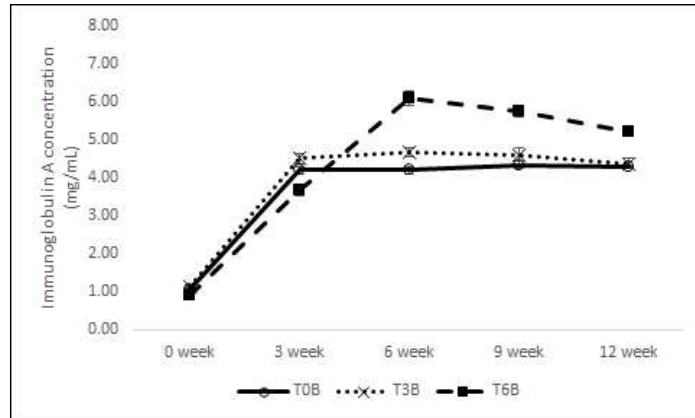


그림 10. 보리가공 부산물을 급여한 돼지 혈액의 IgA 분석 결과

- 실험동물에서 immunoglobulin (Ig)은 혈액 내 주요 항체로써 면역 상태를 나타내는 지표로 보리가공 부산물의 급여에 따른 돼지의 면역에 미치는 영향을 확인하기 위하여 혈액의 IgA의 함량을 분석한 결과 4%의 보리가공 부산물을 급여한 돼지에서 6주차부터 다른 그룹보다 유의적으로 높게 나타남.

표 68. 보리가공 부산물을 급여한 돼지 혈액의 immunoglobulin G 분석 결과

Item	Time	Sample		
		2T0B	2T2B	2T4B
IgG (mg/mL)	0 day	8.36±0.12 ^{NS}	9.62±0.27 ^{NS}	8.22±0.12 ^{NS}
	3 week	187.55±10.40 ^{NS}	241.86±8.95 ^{NS}	164.42±13.81 ^{NS}
	6 week	425.20±32.40 ^b	617.18±51.79 ^{ab}	834.97±42.99 ^a
	9 week	399.06±20.07 ^b	567.57±34.06 ^{ab}	692.63±36.68 ^a
	12 week	440.95±27.14 ^b	687.74±16.98 ^a	851.23±20.24 ^a

Means±SE, P<0.05, unit : mg/ml

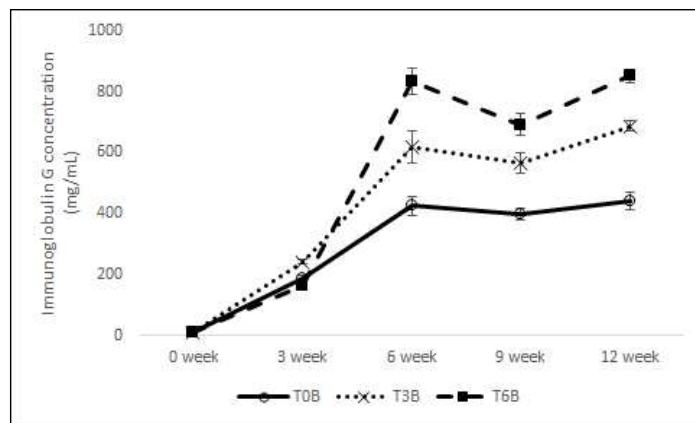


그림 11. 보리가공 부산물을 급여한 돼지 혈액의 IgG 분석 결과

- 혈중 IgG는 autoimmune response를 매개하는 중요한 단백질로 체내에서 좀 더 높은 수치를 보인다는 것은 체내 면역반응이 활발하게 일어날 수 있다는 것을 의미하나, 낮은 수치를 보이면 다양한 면역성 저하가 유발됨. 혈액의 IgG 함량을 분석한 결과 4%의 보리가공 부산물을 급여한 돼지에서 6주차부터 IgG 함량이 다른 그룹보다 유의적으로 높게 나타나 12주차에는 2T0B는 440.95±27.14 mg/mL, 2T2B는 687.74±16.98 mg/mL, 2T4B는 851.23±20.24 mg/mL로 분석됨.

표 69. 보리가공 부산물을 급여한 돼지 혈액의 immunoglobulin M 분석 결과

Item	Time	Sample		
		2T0B	2T2B	2T4B
IgM (mg/mL)	0 day	3.65±0.10 ^{NS}	4.13±0.12 ^{NS}	4.29±0.13 ^{NS}
	3 week	16.12±0.44 ^{NS}	19.44±0.56 ^{NS}	18.49±0.76 ^{NS}
	6 week	16.73±0.26 ^b	19.67±0.52 ^{ab}	20.63±0.48 ^a
	9 week	16.59±0.32 ^b	19.50±0.66 ^{ab}	23.81±0.45 ^a
	12 week	16.47±0.37 ^b	19.49±0.49 ^{ab}	23.82±0.85 ^a

Means±SE, P<0.05, unit : mg/ml

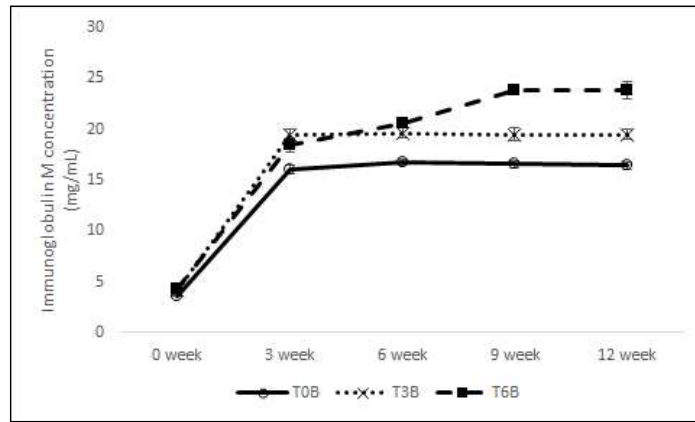


그림 12. 보리가공 부산물을 급여한 돼지 혈액의 IgM 분석 결과

- 보리가공 부산물의 급여에 따른 돼지 혈액의 IgM의 함량을 분석한 결과 IgA와 IgG 분석 결과와 유사하게 사양실험 6주차부터 4%의 보리가공 부산물을 급여한 돼지에서 IgM 함량이 다른 그룹보다 유의적으로 높게 나타남. 사양실험 12주차에 2T0B는 16.47 ± 0.37 mg/mL, 2T2B는 19.49 ± 0.49 mg/mL, 2T4B는 23.82 ± 0.85 mg/mL로 분석됨.

② Cytokine 분석

- 보리가공 부산물 첨가 액상사료를 급여한 돼지의 면역력에 대한 영향을 평가하기 위하여 12주차 혈액의 TNF- α , IFN- γ 및 IL-6 함량을 분석함. 함량 분석은 Pig ELISA Kit(abcam, Inc. USA)를 사용하여 평가하였으며, 분석방법은 상기와 동일하게 진행함.

표 70. 보리가공 부산물을 급여한 돼지 혈액의 Cytokine 분석 결과

	TNF- α (pg/mL)	IFN- γ (ng/mL)	Interleukin-6 (ng/mL)
2T0B	43.31 ± 4.42^{NS}	268.12 ± 42.06^{NS}	6.42 ± 0.68^{NS}
2T2B	41.30 ± 6.19^{NS}	295.88 ± 37.68^{NS}	6.89 ± 1.02^{NS}
2T4B	43.91 ± 4.12^{NS}	280.03 ± 28.34^{NS}	6.69 ± 0.84^{NS}

Means \pm SE, P<0.05, unit : mg/ml

- 보리가공 부산물의 급여에 따른 돼지 혈액의 Cytokine 함량을 분석한 결과 모든 항목에서 그룹간에 유사하게 분석되었음. TNF- α 의 경우 41.30 ~ 43.91 pg/mL 수준으로, IFN- γ 는 268.12 ~ 295.88 ng/mL 수준, IL-6는 6.42 ~ 6.89 ng/mL 수준으로 분석됨.
- 사료첨가제 급여 돈육의 성분 및 육질 특성 평가
- 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 성분, 항산화 활성, 육질분석 및 저장 안정성 분석을 통해 보리가공 부산물의 첨가가 돈육의 품질에 미치는 영향을 조사함.
- 돈육의 품질 분석에 사용한 돈육은 주관기관에서 사양시험 종료 후 도축한 돼지의 등심부위를 냉장상태로 수령하여 각 항목에 대한 분석을 진행함.

② 돈육의 성분 분석

- 보리가공 부산물의 급여가 돈육의 성분에 미치는 영향을 평가하기 위하여 돈육 등심의 일반성분, 아미노태질소, 유리아미노산, 지방산 함량 분석을 시행하여 보리가공 부산물의 급여에 따른 돈육의 성분을 비교 분석함

㉑ 일반성분 분석

- 돈육의 등지방과 근막을 제거하여 근육 부분만 준비하고, 시료를 믹서기에 분쇄하여 상기와 동일한 방법으로 분석함.

표 71. 돈육의 일반성분 분석

Sample	Moisture (%)	Ash (%)	Crude Protein (%)	Crude Fat (%)	Carbohydrate (%)	Calorie (Kcal)
2T0M	73.49±0.80 ^{NS}	1.18±0.19 ^{NS}	21.86±1.29 ^{NS}	0.40±0.16 ^{NS}	3.06±1.70 ^{NS}	103.34±3.43 ^{NS}
2T2M	73.51±0.77 ^{NS}	1.25±0.13 ^{NS}	22.57±1.33 ^{NS}	0.45±0.18 ^{NS}	2.22±1.51 ^{NS}	103.19±3.15 ^{NS}
2T4M	73.47±0.76 ^{NS}	1.21±0.08 ^{NS}	22.42±1.61 ^{NS}	0.40±0.13 ^{NS}	2.50±1.39 ^{NS}	103.27±3.18 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 돈육 등심의 일반성분을 분석한 결과 모든 항목에서 대조구와 처리구간에 유의적인 차이가 없었음.

㉒ 아미노태질소

- 돈육의 등지방과 근막을 제거하고 근육 부분만 준비하여 진공동결건조기(PVTFD 10R, Ilshin lab., korea)를 이용하여 건조시킴. 건조된 돈육 5 g에 증류수 100 mL를 넣어 혼합한 후 여과하여 여액 50 mL를 준비하여 분석용 시료로 사용하였으며 분석방법은 상기와 동일하게 진행함.

표 72. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 아미노태 질소

Sample	Amino nitrogen (mg%)
2T0M	210.11±55.96 ^a
2T2M	230.45±62.41 ^a
2T4M	242.73±40.89 ^a

Means±SD, P<0.05

- 돈육의 아미노태질소 함량을 분석한 결과 보리가공 부산물을 첨가하지 않은 2T0M은 210.11 mg%, 보리가공 부산물을 2%와 4% 첨가한 2T2M과 2T4M은 각각 230.45 mg%와 242.73 mg%로 보리가공 부산물을 첨가한 처리구에서 약간 더 높았으나 유의적인 차이는 없었음.

㉔ 총질소

표 73. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 총질소

Sample	Total nitrogen (%)
2T0M	3.50±0.21 ^a
2T2M	3.61±0.21 ^a
2T4M	3.59±0.26 ^a

Means±SD, P<0.05

- 돈육의 총질소 함량을 분석한 결과 보리가공 부산물을 첨가하지 않은 2T0M은 3.50%, 보리가공 부산물을 2%와 4% 첨가한 2T2M과 2T4M은 각각 3.61%와 3.59%로 모든 시료에서 유사한 수준으로 분석됨.

㉕ 유리아미노산

- 돈육의 등지방과 근막을 제거하고 근육 부분만 준비하여 진공동결건조기(PVTFD 10R, Ilshin lab., korea)를 이용하여 건조시켜 준비함. 유리아미노산 함량은 상기와 동일한 방법으로 분석함.

표 74. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 유리아미노산

Free amino acid	2T0M	2T2M	2T4M
Aspartic acid	41.06±9.71 ^{NS}	37.47±3.57 ^{NS}	41.32±19.15 ^{NS}
Glutamic acid	274.82±53.21 ^{NS}	255.25±26.24 ^{NS}	270.78±118.14 ^{NS}
Asparagine	72.19±5.52 ^{NS}	70.54±6.12 ^{NS}	70.56±17.66 ^{NS}
Serine	159.61±24.74 ^{NS}	148.17±13.79 ^{NS}	150.98±61.01 ^{NS}
Glutamine	922.80±133.67 ^b	1164.71±153.05 ^a	988.63±216.02 ^{ab}
Histidine	97.45±10.96 ^{NS}	88.75±11.47 ^{NS}	82.80±34.89 ^{NS}
Glycine	336.58±46.81 ^{NS}	345.95±44.75 ^{NS}	331.13±92.77 ^{NS}
Threonine	149.30±19.95 ^{NS}	150.29±13.64 ^{NS}	149.84±53.58 ^{NS}
Citrulline	48.03±4.56 ^{NS}	54.43±9.56 ^{NS}	54.76±18.60 ^{NS}
Arginine	207.90±41.30 ^{NS}	206.08±23.11 ^{NS}	191.52±93.95 ^{NS}
Alanine	649.54±47.87 ^b	748.46±83.95 ^a	754.81±170.49 ^{ab}
Valine	156.76±10.66 ^{NS}	152.61±12.11 ^{NS}	155.46±56.01 ^{NS}
Methionine	94.82±13.07 ^{NS}	91.51±10.49 ^{NS}	81.01±27.35 ^{NS}
Tryptophane	32.15±5.27 ^{NS}	31.54±6.43 ^{NS}	63.07±86.93 ^{NS}
Phenylalanine	151.26±15.62 ^{NS}	152.58±13.40 ^{NS}	144.17±36.50 ^{NS}
Isoleucine	119.81±7.40 ^{NS}	112.36±8.80 ^{NS}	113.97±40.12 ^{NS}
Leucine	268.89±27.52 ^{NS}	262.54±18.67 ^{NS}	251.91±82.23 ^{NS}
Lysine	206.41±37.22 ^{NS}	217.42±35.11 ^{NS}	200.59±111.92 ^{NS}
Proline	118.98±11.61 ^b	131.02±13.81 ^{ab}	157.64±48.94 ^a
합계	4108.35±384.68 ^{NS}	4421.68±411.29 ^{NS}	4254.93±1160.89 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 돈육 등심의 유리아미노산 함량을 분석한 결과는 표 74에 나타냄. Glutamine과 Alanine의 경우 보리가공 부산물을 2% 첨가한 T2M에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었으며, Proline의 경우 보리가공 부산물을 4% 첨가한 T4M에서 유의적으로 높은 함량을 나타냄. 총 유리 아미노산 함량의 경우 유의적인 차이는 없었지만 보리가공 부산물을 첨가한 처리구에서 약간 높은 함량을 나타내었음.

㉞ 지방산

- 돈육의 지방산 조성 분석은 건조된 시료의 조지방을 추출한 후 추출된 조지방 시료를 Gas chromatography를 이용하여 상기와 동일한 방법으로 분석함.

표 75. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 지방산

Fatty acid (%)	2T0M	2T2M	2T4M
Myristic acid (C14:0)	1.65±0.07 ^a	1.43±0.13 ^b	1.45±0.14 ^b
Palmitic acid (C16:0)	26.32±1.10 ^{NS}	25.81±0.47 ^{NS}	26.03±0.82 ^{NS}
Stearic acid (C18:0)	14.11±0.50 ^{NS}	14.46±0.89 ^{NS}	14.40±0.93 ^{NS}
Arachidic acid (C20:0)	0.20±0.01 ^b	0.23±0.03 ^a	0.22±0.03 ^{ab}
Total SFA	42.28±1.33 ^{NS}	41.94±1.23 ^{NS}	42.10±1.60 ^{NS}
Palmitoleic acid (C16:1n7)	3.69±0.42 ^a	3.24±0.46 ^b	3.50±0.42 ^{ab}
Oleic acid (C18:1n9)	39.98±1.31 ^{NS}	39.22±0.96 ^{NS}	40.44±1.61 ^{NS}
Linoleic (C18:2n6)	10.29±1.76 ^{NS}	11.33±0.98 ^{NS}	10.16±2.16 ^{NS}
Alpha-linolenic acid (C18:3n3)	0.39±0.03 ^{NS}	0.39±0.02 ^{NS}	0.37±0.07 ^{NS}
Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.79±0.04 ^{NS}	0.85±0.08 ^{NS}	0.83±0.07 ^{NS}
Eicosadienoic acid (C20:2)	0.36±0.05 ^{NS}	0.37±0.03 ^{NS}	0.34±0.05 ^{NS}
Dihomo-gamma-linolenic acid (C21:3n6)	0.30±0.05 ^b	0.37±0.04 ^a	0.28±0.08 ^b
Lignoceric acid (C24:0)	1.92±0.47 ^{NS}	2.29±0.41 ^{NS}	1.98±0.67 ^{NS}
Total USFA	57.72±1.33 ^{NS}	58.06±1.23 ^{NS}	57.90±1.60 ^{NS}
MFUA/SFA	1.05±0.04 ^{NS}	1.03±0.05 ^{NS}	1.06±0.04 ^{NS}
PUFA/SFA	0.31±0.06 ^{NS}	0.35±0.04 ^{NS}	0.31±0.08 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

SFA, Saturated Fatty acid; USFA, Unsaturated fatty acid; MUFA, Monounsaturated fatty acid; PUFA, Polyunsaturated fatty acid

- 돈육의 지방산 함량을 분석한 결과 포화지방산 중 Myristic acid이 경우 보리가공 부산물을 첨가하지 않은 대조구에서 유의적으로 높게 분석되었으며, Arachidic acid는 보리가공 부산물을 2% 첨가한 2T2M에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었음. 불포화지방산 중 Palmitoleic acid는 보리가공 부산물을 첨가하지 않은 대조구에서 유의적으로 높게 분석되었으며, Dihomo-gamma-linolenic acid는 보리가공 부산물을 2% 첨가한 2T2M에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었음. 나머지 지방산 항목들은 대조구와 처리구간 유의적인 차이가 없었음.

③ 돈육의 항산화 활성

- 보리가공 부산물의 급여가 돈육의 항산화 활성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 돈육 등심의 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능 평가를 시행하여 대조구와 시험구의 돈육 항산화 활성을 비교함.
- 항산화 활성을 평가하기 위하여 분쇄된 돈육 시료 5 g에 증류수 15 mL를 넣어 200 rpm으로 15분간 추출한 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리함. 상등액을 whatman No. 1 paper filter로 여과하고, hexane으로 지방을 3회 제거한 다음 분석 시료로 사용함.

㉔ DPPH 라디칼 소거능 평가

- DPPH 라디칼 소거능 측정은 상기에서 추출한 시료 20 μ L에 0.1 mM DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 190 μ L를 혼합하여 상온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정함. 각 농도별 시료의 DPPH 라디칼 소거능은 아래의 식으로 계산하여 백분율로 나타냄.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무처리 구의 흡광도}}\right) \times 100$$

표 76. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 DPPH 라디칼 소거능

Sample	DPPH radical scavenging activity (%)
2T0M	35.78±2.97 ^b
2T2M	35.68±3.84 ^b
2T4M	39.42±4.64 ^a

Means±SD, P<0.05

- 항산화 활성을 평가하는 방법은 여러 가지가 있으며, DPPH 라디칼 소거능 평가는 전자공여능 측정에 사용하는 방법으로, DPPH는 비교적 안정한 라디칼을 갖는 물질이며 다른 자유라디칼과 결합하여 안정한 복합체를 만들고 있어 항산화 기능을 포함하는 물질과 만나면 라디칼이 소거되어 변색되는 것을 비색 정량하여 항산화 활성을 검정하는 방법임.
- 돈육의 DPPH 라디칼 소거능을 평가한 결과 35.68 ~ 39.42% 수준으로 분석되었으며 보리가공 부산물을 4% 첨가한 T4M에서 유의적으로 높은 활성을 나타내어 보리가공 부산물을 급여한 돈육에서 항산화능이 우수하게 나타남.

㉕ ABTS 라디칼 소거능 평가

- ABTS 용액은 7 mM ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)와 2.45 mM potassium persulfate를 암소에서 16시간 동안 반응시켜 ABTS 양이온을 형성시킨 후 사용직전 734 nm에서 흡광도가 0.80±0.02가 되도록 조정함. ABTS 라디칼 소거능 측정은 각 농도별 추출물 10 μ L에 ABTS 용액 190 μ L를 혼합하여 실온에서 6분 동안 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정함. 각 시료의 ABTS 라디칼 소거능을 아래의 식으로 계산하여 백분율로 나타냄.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무처리 구의 흡광도}}\right) \times 100$$

표 77. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 ABTS 라디칼 소거능

Sample	ABTS radical scavenging activity (%)
2T0M	88.10±2.18 ^{NS}
2T2M	88.53±2.27 ^{NS}
2T4M	84.05±9.32 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- ABTS assay는 potassium persulfate와의 반응으로 생성된 peroxide radical 성격의 ABTS가 항산화 물질에 의해 제거되면서 청록색이 탈색되는 것을 이용하여 평가하는 방법으로 돈육의 ABTS 라디칼 소거능을 평가한 결과 84.05 ~ 88.53% 수준으로 모든 시료가 유사하게 분석되어 대조구와 처리구간에 유의적인 차이를 나타내지 않았음.

④ 돈육의 육질 분석

- 양돈에서 보리가공 부산물의 급여가 돈육의 육질에 미치는 영향을 분석하기 위하여 돈육 등심의 pH, 가열감량, 육즙감량, 육색, 조직감을 평가하고, 관능적 특성에 대한 기호도 평가를 수행함.

㉞ pH

- 살아있는 동물의 근육 pH는 중성에 가까우며, 도축 후 혐기적 해당작용에 의해 젖산이 축적되어 근육의 pH가 서서히 감소함. 사후 24시간 경에 측정되는 pH는 더이상 pH의 저하가 일어나지 않는 고정화된 값으로, pH 값 자체가 어떤 육질의 특성이 된다고는 볼 수 없으나, 많은 물리 화학적 메커니즘과 관련된 육질 특성 보고를 통해 pH 값이 다른 육질 특성과 밀접한 관계가 있는 것으로 밝혀져 육질 특성을 비교적 쉽고 객관적으로 평가하기 위하여 간접적으로 사용되고 있는 지표임.
- pH 분석은 세절육 5 g에 증류수 15 mL를 가하여 vortex mixer로 15 min 진탕한 후, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리함. 원심분리한 상등액을 whatman No. 1 paper filter로 여과한 다음 여액을 pH meter를 이용하여 측정함.

표 78. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 pH

Sample	pH
2T0M	5.71±0.10 ^{NS}
2T2M	5.70±0.17 ^{NS}
2T4M	5.73±0.28 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 돈육의 pH를 분석한 결과 5.70 ~ 5.73 수준으로 분석되었으며, 보리가공 부산물에 첨가 유무

에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았음.

㉔ 보수력 분석(육즙감량, 가열감량)

- 식육 내 수분은 근육 단백질 전하에 완전히 결합하여 물리화학적 반응에 관여하지 않는 결합수, 단백질 전하의 영향력이 전혀 미치지 않는 유리수로 구분되며, 근육의 보수력은 여러 가지 처리에 의해 고정화된 부분의 유리수의 이탈과 관계됨. 보수력이 나쁜 식육은 수분손실이 많아 식육의 감량이 크고 영양적 손실도 크기 때문에 육즙감량과 가열감량을 분석하여 돈육의 수분 보유력을 측정하고자 함.
- 육즙감량(Drip loss)은 돈육 등심을 $2 \times 2 \times 2$ cm 크기로 절단하여 준비한 시료의 무게를 칭량하고, whatman No. 1 paper filter 위에 올려 밀봉한 후 냉장 온도에서 24시간 보관한 다음 무게를 칭량하여 감량된 무게를 백분율로 산출하여 계산하였음.
- 가열감량(Cooking loss)은 돈육 등심을 $2 \times 2 \times 2$ cm 크기로 절단하여 준비한 시료의 무게를 칭량하고, 75°C 항온수조에서 1시간 가열한 후 실온에서 1시간 동안 방냉한 다음 감량된 무게를 백분율로 산출하여 계산하였음.

표 79. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 육즙감량, 가열감량

Sample	Drip loss(%)	Cooking loss(%)
2T0M	4.31±1.71 ^{NS}	30.73±3.07 ^{NS}
2T2M	4.40±1.13 ^{NS}	28.16±3.38 ^{NS}
2T4M	4.25±0.79 ^{NS}	28.59±3.19 ^{NS}

Means±SD, P<0.05, unit : %

- 돈육의 육즙감량을 분석한 결과 4.25 ~ 4.40% 수준으로 분석되었으며, 보리가공 부산물의 첨가 유무에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았음.
- 가열감량을 분석한 결과 보리가공 부산물을 첨가한 처리구에서 약간 낮은 결과를 나타내었으나 대조구와 처리구간에 유의적인 차이는 나타나지 않았음.

㉕ 육색

- 육색의 변화는 육색소 내의 산소 유무, 양, 조직 내의 효소 활동, 저장 온도, 미생물의 오염도, pH 등에 따라 다르게 나타나는 것으로 알려져 있음. 통상적으로 쇠고기의 경우 특유의 선홍색을 표현하기 위해 적색도 값이 중요한 측정값으로 활용되나, 돼지고기의 경우에는 품질특성과 관련된 pH값과 높은 상관관계를 지닌 명도 값이 활용도가 높은 색깔지수로 이용됨.
- 돈육의 육색 분석은 등심의 등지방, 근막 등을 제거하고, $4.0 \times 4.0 \times 1.0$ cm로 절단하여 공기 중에 1시간 노출하여 발색시킨 뒤 시료를 평평하게 펼친 다음 색차계(CM-350d, KONICA, MINOLTA)로 명도(CIE L*), 적색도(CIE a*), 황색도(CIE b*)를 측정함. 이때 사용된 표준색판의 L*값은 99.03, a*값은 -0.19, b*값은 -0.29였음.

표 80. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 색도

Sample	L* (lightness)	a* (redness)	b* (yellowness)
2T0M	55.96±2.05 ^{NS}	4.50±1.00 ^{NS}	12.21±1.39 ^{NS}
2T2M	54.67±2.90 ^{NS}	3.74±0.84 ^{NS}	11.42±0.69 ^{NS}
2T4M	56.04±6.05 ^{NS}	3.73±0.83 ^{NS}	11.49±1.78 ^{NS}

Means±SD, P<0.05

- 돈육의 색도를 분석한 결과 돼지고기의 품질특성과 관련된 명도의 경우 54.67 ~ 56.04 수준으로 그룹 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았음. 적색도의 경우 3.73 ~ 4.50 수준으로 그룹 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 황색도 역시 11.42 ~ 12.21 수준으로 모든 시료에서 유사한 수준으로 분석되었음.

㉔ 조직감

- 조직감은 돈육의 품질을 평가하는데 있어 중요한 항목 중의 하나이며, 육류의 조직은 소비자들이 돈육의 맛을 평가하는데 중요한 기준임. 따라서 돈육의 전단력과 텍스처를 평가하여 대조군과 처리군의 조직적 특성을 비교함.
- 돈육의 조직감은 생육과 가열육으로 구분하여 평가하였음. 생육은 근섬유 방향과 수평되게 가로, 세로, 높이를 각각 40×15×5 mm로 자른 시료에 대해서 rheometer(compac-100 II, Sun Scientific Co., Japan)를 이용하여 전단력을 측정함. 이 때 전단력은 전단력 칼날(angle adapter 10번)을 이용하여 table speed 120 mm/min, load cell(Max) 10 kg의 조건에서 측정함. 가열육의 조직적 특성 평가는 돈육의 등지방과 근막을 제거하고 근육 부분만 준비하여 사용함. 돈육 등심을 끓는 물에 30분간 가열한 뒤 30분간 실온에서 냉각한 후 근섬유 방향과 수직되게 가로, 세로, 높이를 각각 40×15×5 mm로 자른 시료에 대해서 rheometer를 이용하여 전단력과 텍스처를 측정함. 이때 전단력은 신선육과 동일한 조건에서 측정하고, 경도, 탄력성, 응집성, 겹성, 깨짐성은 점탄성용(round adapter 25번)을 이용하여 table speed 120 mm/min, load cell(Max) 2 kg의 조건으로 측정함.

표 81. 보리가공 부산물을 급여한 돈육(생육)의 전단력

Sample	Shear force (kg/cm ²)
2T0M	5.67±2.40 ^{NS}
2T2M	5.71±2.54 ^{NS}
2T4M	4.91±1.47 ^{NS}

Means±SE, P<0.05

- 전단력(Shear force)은 무딘 칼날을 이용하여 전단하면서 고기를 자를 때 필요한 힘의 크기를 나타내는 지표로 고기의 연한 정도를 과학적으로 측정할 수 있는 표준 측정법임. 보리가공 부산물의 급여에 의한 생육의 전단력은 표 81.에서 보는 바와 같음. 2T0M의 전단력은 5.67

kg/cm² 이고, 2T2M은 5.71 kg/cm² 2T4M은 4.91 kg/cm² 로 분석되었으며, 그룹 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았음. 가열하지 않은 돼지고기의 연도를 평가하는 것은 골격근 생성과정 또는 도축 후 숙성과정에서 일어나는 구성성분의 변화가 물성에 어떻게 반영되는가를 검토하는 지표이지만 본 실험에서 생육의 전단력은 유의미한 차이가 나타나지 않아 보리가공 부산물의 급여가 생육의 물성에는 영향을 미치지 않은 것으로 사료됨.

표 82. 보리가공 부산물을 급여한 돈육(가열육)의 조직적 특성

Sample	Shear force (kg/cm ²)	Hardness (kg/cm ²)	Springness (%)	Cohesiveness (%)	Gumminess (kg)	Brittleness (kg)
2T0M	14.24±4.52 ^{NS}	30.72±8.34 ^{NS}	92.54±3.34 ^{NS}	85.76±1.58 ^{NS}	53.50±24.33 ^{NS}	4.94±2.21 ^{NS}
2T2M	11.74±5.71 ^{NS}	27.13±11.00 ^{NS}	93.20±6.89 ^{NS}	87.90±3.88 ^{NS}	33.95±25.31 ^{NS}	3.22±2.39 ^{NS}
2T4M	11.14±3.99 ^{NS}	26.10±8.01 ^{NS}	94.67±3.21 ^{NS}	86.26±2.40 ^{NS}	44.16±22.97 ^{NS}	4.19±2.18 ^{NS}

Means±SE, P<0.05

- 가열육의 전단력을 평가한 결과는 표 82.에 나타냄. 가열육의 전단력은 2T4M에서 11.14 kg/cm²로 분석되어 약간 낮은 값을 나타내었지만 유의적인 차이는 없었음. 물질을 변형시킬 때 필요한 힘을 나타내는 경도(Hardness), 제품의 형태를 구성하는 내부적 결합에 필요한 힘을 나타내는 응집성(Cohesiveness), 제품의 외부로부터 힘을 가한 후 생긴 변형이 힘을 제거시 원상 복귀하는 성질을 나타내는 탄력성(Springness), 제품을 부수는데 필요한 힘을 나타내는 파쇄성(Brittleness)과 제품을 삼킬 수 있을 정도로 씹는데 필요한 에너지를 나타내는 점성(Gumminess) 모두 대조구와 처리구간에 유의적인 차이를 나타내지 않았음.

㉓ 관능평가

- 양돈에서 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 관능적 특성을 평가하기 위해 육색, 향, 맛, 조직감, 다즙성에 대한 기호도와 종합 기호도 항목을 평가함. 관능검사는 돈육의 등지방과 근막을 제거하고 근육 부분만 준비하여 사용함. 돈육 등심을 끓는 물에 35분간 가열하여 충분히 익힌 후 1 cm 크기의 정사각형으로 절단하여 상온에서 20분간 식혀서 진행함. 훈련된 12명의 관능검사 요원을 대상으로 평가를 실시하였으며, 각 항목별로 7점 척도법으로 평가함(1=매우 나쁨, 4점=보통, 7점=매우 우수함).

표 83. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 관능적 특성 평가

Sample	색	향	맛	이미	이취	연도	다즙성	종합 기호도
2T0M	5.90±0.74 ^{NS}	5.10±0.74 ^{NS}	5.00±0.82 ^{NS}	5.20±1.14 ^{NS}	4.50±1.27 ^{NS}	4.70±0.82 ^b	5.00±1.15 ^{NS}	5.50±0.85 ^b
2T2M	5.90±0.88 ^{NS}	5.20±0.63 ^{NS}	5.00±0.67 ^{NS}	5.30±0.82 ^{NS}	5.20±0.79 ^{NS}	4.70±0.67 ^b	5.20±1.14 ^{NS}	5.70±0.82 ^{ab}
2T4M	6.10±0.74 ^{NS}	5.40±0.70 ^{NS}	5.60±0.70 ^{NS}	5.60±0.70 ^{NS}	5.40±0.70 ^{NS}	5.60±0.52 ^a	5.70±1.16 ^{NS}	6.30±0.48 ^a

Means±SD, P<0.05

- 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 관능평가를 진행한 결과 모든 항목에서 2T4M 샘플의 점수가 가장 높게 나타남. 연도와 종합기호도 항목은 보리가공 부산물을 4% 첨가한 2T4M에서 유의적으로 높게 나타남. 나머지 항목(색, 향, 맛, 이미, 이취 및 다즙성)은 대조구와 처리구간에 유의적인 차이가 없었음.
- 묘사 분석에서는 2T0M은 돈육이 딱딱하고 조직감이 매우 단단하여 육즙이 부족하다는 의견이 나타났고 2T2M은 이미와 이취는 없으나 조직감이 약간 딱딱하다는 의견이 나타남. 2T4M에서는 조직감이 부드럽다는 의견이 있었음.

⑤ 저장 안정성 분석

- 양돈에서 보리가공 부산물의 급여에 따른 돈육의 저장 기간별 육질 안정성을 평가하기 위하여 돈육 등심의 pH, 색도, 지방 산패도를 저장 기간에 따라 분석하였음.
- 저장 안정성 분석은 도축 후 농가에서 수령한 돈육의 등심 부위의 지방을 제거한 뒤 5 cm 정 육면체로 절단하여 진공 포장하여 냉장고($4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$)에 넣어 20일간 저장하면서 0, 5, 10, 15, 20 일에 각각 개별 포장된 시료를 개봉하여 분석에 사용함.

㉔ pH

- 개별 포장된 시료를 믹서에 분쇄하여 5 g 취한 후 상기와 동일한 방법으로 분석함.

표 84. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 저장기간별 pH

Sample	0 day	5 day	10 day	15 day	20 day
2T0M	5.71 \pm 0.10 ^{NS}	5.72 \pm 0.11 ^{NS}	5.67 \pm 0.10 ^{NS}	5.65 \pm 0.08 ^{NS}	5.70 \pm 0.18 ^{NS}
2T2M	5.70 \pm 0.17 ^{NS}	5.84 \pm 0.16 ^{NS}	5.79 \pm 0.15 ^{NS}	5.80 \pm 0.14 ^{NS}	5.77 \pm 0.12 ^{NS}
2T4M	5.73 \pm 0.28 ^{NS}	5.75 \pm 0.17 ^{NS}	5.80 \pm 0.36 ^{NS}	5.73 \pm 0.25 ^{NS}	5.67 \pm 0.29 ^{NS}

Means \pm SE, P<0.05

- 양돈에서 보리가공 부산물의 급여에 따른 돈육의 저장 기간별 육질 안정성을 평가하기 위하여 돈육 등심의 pH를 저장 기간에 따라 분석한 결과 저장 기간에 따른 대조구와 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았음.

㉔ 색도

- 개별 포장된 시료를 4.0 × 4.0 × 1.0 cm로 절단하여 상기와 동일한 방법으로 분석함.

표 85. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 저장기간별 색도

Sample		0 day	5 day	10 day	15 day	20 day
L	2T0M	55.96±2.05 ^{NS}	56.15±3.07 ^{NS}	56.46±2.51 ^{NS}	57.42±2.87 ^{NS}	57.78±3.41 ^{NS}
	2T2M	54.67±2.90 ^{NS}	55.12±3.51 ^{NS}	54.86±1.90 ^{NS}	55.40±3.62 ^{NS}	56.46±2.35 ^{NS}
	2T4M	56.04±6.05 ^{NS}	57.22±1.99 ^{NS}	56.23±3.31 ^{NS}	57.91±3.12 ^{NS}	57.69±4.65 ^{NS}
a	2T0M	4.50±1.00 ^{NS}	3.49±0.92 ^{NS}	4.63±0.73 ^{NS}	5.11±1.57 ^{NS}	5.74±0.65 ^{NS}
	2T2M	3.74±0.84 ^{NS}	3.25±1.05 ^{NS}	4.38±0.54 ^{NS}	4.22±0.68 ^{NS}	5.18±1.05 ^{NS}
	2T4M	3.73±0.83 ^{NS}	3.19±0.61 ^{NS}	4.51±1.03 ^{NS}	4.07±1.09 ^{NS}	5.26±0.72 ^{NS}
b	2T0M	12.21±1.39 ^{NS}	11.68±0.94 ^{NS}	12.60±1.04 ^{NS}	12.70±0.84 ^{NS}	13.55±1.14 ^{NS}
	2T2M	11.42±0.69 ^{NS}	11.08±0.58 ^{NS}	11.72±1.17 ^{NS}	11.97±1.29 ^{NS}	12.60±1.60 ^{NS}
	2T4M	11.49±1.78 ^{NS}	11.61±0.69 ^{NS}	11.66±1.52 ^{NS}	12.04±0.75 ^{NS}	12.59±1.39 ^{NS}

Means±SE, P<0.05

- 돈육 등심의 색도를 저장 기간에 따라 분석한 결과 저장기간에 따른 대조구와 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았음.

㊤ 지방산패도

- 지방산패도는 Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)는 (Zeb, Ullah,2016) 방법을 수정하여 분석하였음. 잘게 분쇄한 등심 1 g을 50% acetic acid, glacial 5 mL, BHT 50 μ L를 넣고 1시간 교반 후, 3000rpm에서 10분간 원심분리 하였음. 상등액 1 mL를 취하여 4 mM TBA 1 mL를 첨가하여 90°C 항온 수조에서 1시간 가열한 후 상온에서 냉각 후 531nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식에 의하여 계산함.

$$TBARS(mg \text{ of malonaldehyde} / kg \text{ tissue}) = \text{absorbance at } 531nm \times 5.88$$

표 86. 보리가공 부산물을 급여한 돈육의 저장기간별 지방산패도

Sample	0 day	5 day	10 day	15 day	20 day
2T0M	0.21±0.02 ^{NS}	0.39±0.03 ^{NS}	0.38±0.03 ^{NS}	0.49±0.02 ^{NS}	0.80±0.06 ^{NS}
2T2M	0.20±0.02 ^{NS}	0.37±0.03 ^{NS}	0.38±0.03 ^{NS}	0.51±0.02 ^{NS}	0.86±0.05 ^{NS}
2T4M	0.20±0.02 ^{NS}	0.38±0.04 ^{NS}	0.39±0.03 ^{NS}	0.52±0.03 ^{NS}	0.83±0.07 ^{NS}

Means±SE, P<0.05

- TBARS 값은 지질의 산패 정도를 나타내는 값으로 지방의 산화에 의해 발생하는 malonaldehyde(MDA)와 thiobarbituric acid 가 반응하여 생성되는 붉은색의 강도를 측정한 값으로 그 값이 크면 지방의 산패가 많이 진행되었음을 나타냄.
- 지질 산패도는 저장기간 중 증가하는 경향을 나타내는 것으로 알려져 있는데 이는 지방이 산화되어 1차 생성물인 hydroperoxide가 2차 산화생성물로 분해되어 유기산, 알데하이드, 케톤, 알코올, 카르보닐기 및 중합체 등이 계속 생성되고 또한 미생물 대사와 지방 분해 효소에 의

해 생성되는 분해 물질에 의한 것이라고 보고됨. 본 실험의 결과 또한 저장기간이 경과함에 따라 돈육의 TBARS 값이 증가하는 경향을 나타내었으나 대조구와 처리구간에 유의적인 차이는 없었음.

- 양돈에서 보리가공 부산물의 급여에 따른 돈육의 저장 기간별 육질 안정성을 평가하기 위하여 돈육 등심의 pH, 색도, 지방 산패도를 저장 기간에 따라 분석한 결과 모든 분석 항목에서 대조구와 처리구간에 유의적인 차이가 없어 보리가공 부산물의 급여가 돈육의 저장 안정성에는 영향을 미치지 않는 것으로 사료됨.
- 본 연구에서 보리가공부산물 급여에 따른 돼지의 혈액 면역지표를 분석하고, 돈육의 성분 및 육질 특성을 평가하였음.
- 분석 결과 보리가공부산물을 급여하지 않은 대조구에 비해 보리가공부산물이 급여된 처리구에서 IgA, IgG, IgM의 함량이 높은 수준을 나타내어 돼지의 면역력을 증강시키는 것으로 사료됨. 현재 우리나라의 양돈 산업에서 MSY(Market pig per Sow per Year)는 축산 선진국보다 낮은 실정으로 그 이유로는 질병 및 열악한 사육 환경 등에 의한 폐사율이 높기 때문으로 알려져 있음. 따라서 보리가공부산물 급여에 따른 면역 증강으로 의해 돼지의 생산성은 증진시키고, 돈육 제품의 품질에는 영향을 미치지 않아서 양돈 농가의 경제성에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료됨.

- 위탁참여기관 (서울대학교)

<1차년도>

○ 농업부산물 (카사바박)을 첨가한 양돈용 액상사료의 소화율측정

1) 연구목표

- 본 과제에서 선정된 **농업부산물 (카사바박)을 첨가한 액상사료를 육성돈을 대상으로 소화율 실험**을 수행하여 영양소의 체내이용률을 측정

2) 연구방법

- 총 9두의 삼원교잡종 육성돈을 선발하여 3처리(0, 2, 4%) 3반복으로 공시
- 대사틀에 육성돈을 1두씩 수용한 후, 사육시설과 사료에 적응할 수 있도록 5일간 예비 실험기간을 갖는다.
- 사료는 매일 급여하기 전에 농업부산물과 물을 첨가하여 급여하고, 사료급여는 08:00, 17:00에 1일 2회 급여하는 것으로 한다.
- 예비실험을 마치고, 본 실험에 들어갈 때에는 사료에 chromic oxide (Cr_2O_7)을 첨가하여 08:00에 급여한다. 본 실험은 4일동안 실시하며, 분과 뇨를 오전 10시경에 채취하고 뇨는 하루에 50ml만 채취하여 300ml로 희석하여 냉동보관한다.
- 본 실험 3일째 되는날 아침 08:00에 사료에 빨간색의 carmine을 0.5% 첨가하여, 분샘플에서 빨간색이 나올 때까지 분과 뇨를 채취한다.
- 실험에 사용한 사료, 분, 뇨 sample은 냉동보관후 일반성분을 분석하여 장내 소화율을 계산한

다.

3) 분석항목

- 영양소 소화율(이용률)을 계산하기 위해 사료, 분, 뇨에 들어있는 영양성분 분석

○ 영양소 소화율

· 육성돈은 평균체중 $28.0 \pm 0.86\text{kg}$ 의 삼원교잡종([Yorkshire×Landrace]×Duroc) 육성돈 수컷 9 두를 3처리 3반복에 완전임의배치법 (CRD; completely randomized design)으로 1마리씩 넣어 배치하였으며, 영양소 소화율 실험은 전분 채취법 (total collection)으로 진행되었다. 실험에 공시된 육성돈은 각각의 대사틀($0.93 \times 1.53 \text{ m}^2$ 높이 0.60m)에 사육되었으며, 적응기 (adaptation period) 7일 후 본실험기 (collection period) 5일간 동안 수행하였다. 5일 간의 본실험기 동안 하루에 한 번씩 동일한 시간에 분과 뇨를 채취하였고, 실험사료는 일일 2회 총 1,150g을 급여하였으며, 급여된 사료량은 육성돈의 유지에너지의 1.6배에 해당하였다 (대사체중 당 유지에너지 : $106\text{kcal of MEm/kg bodyweight}^{0.75}$; NRC, 1998). 하루에 두 번씩 (07:00, 19:00) 제한 급여하였으며, 물과 사료는 3:1로 섞어서 급여하였다. 실험 기간 동안에는 배설된 분과 뇨를 모두 채취하였으며, 배설된 분의 양을 매일 기록하였다. 분 채취는 실험 사료에 chromic oxide를 0.5% 섞어 실험 시작과 종료 시에 급여함으로써, 실험 시작과 종료 시점을 정확하게 설정하였다. Adeola (2001)의 방법에 따라 개시 지시제가 관찰된 순간부터 종료 지시제가 나타나기 전까지의 분을 수집하였다. 채취된 분은 지퍼백에 담아 -20°C 에서 분석 시 까지 보관하였으며, 분석 시점에 분을 건조기에서 60°C 에 72시간 동안 건조한 후 믹서기(wiley mill)을 이용하여 분쇄하였다. 채취된 뇨는 암모니아의 휘산을 방지하기 위해 10% H_2SO_4 50ml을 미리 부어 놓은 플라스틱 통에 매일 채취 하였으며, glass wool을 통하여 이물질들을 걸러 매일 배뇨된 뇨를 4,000ml로 희석한 후 100 ml을 샘플로 채취하여 -20°C 에서 보관한 후, 분석 시에 샘플을 일정 비율로 섞어 분석하였다. 사료, 분 및 뇨의 일반성분 (건물, 조단백질, 조지방 및 조회분)은 AOAC (1990)방법에 따라 분석하였고, 영양소 소화율을 측정하기 위해 이용되었다.

표 87. 육성돈 사료 내 타피오카 부산물의 수준별 첨가가 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향¹

Criteria	Treatment ²			SEM ³	P-value
	T0	T3	T6		
Nutrient digestibility, %					
Dry matter	93.78 ^a	92.91 ^{ab}	92.05 ^b	0.376	0.03
Crude protein	87.50	88.34	87.34	0.511	0.70
Crude ash	82.17 ^a	79.68 ^{ab}	77.27 ^b	0.968	0.04
Crude fat	89.69 ^a	88.30 ^a	75.94 ^b	2.506	0.01
Nitrogen retention, g/d					
N intake	23.29	26.33	25.85	0.472	-
Fecal N	2.91	3.07	3.27	0.133	0.54
Urinary N	0.35 ^a	0.34 ^a	0.22 ^b	0.023	0.03
Total N excretion	3.26	3.41	3.49	0.122	0.72
N retention ⁴	20.03 ^b	22.92 ^a	22.36 ^a	0.488	<0.01
N retention, % ⁵	86.00	87.04	86.48	0.458	0.68

¹ Least squares means for 3 pigs per treatment. Initial BW : $28.0 \pm 0.86\text{kg}$

² T0: Basal diet, T3: Basal diet + Cassava residue 3%, T6 : Basal diet + Cassava residue 6%

³ Standard error of mean.

⁴ N retention=N intake - Fecal N - Urinary N

⁵ N retention (%) = N retention / N intake × 100

- 카사바박을 3% 첨가한 T3 처리구와 대조구의 건물 소화율을 비교하였을 때, 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않음. 하지만 카사바박을 6% 첨가한 T6 처리구와 대조구의 건물 소화율을 비교하였을 때, T6 처리구의 건물 소화율이 유의적으로 감소하는 것으로 나타남.
- 카사바박을 3% 첨가한 T3 처리구와 대조구의 조희분 및 조지방 소화율을 비교하였을 때, 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않음. 하지만 카사바박을 6% 첨가한 T6 처리구와 대조구의 조희분 및 조지방 소화율을 비교하였을 때, 조희분 및 조지방의 소화율이 유의적으로 감소하는 것으로 나타남.
- 카사바박을 3% 첨가한 T3 처리구와 카사바박을 6% 첨가한 T6 처리구의 질소 축적율을 비교하였을 때, 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않음. 하지만 카사바박을 3% 첨가한 T3 처리구, 카사바박을 6% 첨가한 T6 처리구와 대조구의 질소축적율을 비교하였을 때, T3와 T6 처리구의 질소축적율이 유의적으로 높은 것으로 나타남.

<2차년도>

○ 농업부산물(보리가공부산물)을 첨가한 양돈용 액상사료의 소화율측정

1) 연구목표

- 본 과제에서 선정된 **농업부산물 (보리가공부산물)을 첨가한 액상사료를 육성돈을 대상으로 소화율 실험**을 수행하여 영양소의 체내이용률을 측정

2) 연구방법

- 총 9두의 삼원교잡종 육성돈을 선발하여 3처리 3반복으로 공시
- 대사틀에 육성돈을 1두씩 수용한 후, 사육시설과 사료에 적응할 수 있도록 5일동안의 예비실험기간을 갖는다.
- 사료는 매일 급여하기 전에 신선한 농업부산물과 물을 첨가하여 급여하고, 사료급여는 08:00, 17:00에 1일 2회 급여하는 것으로 한다.
- 예비실험을 마치고, 본 실험에 들어갈 때에는 사료에 chromic oxide (Cr_2O_7)을 첨가하여 08:00에 급여한다. 본 실험은 4일동안 실시하며, 분과 뇨를 오전 10시경에 채취하고 뇨는 하루에 50ml만 채취하여 300ml로 희석하여 냉동보관한다.
- 본 실험 3일째 되는날 아침 08:00에 사료에 빨간색의 carmine을 0.5% 첨가하여, 분 샘플에서 빨간색이 나올 때까지 분과 뇨를 채취한다.
- 실험에 사용한 사료, 분, 뇨 sample은 냉동보관 후 일반성분을 분석하여 장내 소화율을 계산한다.

3) 분석항목

- 영양소 소화율(이용률)을 계산하기 위해 사료, 분, 뇨에 들어있는 영양성분 분석

○ 보리가공부산물을 첨가한 양돈용 액상사료의 소화율측정

표 88. 육성돈 사료 내 보리가공부산물의 첨가가 육성돈의 영양소 소화율에 미치는 영향

Criteria	Treatment ²			SEM ³	P-value
	CON	LY2	LY4		
Nutrient digestibility, %					
Dry matter	91.87	93.10	90.60	0.632	0.36
Crude protein	89.19	90.09	87.82	0.792	0.47
Crude ash	72.51	76.90	69.73	2.471	0.61
Crude fat	84.38	88.16	82.95	1.001	0.34
Nitrogen retention, g/d					
N intake	27.97	27.14	26.72	0.183	-
Fecal N	3.02	2.69	3.25	0.212	0.58
Urinary N	1.56	1.63	1.73	0.051	0.51
Total N excretion	4.58	4.32	4.98	0.122	0.56
N retention ⁴	23.38	22.82	21.74	0.333	0.11
N retention, % ⁵	83.60	84.10	81.36	0.943	0.48

¹Least squares means for 3 pigs per treatment. Initial BW: 28.16kg

²CON: basal diet, LY2: basal diet + liquid yeast 2%, LY4: basal diet + liquid yeast 4%

³Standard error of mean.

⁴N retention=N intake - Fecal N - Urinary N

⁵N retention (%) = N retention / N intake × 100

- 보리가공부산물을 2% 첨가한 LY2 처리구, 보리가공부산물을 4% 첨가한 LY4 처리구와 대조구의 건물 소화율, 조단백질 소화율, 조회분 소화율, 조지방 소화율 및 질소축적율을 비교하였을 때, 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않음. 하지만 보리가공부산물을 2% 첨가한 LY2 처리구가 영양소 소화율과 질소 축적율에서 수치적으로 가장 높은 것으로 나타남.

○ 다양한 농업부산물을 첨가한 양돈용 액상사료의 소화율측정

1) 연구목표

- 본 과제에서 선정된 다양한 농업부산물 (보리가공부산물, 쌀세척침전물, 배착즙박 등)을 이용하여 5처리 3반복으로 액상사료를 육성돈을 대상으로 영양소의 체내이용률을 측정

2) 연구방법

- 총 15두의 삼원교잡종 육성돈을 선발하여 5처리 3반복으로 공시
- 대사틀에 육성돈을 1두씩 수용한 후, 사육시설과 사료에 적응할 수 있도록 5일 동안의 예비실험기간을 갖는다.
- 사료는 매일 급여하기 전에 신선한 농업부산물과 물을 첨가하여 급여하고, 사료급여는 08:00, 17:00에 1일 2회 급여하는 것으로 한다.
- 예비실험을 마치고, 본 실험에 들어갈 때에는 사료에 chromic oxide (Cr₂O₇)을 첨가하여 08:00에 급여한다. 본 실험은 4일동안 실시하며, 분과 뇨를 오전 10시경에 채취하고 뇨는 하루에 50ml만 채취하여 300ml로 희석하여 냉동보관한다.
- 본 실험 3일째 되는날 아침 08:00에 사료에 빨간색의 carmine을 0.5% 첨가하여, 분 샘플에서 빨간색이 나올 때까지 분과 뇨를 채취한다.
- 실험에 사용한 사료, 분, 뇨 sample은 냉동보관 후 일반성분을 분석하여 장내 소화율을 계산한다.

3) 분석항목

- 영양소 소화율(이용률)을 계산하기 위해 사료, 분, 뇨에 들어있는 영양성분 분석

표 89. 육성돈 액상사료에 다양한 농업부산물을 첨가하였을 때 영양소 소화율에 미치는 영향¹

Criteria	Treatment ²					SEM ³	P-value
	T1	T2	T3	T4	T5		
Nutrient digestibility, %							
Dry matter	92.43	94.40	92.84	93.61	92.31	0.541	0.934
Crude protein	88.97	91.01	89.05	90.91	88.92	0.782	0.963
Crude ash	75.90	81.10	75.56	80.08	75.28	1.721	0.947
Crude fat	90.00	89.70	84.65	88.87	86.76	1.188	0.862
Nitrogen retention, g/d							
N intake	31.03	29.23	28.32	29.56	28.20	0.274	-
Protein out	21.40	16.42	19.38	16.79	19.58	1.430	0.953
Fecal N	3.42	2.63	3.10	2.69	3.13	0.229	0.880
Urinary N	0.52	0.72	0.54	0.57	0.73	0.067	0.818
N retention ⁴	87.28	88.54	87.14	88.95	86.29	0.799	0.944
N retention, % ⁵	27.08	25.88	24.68	26.29	24.33	0.350	0.137

¹ Least squares means for 3 pigs per treatment. Initial BW: 29.31kg

² T1: basal diet + vitamin 4%, T2: basal diet + powdery yeast 4%, T3: basal diet + liquid yeast 4%, T4: basal diet + pear marc 4%, T5: basal diet + barley saved grain 4%

³ Standard error of mean.

⁴ N retention=N intake - Fecal N - Urinary N

⁵ N retention (%) = N retention / N intake × 100

○ 영양소 소화율

- 육성돈 액상사료 내 액상비타민부산물(T1), 가루효모(T2), 액상효모(T3), 배착즙박(T4), 보리가공부산물(T5)을 각각 4% 첨가하였을 때 건물 소화율, 조단백질 소화율, 조회분 소화율, 조지방 소화율에서 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않음.

○ 농업부산물(보리가공부산물)을 첨가한 양돈용 액상사료의 경제성 분석

1) 연구목표

- 본 과제에서 선정된 농업부산물 (Cassava 박, 보리가공부산물)을 이용하여, 육성기에서 110kg 출하 도달일령까지 경제성 분석.

2) 연구방법

- 양돈사료 가격을 통계청에서 발간한 2020년 12월 배합사료 생산 및 가격 통계 자료를 활용하여 kg 당 550원으로 설정함.
- 사료섭취량은 모든 조건에서 동일하게 2kg를 기준으로 하였고, 출하도달일령은 표5.를 참조하여 평균 110일로 설정하였다.

표90. Cassava residue 와 보리가공 부산물의 첨가가 경제성에 미치는 영향

Treatment	Cassava residue			보리가공 부산물	
	CON	T3	T6	T2	T4
Feed cost, won	550	545	537	541	532
Daily feed intake, kg	2	2	2	2	2
Total feed intake (0-110d)	220	220	220	220	220
Feed cost, won/sow					
Daily feed cost	1,100	1,090	1,074	1,082	1,064
Total feed cost (0-110d)	121,000	119,900	118,140	119,020	117,040
Difference in total feed cost, won/sow(0-110d)		-1,100	-2,860	-1,980	-3,960

○ 경제성 분석

- 육성기부터 비육기 까지 cassava 박과 보리가공 부산물의 첨가가 경제성에 미치는 영향을 표 90. 에 나타내었다. 각 처리구의 사료가격은 옥수수과 대두박을 농업부산물로 대체 시 소량 감소하는 것으로 나타났으며, 사료를 cassava 박으로 대체할 경우 3% 당 일일 6~7원/kg정도 절감이 되며, 출하 무게 110kg를 기준으로 하였을 경우 두당 최대 3,960원을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 성장성적 및 돈육의 품질향상에 긍정적인 것을 감안하면 농업부산물의 사료 도입은 경제적 측면에서 타당할 것으로 사료된다.

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

연차	책임자 (소속기관)	평가의 착안점 및 기준	가중치	개발내용	달성도
1차년도 (2020)	애니팜영 농조합법 인	1) 계획수립 및 자료조사 (설계도면,시스템구성)	10%	1) 계획수립 및 자료조사	100%
		2) 카사바 가공부산물(카사바박) 사 료검정 및 선별	10%	2) 카사바 가공부산물(카사바박) 사료검정 및 선별	100%
		3) 카사바박을 함유한 액상사료의 시 제품가공 및 평가	20%	3) 카사바박을 함유한 액상사료의 시제품가공 및 평가	100%
		4) 카사바박을 함유한 액상사료를 육 성/비육돈을 대상으로 사양실험	30%	4) 카사바박을 함유한 액상사료를 육성/비육 돈을 대상으로 사양실험	100%
		5) 육성/비육돈 사양실험 혈액분석	30%	5) 육성/비육돈 사양실험 혈액분석	100%
	(재)전남바 이오산업진 흥원 식품산업연 구센터	1) 양돈용 사료의 성분 분석	10%	1) 양돈용 사료의 일반성분, 유리아미노산, 지 방산, 미생물 분석	100%
		2) 사료첨가제(카사바박, cassava residue)의 영양성분 분석	10%	2) 사료첨가제(카사바박, cassava residue)의 영 양성분 분석	100%
		3) 사료첨가제 (카사바박) 급이 돼지 의 혈액 면역지표 분석	30%	3) 사료첨가제 (카사바박) 급이 돼지의 혈액 면 역지표(IgA, IgG, IgM) 분석	100%
	서울대학 교	4) 사료첨가제 급이 돈육의 성분 및 육질 특성 평가	50%	4) 사료첨가제 급이 돈육의 성분 및 돈육의 품 질 특성, 가공학적성 평가	100%
		1) 카사바박을 함유한 액상사료를 육 성/비육돈을 대상 소화율실험	80%	1) 카사바박을 함유한 액상사료를 육성/비육돈 을 대상 소화율실험	100%
		2) 액상사료를 섭취한 육성돈의 분변 상태 조사	20%	2) 액상사료를 섭취한 육성돈의 분변상태 조사	100%
2차년도 (2021)	애니팜영 농조합법 인	1) 계획수립 및 자료조사	10%	1) 계획수립 및 자료조사	100%
		2) 보리가공부산물의 중금속 안전성 평가	10%	2) 보리가공부산물의 중금속 안전성 평가	100%
		3) 보리가공부산물을 함유한 액상사 료의 사양실험	30%	3) 보리가공부산물을 함유한 액상사료의 사양 실험	100%
		4) 사료첨가제 급이 양돈의 혈액학적 분석	30%	4) 사료첨가제 급이 양돈의 혈액학적 분석	100%
		5) 사료첨가제 급이 양돈의 분변 미 생물 분석	20%	5) 사료첨가제 급이 양돈의 분변 미생물 분석	100%
	(재)전남바 이오산업진 흥원 식품산업연 구센터	1) 보리가공부산물 분석	15%	1) 보리가공부산물 일반성분, 항산화 활성 평 가	100%
		2) 보리가공부산물 안전성 평가	15%	2) 보리가공부산물 미생물학적 위해요소 평가	100%
		3) 보리가공부산물을 첨가한 사료성 분 분석	10%	3) 보리가공부산물을 첨가한 사료의 일반성 분, 유리아미노산, 지방산 등 분석 및 미생물 학적 위해요소 평가	100%
		4) 사료첨가제 급이 양돈의 혈액면역 지표 분석	30%	4) 사료첨가제 급이 양돈의 혈액면역지표 Immunoglobulin 및 Cytokine 분석	100%
		5) 사료첨가제 급이 돈육의 성분 및 육질 특성 평가	30%	5) 사료첨가제 급이 돈육의 성분 및 돈육의 품 질 특성, 가공학적성 평가	100%
	서울대학 교	1) 보리가공부산물을 이용한 육성돈 영양소 소화율 측정	50%	1) 보리가공부산물을 이용한 육성돈 영양소 소화율 측정	100%
		2) 농업부산물 (액상비타민부산물, 쌀세척침전물, 배착즙박 등)을 활용한 양돈용 액상사료의 소화율측정	50%	2) 농업부산물 (액상비타민부산물, 쌀세척침전물, 배착즙박 등)을 활용한 양돈용 액상사료의 소화율측정	100%

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명		연도	1단계 (2020-2021)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	논문 (SCI)	목표(단계별)	2	2	-
		실적(누적)	1	1	-
	학술발표	목표(단계별)	4	4	10
		실적(누적)	3	3	10
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	인력양성	목표(단계별)	1	1	10
		실적(누적)	1	1	10
	고용창출	목표(단계별)	7	7	15
		실적(누적)	10	10	15
	홍보전시	목표(단계별)	3	3	5
		실적(누적)	2	2	5
	특허출원	목표(단계별)	3	3	15
		실적(누적)	2	2	15
	매출액	목표(단계별)	50,000	50,000	10
		실적(누적)	0	0	10
	정책활용	목표(단계별)	1	1	5
		실적(누적)	0	0	5
	기술이전	목표(단계별)	2	2	5
		실적(누적)	1	1	5
	제품화	목표(단계별)	1	1	25
		실적(누적)	1	1	25
계		목표(단계별)	24 / 50,000	24 / 50,000	100
		실적(누적)	22 / 0	22 / 0	100

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Effects of Lysine Cell Mass Supplementation as a Substitute for L-Lysine-HCl on Growth Performance, Diarrhea Incidence, and Blood Profiles in Weaning Pigs	Animals	홍진수, 김희성, 도성호, 김홍준, 김성원, 장성권, 김유용	11(7)	스위스	MDPI	SCI	21.07.14	2076-2615	

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국축산학회	김성원, 김민진	21.07.08	충북대학교	대한민국
2	한국식품영양과학회	선유경	21.10.27	백스코	대한민국
3	한국식품영양과학회	서예슬	21.10.27	백스코	대한민국

[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	등록인	등록일	등록 번호		
1	카사바를 포함하는 사료조성물	대한민국	(재)전남바 이오산업진 흥원	2020.12.1 6	10-2020- 0176679	-	-	-	100	○
2	맥주효모를 포함하는 사료 조성물	대한민국	애니팜영농 조합법인	2020.02.1 4	10-2022- 0018753	-	-	-	100	○

○ 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
1	√			√					√	
2	√		√						√	

[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	통상실시	카사바를 포함하는 사료 조성물	애니팜 영농조합법인	2020.12.30	무상	무상

□ 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 수치 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 수치 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후		
	수출					

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1		애니팜영농조합법인	8	2	10
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							

[사회적 성과]

□ 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	2022	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	언론홍보	무등일보	양돈형 사료첨가제 특허기술 맛·품질 높였다	2020.12.29.

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기)을 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	산업재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등
품목허가	미국 식품의약국(FDA) / 식품의약품안전처(MFDS) 허가서
임상시험실시	임상시험계획(IND) 승인서

<참고 2> 국가연구개발혁신법 시행령 제33조제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설·장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상 (부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백질체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보[소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함한다]
기탁	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 농업부산물인 카사바박과 보리가공 부산물을 양돈용 액상급이기에 몇 퍼센트까지 첨가하여 활용할 수 있는지를 규명하고, 사료와 농업부산물의 혼합기술을 개발	○ 농업부산물인 카사바박과 보리가공 부산물의 양돈용 액상급이 기술 적용시 가능한 첨가량의 규명(카사바박 0-6%, 보리가공부산물 0-4%)하였으며, 사료와 농업부산물의 혼합기술을 개발함	100
○ 농·식품 부산물을 활용한 액상 사료첨가제의 개발 (2건)과 양돈실증실험을 통한 액상사료첨가제 효과 검증 및 안정화 기술개발	○ 농·식품 부산물을 활용한 액상 사료첨가제 5종을 개발하였으며, 그 중 2종(카사바박, 보리가공부산물)에 대한 양돈실증실험을 진행함. 실증실험은 돼지 900두를 공시하여 진행하였으며 성장능력, 사료섭취량, 효율, 110 kg 도달일령을 평가하여 효과를 검증하였음	100
○ 돼지를 활용하여 농업부산물을 섞은 양돈용 액상사료가 체내 영양소 소화율이 얼마나 개선되는지를 검증	○ 농·식품 부산물을 활용한 액상 사료첨가제 5종(카사바박, 보리가공부산물, 액상비타민부산물, 쌀세척침전물, 배착즙박)에 대한 돼지의 소화율 분석을 완료하였음	100
○ 농·식품 부산물을 활용한 액상 사료첨가제의 양돈 실증실험을 결과 혈액 면역 관련 지표가 얼마나 개선되는지를 검증	○ 농·식품 부산물을 활용한 액상 사료첨가제 2종(카사바박, 보리가공부산물)에 대한 양돈실증실험 시 채취한 혈액의 면역지표(IgA, IgG, IgM)의 분석을 완료하였으며, 보리가공부산물의 경우 Cytokine 3종에 대한 추가 분석도 진행하였음	100
○ 농업부산물의 영양소함량 및 물리적 특징을 분석하고 액상사료첨가제 급여에 따른 돈육의 품질검증	○ 농업부산물의 영양소, 유리아미노산, 지방산 등의 성분 분석을 완료하였고, 양돈실증실험 종료 돈육의 육질 분석을 통해 액상사료첨가제 급여에 따른 성분, 보수력, 향산화능, 저장성 등 돈육의 품질을 비교분석함	100

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

본 연구팀은 추진목표에 따른 연구 내용을 모두 달성하였으며, 연구에서 개발한 사료첨가제에 대하여 제품화 및 사업화를 추진할 예정임.

2) 자체 보완활동

본 연구에서 진행한 양돈 사양실험 시 채취한 혈액 분석을 진행한 결과 보리가공부산물물의 면역 지표 Immunoglobulin의 유의미한 결과가 확인되어 추가로 Cytokine 3종의 함량 분석에 대한 보완 연구를 진행하였음.

3) 연구개발 과정의 성실성

본 연구팀은 연구기간 동안 성실하게 연구과제를 수행하였음.

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

본 연구의 결과를 기반으로 제품화 목표치 대비 100% 달성, 고용창출 목표치 대비 143% 달성, 인력양성 목표치 대비 100% 달성 등의 우수한 성과를 달성하였으며, 현재 특허 등록 진행 중임.

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

본 실험의 연구결과를 기반으로 향후 국내 사료/사료첨가제 내 농업부산물을 이용한 액상사료 및 첨가제 생산을 통해 친환경 순환식 축산의 실현을 기대할 수 있음. 또한, 매년 과다하게 음식물 쓰레기로 배출되는 농업부산물의 양을 감소하여 토양 오염 등 환경에 긍정적 영향을 줄 수 있을 것으로 기대함. 또한, 농업부산물을 이용한 사료/사료첨가제를 생산한다면 양돈 농가 생산비 절감, 사료 기호성 증대 등에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 기대함. 이를 통해 국내 양돈농가들의 경쟁력을 강화하고 관련업계 (사료, 식육, 유통)들의 동반성장 시너지 효과를 유발하여 우리나라의 양돈산업이 성장할 뿐만 아니라 농업도 동반 성장하여 국가 경쟁력을 갖출 수 있음.

< 연구개발성과 활용계획표 >

(단위 : 건수, 백만원, 명)

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내
논문	SCIE	1
	비SCIE	-
	계	1
학술발표	국내	3
	국외	-
	계	1
인력양성	학사	0
	석사	1
	박사	-
특허출원	계	1
	국내	2
	국외	-
사업화	계	1
	제품화	1
	매출액	150
정책활용		1
홍보전시		2

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
2.	1)
	2)

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		120045-2	
사업구분	유용농생명자원산업화기술개발사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	유용농생명자원산업화기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	농업부산물을 이용한 양돈용 액상급이기술품개발			과제유형	(기초,응용,개발)
연구개발기관	애니팜영농조합법인			연구책임자	장 수 철
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	20.04.01.~20.12.31	230,000	57,500	287,500
	2차년도	21.01.01~21.12.31	300,000	75,000	375,000
	계	20.04.01~21.12.31	530,000	132,500	662,500
참여기업	전남식품산업 연구센터				
상대국			상대국연구개발기관		

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2022 년 2 월 24 일

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
애니팜영농조합법인	이사	장수철

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
----	--

[별첨 1]

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

우수

본 연구를 통하여 농업부산물을 이용한 육성비육돈 액상사료가 육성비육돈 성장성적, 혈액성상, 면역성상, 돈육 특성 등에 미치는 영향을 규명하였으며 이를 통해 농업부산물을 이용한 육성비육돈 액상사료의 적정 농업부산물 수준을 새로이 제시하였음.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

우수

본 실험의 연구결과를 기반으로 향후 국내 사료/사료첨가제 내 농업부산물을 이용한 액상사료 및 첨가제 생산을 통해 친환경 순환식 축산의 실현을 기대할 수 있음. 또한, 매년 과다하게 음식물 쓰레기로 배출되는 농업부산물의 양을 감소하여 토양 오염 등 환경에 긍정적 영향을 줄 수 있을 것으로 기대함. 또한, 농업부산물을 이용한 사료/사료첨가제를 생산한다면 양돈 농가 생산비 절감, 사료 기호성 증대 등에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 기대함. 이를 통해 국내 양돈농가들의 경쟁력을 강화하고 관련업계 (사료, 식육, 유통)들의 동반성장 시너지 효과를 유발하여 우리나라의 양돈산업이 성장할 뿐만 아니라 농업도 동반 성장하여 국가 경쟁력을 갖출 수 있음.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

우수

적정 농업부산물이 포함된 액상 사료배합비 기술 이전 및 시중 배합사료에 적용, 농업부산물을 이용한 사료첨가제 개발 및 기술이전/시판, 개발된 연구결과들에 대해 양돈농가를 대상으로 한 강연 및 지도 실시 등의 활용이 가능함.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

우수

본 연구팀은 연구기간 동안 성실하게 연구과제를 수행하였음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

우수

본 연구의 결과를 기반으로 제품화 목표치 대비 100% 달성, 고용창출 목표치 대비 143% 달성, 인력양성 목표치 대비 100% 달성 등의 우수한 성과를 달성하였으며, 현재 특허 등록 진행 중임.

II. 연구목표 달성도

연차	책임자 (소속기관)	세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	가중치	자체평가	달성도	
1차년도 (2020)	애니팜영 농조합법 인	1) 계획수립 및 자료조사 (설계도면,시스템구성)	10%	1) 계획수립 및 자료조사	100%	
		2) 카사바 가공부산물(카사바박) 사 료검정 및 선별	10%	2) 카사바 가공부산물(카사바박) 사료검정 및 선별	100%	
		3) 카사바박을 함유한 액상사료의 시 제품가공 및 평가	20%	3) 카사바박을 함유한 액상사료의 시제품가공 및 평가	100%	
		4) 카사바박을 함유한 액상사료를 육 성/비육돈을 대상으로 사양실험	30%	4) 카사바박을 함유한 액상사료를 육성/비육 돈을 대상으로 사양실험 진행 후 적정 카사 바박 수준 제시	100%	
		5) 육성/비육돈 사양실험 혈액분석	30%	5) 육성/비육돈 사양실험 혈액분석	100%	
	(재)전남바 이오산업 진흥원 식품산업 연구센터	1) 양돈용 사료의 성분 분석	10	1) 양돈용 사료의 일반성분, 유리아미노산, 지 방산, 미생물 분석	100%	
		2) 사료첨가제(카사바박, cassava residue)의 영양성분 분석	10	2) 사료첨가제(카사바박, cassava residue)의 영 양성분 분석	100%	
		3) 사료첨가제 (카사바박) 급이 돼지 의 혈액 면역지표 분석	30	3) 사료첨가제 (카사바박) 급이 돼지의 혈액 면 역지표(IgA, IgG, IgM) 분석	100%	
		4) 사료첨가제 급이 돈육의 성분 및 육질 특성 평가	50	4) 사료첨가제 급이 돈육의 성분 및 돈육의 품 질 특성, 가공학적성 평가	100%	
	서울대학 교	1) 카사바박을 함유한 액상사료를 육 성/비육돈을 대상 소화율 실험	80%	1) 카사바박을 함유한 액상사료를 육성/비육돈 을 대상 영양소 소화율 규명	100%	
		2) 액상사료를 섭취한 육성돈의 분변 상태 조사	20%	2) 액상사료를 섭취한 육성돈의 분변상태 조사	100%	
	2차년도 (2021)	애니팜영 농조합법 인	1) 계획수립 및 자료조사	10%	1) 계획수립 및 자료조사	100%
			2) 액상보리가공부산물의 중금속 안 전성 평가	10%	2) 액상보리가공부산물의 중금속 안전성 평가	100%
			3) 액상보리가공부산물을 함유한 액 상사료의 사양실험	30%	3) 액상보리가공부산물을 함유한 액상사료의 사양실험 진행 후 적정 액상보리가공부산물 수준 제시	100%
			4) 사료첨가제 급이 양돈의 혈액학적 분석	30%	4) 사료첨가제 급이 양돈의 혈액학적 분석	100%
5) 사료첨가제 급이 양돈의 분변 미 생물 분석			20%	5) 사료첨가제 급이 양돈의 분변 미생물 분석	100%	
(재)전남바 이오산업 진흥원 식품산업 연구센터		1) 액상보리가공부산물 분석	15%	1) 액상보리가공부산물 일반성분, 항산화 활 성 평가	100%	
		2) 액상보리가공부산물 안전성 평가	15%	2) 액상보리가공부산물 미생물학적 위해요소 평가	100%	
		3) 액상보리가공부산물을 첨가한 사 료성분 분석	10%	3) 액상보리가공부산물을 첨가한 사료의 일반 성분, 유리아미노산, 지방산 등 분석 및 미생 물학적 위해요소 평가	100%	
		4) 사료첨가제 급이 양돈의 혈액면역 지표 분석	30%	4) 사료첨가제 급이 양돈의 혈액면역지표 Immunoglobulin 및 Cytokine 분석	100%	
		5) 사료첨가제 급이 돈육의 성분 및 육질 특성 평가	30%	5) 사료첨가제 급이 돈육의 성분 및 돈육의 품 질 특성, 가공학적성 평가	100%	
서울대학 교		1) 액상보리가공부산물을 이용한 육성돈 영양소소화율 측정	50%	1) 액상보리가공부산물을 이용한 육성돈 영양소 소화율 측정 진행 후 적정 액상보리가공부산물 수준 제시	100%	
		2) 농업부산물 (액상비타민부산물, 쌀세척침전물, 배착즙박 등)을 활용한 양돈용 액상사료의 소화율측정	50%	2) 농업부산물 (액상비타민부산물, 쌀세척침전물, 배착즙박 등)을 활용한 양돈용 액상사료의 소화율 규명	100%	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

전반적인 연구들이 잘 수행되었으며 국내 실정에 적합한 농업부산물을 활용한 액상사료 개발과 관련한 결과가 고무적임.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 농업부산물(카사바박)을 첨가한 액상사료를 육성비육돈에 급여하였을 때 첨가 효과에 대한 연구가 진행되었는지에 대한 평가
- 농업부산물(액상보리가공부산물)을 첨가한 액상사료를 육성비육돈에 급여하였을 때 첨가 효과에 대한 연구가 진행되었는지에 대한 평가

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

본 실험의 연구결과를 기반으로 향후 국내 사료/사료첨가제 내 농업부산물을 이용한 액상사료 및 첨가제 생산을 통해 친환경 순환식 축산의 실현을 기대할 수 있음. 또한, 매년 과다하게 음식물 쓰레기로 배출되는 농업부산물의 양을 감소하여 토양 오염 등 환경에 긍정적 영향을 줄 수 있을 것으로 기대함. 또한, 농업부산물을 이용한 사료/사료첨가제를 생산한다면 양돈 농가 생산비 절감, 사료 기호성 증대 등에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 기대함. 이를 통해 국내 양돈농가들의 경쟁력을 강화하고 관련업계 (사료, 식육, 유통)들의 동반성장 시너지 효과를 유발하여 우리나라의 양돈산업이 성장할 뿐만 아니라 농업도 동반 성장하여 국가 경쟁력을 갖출 수 있음.

[별첨 1]

IV. 보안성 검토

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구개발기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

해당 없음

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

해당 없음

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용· 홍보		기타 (타연구 활용등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T P R O T E C T I O N	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문				학 술 발 표	정 책 활 용	
											S C I		비 S C I	논 문 평 관 I F					
단위	건	건	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건		
가중치	15				5		25	10		15				10		10	5	5	
최종 목표	1				2		1	50		2		2		2		1	1	3	
당해 년도	목표	1			1		1	50		1		2		2		1	1	2	
	실적	2			1		1	0		1		1		1		1	0	2	
달성률 (%)	200				100		100	0		100		50		50		100	0	100	

[별첨 2]

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	
②	
③	

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술										
②의 기술										
③의 기술										
·										

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	
②의 기술	
③의 기술	

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용비)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T P R O T E C T I O N	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문				논 문 평 균 I F	학 술 발 표	
											S C I		비 S C I	정 책 활 용	홍 보 전 시				
단위	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건		건	명	건	건		
가중치	15				5		25	10		15				10		10	5	5	2
최종목표	2				2		2	200		2				3		3	2	5	
연구기간내 달성실적	2				1		1	0		10				1		3	1	0	2
연구종료후 성과창출 계획	1				0		1	150						1		1	2	2	2

[별첨 2]

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾			
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간		실용화에상시기 ³⁾	
기술이전시 선행조건 ⁴⁾			

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화에상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 유용농생명자원산업화 기술개발사업 농업부산물을 이용한 양돈용 액상급이기술개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 유용농생명자원산업화기술개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.